

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 54581 B1** (51) Cl. internationale : **C10L 5/44; C10L 9/086; C10L 5/447; C10L 9/08**
- (43) Date de publication : **31.07.2023**

-
- (21) N° Dépôt : **54581**
- (22) Date de Dépôt : **04.10.2021**
- (71) Demandeur(s) : **Green Energy Park, Route régionale R203 , Km 3 Benguerir (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **ASBIK MOHAMED ; CHATER HAMZA ; MOUAKY AMMAR ; KOUKOUCH ABDELGHANI**
- (74) Mandataire : **Ammar Mouaky**

-
- (54) Titre : **Système hybride (Solaire/Biomasse) pour la carbonisation hydrothermale d'une biomasse lignocellulosique**
- (57) Abrégé : La carbonisation hydrothermale est un procédé de conversion thermo-chimique permettant de produire une substance solide riche en carbone à partir d'une biomasse lignocellulosique. Elle consiste à remplir partiellement l'autoclave par un mélange d'eau pure et de biomasse dans des proportions appropriées. Ensuite, l'autoclave est chauffé dans le but d'atteindre les conditions requises par ce procédé à savoir : des températures comprises entre 180°C et 260°C et des pressions allant de 10 à 50 bar. Par conséquent, la biomasse se convertit en un matériau solide riche en carbone appelé hydrochar (ou biochar) ainsi que d'autres produits notamment des gaz non condensables (principalement le CO₂), l'eau et des produits en phase aqueuse (acides organiques et des résidus). L'hydrochar dont les utilisations sont multiples (combustible, fertilisant,...), est plus attrayant d'un point de vue énergétique (pouvoir calorifique élevé) et environnemental (qualité et quantité des cendres). Néanmoins, la compétitivité de ce produit passe par la mise en oeuvre d'un système de chauffage innovant et moins coûteux. Ainsi, nous proposons dans cette invention un système de chauffage hybride et renouvelable (Solaire/Biomasse) composé de deux sous-systèmes, à savoir un système solaire thermique à concentration associé à une chaudière à biomasse, ainsi qu'un système solaire photovoltaïque.

Abrégé

La carbonisation hydrothermale est un procédé de conversion thermochimique permettant de produire une substance solide riche en carbone à partir d'une biomasse lignocellulosique. Elle consiste à remplir partiellement l'autoclave par un mélange d'eau pure et de biomasse dans des proportions appropriées. Ensuite, l'autoclave est chauffé dans le but d'atteindre les conditions requises par ce procédé à savoir : des températures comprises entre 180°C et 260°C et des pressions allant de 10 à 50 bar. Par conséquent, la biomasse se convertit en un matériau solide riche en carbone appelé hydrochar (ou biochar) ainsi que d'autres produits notamment des gaz non condensables (principalement le CO₂), l'eau et des produits en phase aqueuse (acides organiques et des résidus). L'hydrochar dont les utilisations sont multiples (combustible, fertilisant,...), est plus attrayant d'un point de vue énergétique (pouvoir calorifique élevé) et environnemental (qualité et quantité des cendres). Néanmoins, la compétitivité de ce produit passe par la mise en œuvre d'un système de chauffage innovant et moins coûteux. Ainsi, nous proposons dans cette invention un système de chauffage hybride et renouvelable (Solaire/Biomasse) composé de deux sous-systèmes, à savoir un système solaire thermique à concentration associé à une chaudière à biomasse, ainsi qu'un système solaire photovoltaïque.

Introduction

La biomasse est une source d'énergie (bioénergie) qui pourrait révolutionner l'économie d'énergie à l'échelle du globe si elle est correctement exploitée. Elle offre une alternative prometteuse comme source de biocombustibles puisqu'elle produit de faibles émissions nettes du dioxyde de carbone et une teneur en soufre encore plus faible. D'autre part, la conversion de la biomasse en bioénergie est un aspect innovant qui contribuerait à l'émergence et l'expansion de l'économie circulaire et ainsi de réconcilier la croissance et l'environnement [1-2].

La biomasse peut être convertie par de nombreux procédés thermochimiques notamment, en énergie (combustion), en carburants et en d'autres matériaux (pyrolyse, méthanisation, gazéification,...) [3]. Ces procédés nécessitent des conditions d'approvisionnement particulières telles que le séchage de la biomasse [4], une densité élevée en carbone ainsi qu'une faible teneur en cendres [2 ; 5-6]. Dans ce contexte, les travaux de recherche portant sur les procédés hydrothermaux, plus particulièrement la carbonisation hydrothermale (CHT), ont été entrepris ces dernières décennies. Ce procédé consiste à introduire la biomasse brute dans un autoclave (système fermé) contenant l'eau à l'état sous-critique avec des températures comprises entre 180 et 250 °C et des pressions autogènes allant de 10 à 30 bars. Les mécanismes réactionnels pertinents mis en jeu lors de la conversion de la biomasse sont : l'hydrolyse, la déshydratation, la décarboxylation, l'aromatization et la polymérisation par condensation. Par conséquent, la biomasse se convertit en un matériau solide riche en carbone appelé hydrochar (ou biochar) ainsi que d'autres produits notamment des gaz non condensables (principalement le CO₂), l'eau et des produits en phase aqueuse (acides organiques et des résidus) [7]. L'hydrochar dont les utilisations sont multiples (combustible, fertilisant,...), est plus attrayant d'un point de vue énergétique (pouvoir calorifique élevé), économique (coût faible) et environnementale (qualité et quantité des cendres) [8-9].

Par comparaison avec d'autres procédés thermochimiques, la carbonisation hydrothermale présente l'avantage de se produire dans un milieu humide et ainsi d'économiser le coût de séchage [4]. En effet, dans ce procédé, l'humidité résiduelle est considérée à la fois comme solvant et catalyseur [5]. D'autre part, plusieurs brevets, concernant le procédé de la carbonisation hydrothermale appliqué à une diversité de biomasse (résidus agricoles, déchets municipaux, boues,...) ont été déposés et/ou délivrés [9-12]. La plupart de ces documents ont été focalisés sur l'amélioration du procédé au niveau chimique (ajout des additifs,...) et thermique (recyclage de la chaleur,...). Toutefois, à notre connaissance, il n'existe pas d'invention ou d'innovation qui a porté sur le système de chauffage d'un réacteur discontinu (autoclave) du procédé CHT, très souvent associé à un four électrique. Cette invention propose de remplacer cet appareil (four électrique) par un échangeur de chaleur où circule un fluide caloporteur (huile thermique) chaud et/ou un réchauffeur électrique alimenté par un système solaire photovoltaïque. Comme le montre la figure 1, l'huile thermique (fluide caloporteur) pourrait être simultanément ou séparément chauffée par une combinaison de sources d'énergie renouvelables, à

savoir : un champ solaire à concentration, une chaudière à biomasse utilisant l'hydrochar produit par CHT comme combustible et un réchauffeur électrique alimenté par un système solaire photovoltaïque. Ce système de chauffage, récemment conçu et réalisé par deux équipes de recherche marocaines (ENSAM de Rabat et Green Energy Park de Ben guérir) dans le cadre du projet BioF2S financé par l'institut IRESEN, est la revendication principale de cette invention. Ce dispositif (système de chauffage) associé à un réacteur pilote discontinu est actuellement opérationnel au Green Energy Park (GEP) et il pourrait être étendu (Scale-up) à une unité industrielle pour traiter les déchets agricoles et/ou municipaux.

Références bibliographiques

- [1] European Environmental Agency (EEA): The circular economy and the bio-economy—Partners in sustainability. (2018). <https://doi.org/10.2800/02937>
- [2] M. A. Bennini, A. Koukouch, I. Bakhattar, M. Asbik, T. Boushaki, B. Sarh, B. Cagnon, S. Bonnamy, Characterization and combustion of Moroccan olive pomace: Thermal behavior outside a fixed bed combustor, *International Journal of Heat and Technology* 37 (2019) 229-238.
- [3] P. Thornley and Paul Adams, - *Greenhouse Gas Balances of Bioenergy Systems (Chapter 8)*- Elsevier (2018)
- [4] M. Asbik, Conception et réalisation d'une unité pilote de séchage des résidus agricoles à caractère hybride (Solaire PV/Biomasse), Office National de la propriété Industrielle et commerciale, N° de publication: MA 37705 B1, Date de publication: 28/02/2017.
- [5] J. Fang, L. Zhan, Y. Sik Ok and B. Gao, Minireview of potential applications of hydrochar derived from hydrothermal carbonization of biomass, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 57 (2018) 15-21.
- [6] A. Missaoui, S. Bostyna, V. Belandria, B. Cagnon, B. Sarh, I. Gökalp (2017), Hydrothermal carbonization of dried olive pomace: Energy potential and process performances, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*. 128 281-290. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2017.09.022>
- [7] A. Funke and F. Ziegler (2010), Hydrothermal carbonization of biomass: A summary and discussion of chemical mechanisms for process engineering, *Biofuels Bioproducts & Biorefining*, <https://doi.org/10.1002/bbb.198>
- [8] S. Román, J. Libra, N. Berge, E. Sabio, K. Ro, L. Li, B. Ledesma, A. Álvarez, S. Bae, Hydrothermal Carbonization: Modeling, Final Properties Design and Applications: A Review, *Energies* 11 (2018) 216-244. <https://doi.org/10.3390/en11010216>
- [9] S. Cogswell, P. Fallgren, S. Jin and W. Teng, Systèmes et procédés de conversion de déchets solides non triés, Publication : WO2021048614A1-2021-03-18

- [10] J. Du, H. Huang, H. Jin, D. Li, E. Sun, Y. Xi, X. Ye, M. Zheng and N. Zhu, Procédé de preparation d'hydrochar à partir de résidu de biogaz de lisier de vache modifié et combine à base d'acide malique et $KMNO_4$, Publication : WO2019011150A1·2019-01-17.
- [11] S. N. Kusche, Apparatus for conducting a hydrothermal carbonization reaction, Publication: US10113129B2·2018-10-30.
- [12] G. Ramb, K. Lingzhao and K. Sandeep, Biomass Biochar Conversion in Subcritical Water, Publication : US2011179703A1·2011-07-28 ; Publié en tant que US2011179703A1; US8637718B2.

Description

A) Éléments constitutifs du système

Comme illustré par la figure 1, le système pilote est constitué de trois principaux blocs :

- Le bloc réacteur (1) ;
- Le bloc système de chauffage hybride (2) ;
- Le bloc système de contrôle des systèmes de production d'énergie et d'acquisition des données météorologiques (3).

La figure 2 présente en détails les différents éléments constitutifs de chaque bloc.

1) *Bloc réacteur (1)*

Il est composé des éléments suivants :

- Le réacteur discontinu (autoclave) (1a) pouvant supporter une pression de 100 bars et une température de 250°C, au sein duquel a lieu le processus CHT ;
- Un couvercle (1b) muni de tarauds, permettant de fermer le réacteur avec des vis après l'avoir alimenté avec le mélange réactionnel et d'y accéder pour récupérer les produits finaux à la fin de la réaction ;
- Une vanne manuelle (1c) pour évacuer les gaz dégagés au cours du processus CHT ;
- Un échangeur de chaleur (1d) en acier inoxydable sous forme de serpentín, immergé dans le mélange réactionnel, par lequel passe un fluide caloporteur (huile thermique) chauffé par le système hybride solaire thermique à concentration/biomasse ;
- Un réchauffeur électrique (1e) constitué d'éléments résistifs enroulé sur la paroi externe du réacteur et alimenté par le système photovoltaïque (2y) ;
- Une couche d'isolation en laine de roche (1f) mise en place autour du réacteur en vue de réduire les pertes thermiques du réacteur vers le milieu ambiant ;
- Un manomètre adapté à la lecture des pressions entre 0 et 50 bars, servant à mesurer la pression à l'intérieur du réacteur (1g) ;
- Un capteur de température adapté pour la lecture des températures entre 0 et 250°C immergé à l'intérieur du réacteur à l'aide d'un doigt de gant, pour mesurer les variations instantanées de la température du mélange réactionnel (1h) ;
- Un agitateur mécanique adapté aux conditions d'opérations de la réaction (jusqu'à 100 bars et 250°C), pour homogénéiser la température du mélange (1i) ;
- Un dispositif (1j) (soupape de pression ou autres) assurant la protection du réacteur contre le risque de surpression;
- Une vanne manuelle (1k) permettant le raccordement d'un dispositif assurant la création de conditions permettant d'inerté le mélange réactionnel au sein du réacteur.

2) *Système de chauffage hybride*

Le bloc système de chauffage est, pour sa part, composé de deux sous-blocs : le système solaire thermique à concentration associé à la chaudière biomasse et le système solaire photovoltaïque.

2.1 *Sous-bloc solaire thermique à concentration/biomasse*

Ce sous-bloc de chauffage hybride solaire thermique à concentration/biomasse (2) comprend les éléments suivants :

- Une pompe de circulation du fluide caloporteur (2a) ;
- Un champ solaire thermique à concentration (2b) ;
- Une chaudière à biomasse (2c) ;
- Quatre vannes 3 voies (2d, 2e, 2f et 2g) permettant l'opération du système hybride solaire thermique à concentration/chaudière à biomasse suivant les différents modes d'opération décrits dans la section « Fonctionnement du système pilote » ;
- Des conduits isolés (2h, 2i, 2j, 2k, 2l, 2m, 2n, 2o, 2p et 2q) assurant la liaison entre les composants du champ solaire thermique à concentration, la chaudière à biomasse et l'échangeur immergé dans le réacteur ;
- Un vase d'expansion (2r) permettant l'expansion du fluide caloporteur sous l'effet de l'augmentation de sa température.

Le champ solaire thermique à concentration (2b) est constitué des éléments des suivants :

- Des miroirs utilisés pour la concentration du rayonnement solaire direct sur les tubes récepteurs ;
- Des tubes récepteurs permettant la conversion des rayons concentrés par les miroirs en chaleur ;
- Un fluide caloporteur chauffé au contact des tubes récepteurs ;
- Des structures mécaniques permettant de supporter les concentrateurs solaires ;
- Des systèmes de suivi de soleil permettant d'ajuster l'inclinaison du concentrateur pour assurer la concentration du rayonnement solaire concentré par les miroirs sur les tubes récepteurs ;
- Des canalisations isolées assurant la liaison entre les différents concentrateurs du champ solaire.

La chaudière à biomasse (2c) utilisant l'hydrochar (combustible obtenu à partir du procédé CHT) est un élément fondamental du système pilote. Elle est considérée comme l'unique système de chauffage adopté lors des journées où les conditions météorologiques sont défavorables pour le chauffage solaire

(solaire thermique à concentration et/ou photovoltaïque). Elle est essentiellement formée des composants suivants :

- Un corps de chaudière (2s) ;
- Une grille perforée sur laquelle est déposée la biomasse (hydrochar) à brûler (2t) ;
- Un lit fixe (2u) ;
- Un échangeur de chaleur en forme de serpentin permettant le passage du fluide caloporteur (2v) ;
- Une cheminée permettant l'évacuation des fumées résultantes de la combustion de l'hydrochar (2w).

2.2 Sous-bloc système solaire photovoltaïque

Le sous-bloc système solaire photovoltaïque (2y) comprend les panneaux photovoltaïques ainsi que les composants nécessaires (systèmes de protection contre les risques électriques, onduleurs, câbles électriques, etc.) nécessaires pour le transfert sécurisé de l'énergie électrique produite par les panneaux photovoltaïques vers le réchauffeur électrique (1e).

3) Système de contrôle (3)

Le système de contrôle des systèmes de production d'énergie et d'acquisition des données météorologiques est constitué des éléments suivants :

- Un automate programmable (3a) raccordé aux différents systèmes de production d'énergie du système pilote (champ solaire thermique à concentration, chaudière à biomasse et système photovoltaïque) ;
- Une station météorologique (3b) comprenant des instruments permettant l'acquisition des données relatives au rayonnement solaire direct, au rayonnement solaire global, à la température ambiante, à la vitesse du vent et la direction du vent.
- Des câbles assurant la liaison entre l'automate programmable, la station météorologique et les systèmes de production d'énergie.

B) Fonctionnement du système pilote

Le principe de fonctionnement consiste à introduire un mélange réactionnel dans le réacteur. Ce mélange est formé de l'eau déminéralisée et d'une biomasse dans des proportions appropriées préalablement définies. Après la fermeture du couvercle (1b), le mélange peut être chauffé par :

- La chaleur en provenance du système hybride solaire thermique à concentration/biomasse transférée via le serpentin immergé dans le mélange réactionnel (1d) ;
- Le réchauffeur électrique (1e) alimenté par le système photovoltaïque ;
- La combinaison des deux dispositifs de chauffage précités ;

L'exploitation du serpentin immergé pour le chauffage du réacteur nécessite le transfert du fluide caloporteur depuis le conduit (2h) vers le système hybride solaire thermique à concentration/biomasse à l'aide de la pompe de circulation (2a). Plusieurs options du chauffage du fluide caloporteur se présentent :

- Le fluide caloporteur pressurisé au niveau du conduit (2i) peut être chauffé uniquement en exploitant le champ solaire thermique à concentration. Dans ce cas la vanne en aval de la pompe (2d) est ajustée de façon à permettre le passage de l'ensemble du débit entrant du fluide caloporteur vers le conduit alimentant le champ solaire thermique à concentration (2j). Les vannes, (2e) et (2g), sont ajustées pour permettre le passage du débit sortant du champ solaire thermique à concentration depuis le conduit (2l) vers les conduits (2p) et (2q).
- Le fluide caloporteur peut être chauffé uniquement par la chaudière à biomasse. Dans ce cas le débit se trouvant au niveau du conduit (2i) est entièrement dirigé à l'aide des vannes (2d) et (2f) vers la chaudière en passant par les conduits (2k) et (2n). Le fluide caloporteur chauffé à la sortie de la chaudière est transféré au serpentin par les conduits (2o) et (2q) en passant par la vanne (2g).
- Le fluide caloporteur peut également être chauffé par une combinaison des deux sources de chaleur, ainsi :
 - o L'ensemble du débit peut passer dans un premier temps par le champ solaire thermique à concentration puis dans un deuxième temps dans la chaudière avant d'être transféré vers le serpentin.
 - o Le fluide caloporteur pressurisé au niveau du conduit 2i est divisé en deux parties, tel que chacune des deux parties atteint la température de consigne à la sortie de chacune des deux sources de chaleur, avant que les deux parties ne soient rassemblées au niveau de la vanne (2g) pour à la fin être transférées vers le serpentin.

Le choix du mode convenable du chauffage du réacteur (entre les systèmes photovoltaïque, solaire thermique à concentration, biomasse et leurs combinaisons) peut être dicté par différents facteurs, y compris le coût d'opération du système. La configuration du système proposé intègre à cet effet un système de contrôle des systèmes de production d'énergie (3a) qui a pour rôle :

- De déterminer en continu la combinaison optimale des systèmes de production d'énergie minimisant les coûts d'opération du système ;
- D'ajuster les conditions d'opérations du système de façon à assurer les conditions optimales d'opérations.

Le système de contrôle est notamment connecté à une station météorologique (3b) lui communiquant les données pertinentes par rapport aux conditions d'opération des systèmes de production d'énergies utilisés.

Revendications

1) Un système pilote de carbonisation hydrothermale d'une biomasse lignocellulosique muni d'un système de chauffage hybride renouvelable (solaire/biomasse), caractérisée et constituée des éléments et équipements suivants :

- Un bloc réacteur (1) instrumenté composé de :
 - Un réacteur discontinu (autoclave) (1a) pouvant supporter une pression de 100 bars et une température de 250°C ;
 - Couvercle (1b) muni de tarauds permettant son assemblage avec le réacteur par des vis ;
 - Un mélange d'eau distillée et de la biomasse à traiter à des proportions bien définies ;
 - Une vanne manuelle (1c) pour l'évacuation des gaz dégagés au cours de la réaction ;
 - Un échangeur de chaleur (1d) en acier inoxydable ayant une forme de serpentin,
 - Un réchauffeur électrique (1e) constitué d'éléments résistifs enroulé autour du réacteur ;
 - Une couche d'isolation (1f) en laine de roche ;
 - Un manomètre (1g) adapté pour la lecture des pressions entre 0 et 50 bars ;
 - Un capteur de température (1h) adapté pour la lecture des températures entre 0 et 250°C immergé à l'intérieur du réacteur à l'aide d'un doigt de gant ;
 - Un agitateur mécanique (1i) adapté aux conditions d'opérations de la réaction (jusqu'à 100 bars et 250 °C) ;
 - Un dispositif (soupape de surpression ou autres) (1j) assurant la protection du réacteur contre le risque de surpression ;
 - Une vanne manuelle (1k) pour le raccordement du dispositif assurant la création de conditions permettant d'inertiser le mélange réactionnel au sein du réacteur ;
- Une chaudière à lit fixe (2c) constituée de :
 - Un corps de chaudière (2s) ;
 - Une grille perforée sur laquelle on dépose la biomasse (hydrochar) à brûler (2t) ;
 - Un lit fixe (2u) ;
 - Un échangeur de chaleur en forme de serpentin permettant le passage du fluide caloporteur (2v) ;
 - Une cheminée permettant l'évacuation des fumées résultantes de la combustion de l'hydrochar (2w).
- Un champ solaire thermique à concentration (2b) contenant les éléments ci-dessous :
 - Des miroirs utilisés pour la concentration du rayonnement solaire direct sur les tubes récepteurs ;

- Des tubes récepteurs permettant la conversion des rayons concentrés par les miroirs en chaleur ;
- Un fluide caloporteur chauffé au contact des tubes récepteurs ;
- Des structures mécaniques permettant de supporter les concentrateurs solaires ;
- Des systèmes de suivi de soleil permettant d'ajuster l'inclinaison du concentrateur pour assurer la concentration du rayonnement solaire concentré par les miroirs sur les tubes récepteurs ;
- Des canalisations isolées assurant la liaison entre les différents concentrateurs du champ solaire ;
- Une installation solaire photovoltaïque (2y) composée de :
 - Panneaux solaires photovoltaïques ;
 - Onduleurs assurant la conversion du courant direct produit par les panneaux photovoltaïques en courant alternatif ;
 - Systèmes de protection contre les risques électriques ;
 - Câbles électriques ;
- Un système de contrôle des systèmes de production de l'énergie dont les éléments sont :
 - Un automate programmable permettant le contrôle des systèmes de production d'énergie (3a) ;
 - Une station météorologique (3b) comprenant des instruments permettant l'acquisition des données relatives au rayonnement solaire direct, au rayonnement solaire global, à la température ambiante, à la vitesse du vent et la direction du vent.
 - Des câbles assurant la liaison entre l'automate programmable, la station météorologique et les systèmes de production d'énergie.
- D'autres accessoires ou éléments de raccordements :
 - Un fluide caloporteur permettant de transférer la chaleur produite au niveau du sous-bloc solaire thermique à concentration/biomasse vers le réacteur ;
 - Une pompe de circulation du fluide caloporteur (2a) ;
 - Des conduits isolés (2h, 2i, 2j, 2k, 2l, 2m, 2n, 2o, 2p et 2q) assurant la liaison entre les composants du champ solaire thermique à concentration, la chaudière à biomasse et l'échangeur immergé dans le réacteur ;
 - Des vannes (2d, 2e, 2f et 2g) permettant l'opération du système hybride solaire thermique à concentration/chaudière à biomasse suivant les différents modes décrits dans la section « Fonctionnement du système pilote) ;

- Un vase d'expansion (2r) permettant l'expansion du fluide caloporteur sous l'effet de l'augmentation de sa température.
- 2) Un système pilote de carbonisation hydrothermale d'une biomasse lignocellulosique selon la revendication 1 caractérisé en ce que le système solaire thermique à concentration (2b) pourrait être utilisée comme l'unique source de chaleur pour chauffer le mélange réactionnel via l'échangeur de chaleur qui y est immergé [Figure 2, 1d] ;
 - 3) Un système pilote de carbonisation hydrothermale d'une biomasse lignocellulosique selon la revendication 1 caractérisé en ce que la chaudière à biomasse (2c) pourrait être utilisée comme l'unique source de chaleur pour chauffer le mélange réactionnel via l'échangeur de chaleur [Figure 2, 2v] connecté au serpentin [Figure 2, 1d] immergé dans ce mélange.
 - 4) Un système pilote de carbonisation hydrothermale d'une biomasse lignocellulosique selon la revendication 1 caractérisé en ce que le réchauffeur électrique (1e) alimenté par des panneaux photovoltaïques pourrait être utilisé comme l'unique source de chaleur pour chauffer le mélange réactionnel.
 - 5) Un système pilote de carbonisation hydrothermale d'une biomasse lignocellulosique selon la revendication 1 caractérisé en ce que les deux dispositifs de chauffage précités dans les revendications 2 et 3 sont susceptibles d'être combinés pour chauffer le mélange réactionnel.
 - 6) Un système pilote de carbonisation hydrothermale d'une biomasse lignocellulosique selon la revendication 1 caractérisé en ce que les deux dispositifs de chauffage précités dans les revendications 2 et 4 sont susceptibles d'être combinés pour chauffer le mélange réactionnel.
 - 7) Un système pilote de carbonisation hydrothermale d'une biomasse lignocellulosique selon la revendication 1 caractérisé en ce que les deux dispositifs de chauffage précités dans les revendications 3 et 4 sont susceptibles d'être combinés pour chauffer le mélange réactionnel.
 - 8) Un système pilote de carbonisation hydrothermale d'une biomasse lignocellulosique selon la revendication 1 caractérisé en ce que les trois dispositifs de chauffage précités dans les revendications 2, 3 et 4 sont susceptibles d'être associés pour chauffer le mélange réactionnel.

**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée
par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 54581	Date de dépôt : 04/10/2021
Déposant : Green Energy Park	
Intitulé de l'invention : Système hybride (Solaire/Biomasse) pour la carbonisation hydrothermale d'une biomasse lignocellulosique	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport	
<input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté	
<input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention	
<input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: BRINI Abdelaziz	Date d'établissement du rapport : 14/01/2022
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	



Partie 1 : Considérations générales**Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
7 Pages
- Revendications
8
- Planches de dessin
1 Page

Cadre 3 : Titre et Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés

- L'intitulé tel qu'il a été déposé «Chauffage Hybride Renouvelable (Solaire/Biomasse) d'un Réacteur Pilote de Carbonisation Hydrothermale d'une Biomasse lignocellulosique» a été modifié et arrêté par l'examinateur (voir intitulé de l'invention).

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : C10L5/44, C10L9/08,

CPC : C10L5/447, C10L9/086

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, IEEE, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	US2013341175A1 ; UNIV COLORADO REGENTS [US] ; 26-12-2013 Document en entier	1-8
A	WO2015122688A1 ; KF CO LTD [KR] ; 20-08- 2015 Document en entier	1-8
A	WO2012110325A1 ; SIEMENS AG [DE] ; 23-08-2012 Document en entier	1-8
A	US10113129B2; AVA GREEN CHEMISTRY DEV GMBH [DE]; 30-10-2018 Document en entier	1-8

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« 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

-« 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

-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs

-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté	Revendications 1-8 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive	Revendications 1-8 Revendications aucune	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-8 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : US2013341175A1
D2 : WO2015122688A1
D3 : WO2012110325A1
D4 : US10113129B2

1. Nouveauté

Aucun des documents susmentionnés ne divulgue les mêmes caractéristiques techniques telles que décrites dans les revendications 1-8, d'où celles-ci sont nouvelles conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Activité inventive

Le document D1 qui est considéré comme étant l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 décrit un système de traitement thermique d'une biomasse comprenant un concentrateur solaire ayant une surface de concentration d'énergie solaire, un réacteur de carbonisation hydrothermale qui comprend un conteneur pour recevoir la biomasse à traiter et un matériau d'isolation entourant ledit conteneur. Ledit concentrateur solaire est utilisé comme une source thermique pour le chauffage de la biomasse dans ledit réacteur de carbonisation.

L'objet de la revendication 1 diffère de D1 en ce que ledit système comprend une chaudière à lit fixe (2c) et une installation solaire photovoltaïque (2y) et un système de contrôle des systèmes de production de l'énergie.

Le problème que la présente demande se propose de résoudre peut être considéré comme étant la fourniture d'un système alternatif pour le traitement de la biomasse.

La solution proposée n'est pas évidente pour la raison suivante :

Aucun document de l'art antérieur ne divulgue ni ne suggère un système de traitement de la biomasse par carbonisation hydrothermale combinant les trois sources d'énergie comprenant une chaudière à lit fixe (2c), une installation solaire photovoltaïque (2y) et un système solaire thermique à concentration (2b) tel que décrit dans la présente demande.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 implique une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13 au vu des documents D1 à D4.

Les revendications 2-8 dépendent de la revendication 1 et satisfont en tant que telles aux exigences concernant l'activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13 au vu des documents D1 à D4.

3. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.