(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
25 juin 2020 (25.06.2020)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/127026 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F26B 21/14 (2006.01) *F26B 21/06* (2006.01)
F26B 9/06 (2006.01) *F26B 25/22* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2019/085318

(22) Date de dépôt international :
16 décembre 2019 (16.12.2019)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR1873302 19 décembre 2018 (19.12.2018) FR

(71) Déposant : **WAYS SAS** [FR/FR] ; 6 RUE DU PUITS BARDIN, 77920 SAMOIS-SUR-SEINE (FR).

(72) Inventeur : **RAOULT, Yann** ; 9 CHEMIN DES COUARDES, 77920 SAMOIS SUR SEINE (FR).

(74) Mandataire : **NICOLLE, Olivier** ; Cabinet 191 Avenue Charles de Gaulle, Bâtiment Regus, 92200 Neuilly-sur-Seine (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,

(54) **Title:** METHOD FOR THERMAL DRYING OF WOOD IN A CO_2 ATMOSPHERE, DRYING FACILITY FOR IMPLEMENTING SAID METHOD, AND PRODUCT OBTAINED

(54) **Titre :** PROCÉDÉ DE SÉCHAGE THERMIQUE DU BOIS SOUS ATMOSPHÈRE DE CO2, INSTALLATION DE SÉCHAGE POUR LA MISE EN OEUVRE DUDIT PROCÉDÉ ET PRODUIT OBTENU

[Fig 1]

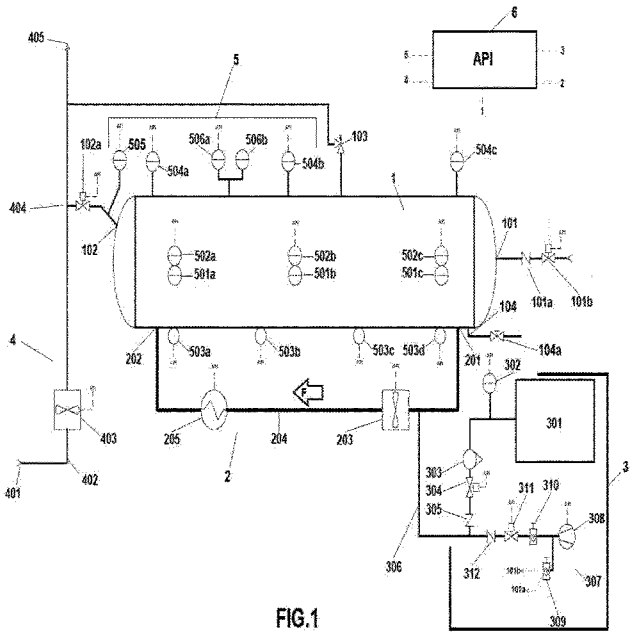


FIG.1

(57) **Abstract:** The invention concerns a method for thermal drying of wood that is implemented by a drying facility comprising: - a drying chamber (1); - means for supplying CO_2 (3) at selected pressure and selected temperature; - circulating means (307, 203) for forcing circulation of the gaseous fluid; - heating means (2) for reheating the gaseous heat-transfer fluid; - extractor means (4) for extracting the atmosphere within the drying chamber (1); - metrology means (5) for measuring the variations in physical metrics in the drying facility during heating;

[Suite sur la page suivante]

WO 2020/127026 A1

SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))*

and - control means (6) for directing the means implemented according to programs, matched to the desired quality of the dried wood, and processing means for readjusting the operating parameters.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de séchage thermique de bois mis en œuvre par une installation de séchage comprenant : - une chambre de séchage (1); - des moyens d'alimentation en CO2 (3) à pression et température choisies; - des moyens circulateurs (307, 203) pour forcer la circulation du fluide gazeux; - des moyens de chauffage (2) pour réchauffer le fluide gazeux caloporteur; - des moyens extracteurs (4) permettant l'extraction de l'atmosphère à l'intérieur de la chambre de séchage 1; - des moyens de métrologie (5) pour mesurer les variations de mesures physiques de l'installation de séchage lors du chauffage; et - des moyens de commande (6) pour piloter les moyens mis en œuvre selon des programmes, appropriés en fonction de la qualité du bois séché recherché, et des moyens de traitement pour réajuster les paramètres de fonctionnement.

Description

Titre de l'invention : [Procédé de séchage thermique du bois sous atmosphère CO_2, installation de séchage pour la mise en œuvre dudit procédé et produit obtenu]

[1] La présente invention concerne un procédé de séchage thermique de bois sous atmosphère CO_2, en particulier mais non limitativement pour le séchage industriel du bois d'œuvre, bois rond et/ou en grumes. Elle concerne également une installation pour la mise en œuvre dudit procédé de séchage et le produit obtenu.

[2] On entend ici par « bois d'œuvre, bois rond et bois en grumes » le bois destiné à l'emploi dans les filières de seconde transformation du bois, notamment pour l'industrie, le bâtiment, la menuiserie, ou pour l'aménagement extérieur et intérieur urbain, industriel, collectif et domestique.

[3] Bien que différentes solutions pour le séchage du bois d'œuvre, bois rond et/ou en grumes existent, les solutions connues ne permettent que rarement une application industrielle associée à un bilan énergétique faible. En effet, les solutions connues sont généralement utilisées à petite échelle, en raison du problème de consommer un minimum d'énergie tout en obtenant un bois comportant un pourcentage d'eau faible.

[4] Un autre inconvénient des solutions existantes est la durée du procédé de séchage, qui représente souvent une durée importante de plusieurs jours, facteur limitant une utilisation efficace pour un usage industriel.

[5] De plus, les procédés actuels sont trop souvent en difficulté pour atteindre l'objectif qui est d'élever la température de manière à ce qu'elle soit homogène jusqu'au cœur d'une masse de bois, tout en obtenant une humidité résiduelle faible du bois séché et en garantissant l'intégrité de la structure interne du bois pendant et après le séchage.

[6] Enfin, les procédés de séchage actuels sont généralement mis en œuvre pour du bois conformé en planches, ou préalablement réduit, ceci impliquant un transport du bois, ainsi qu'une transformation lourde avant séchage.

[7] La présente invention remédie à ces inconvénients.

[8] Elle porte sur un procédé de séchage thermique de bois mis en œuvre à l'aide d'une installation de séchage comprenant au moins une chambre de séchage.

[9] Selon une définition générale de l'invention, le procédé de séchage comprend les étapes suivantes :

- injecter à l'intérieur de la chambre de séchage (un gaz caloporteur comprenant du CO_2 à pression et température choisies;
- forcer la circulation du gaz caloporteur à travers la chambre de séchage ;
- réchauffer le gaz caloporteur circulant dans la chambre de séchage selon une première phase amenant la température moyenne de la chambre de séchage depuis la température ambiante jusqu'à 80°C selon un gradient de température choisi afin d'extraire l'eau libre du bois, puis une seconde phase depuis 80°C jusqu'à 140°C en fonction du profil de séchage spécifique du bois à sécher, lequel comprenant un profil d'augmentation de température spécifique et permettant d'extraire l'eau liée spécifique du bois à sécher;
- extraire hors de la chambre de séchage le mélange gazeux binaire comprenant du CO_2 et de l'eau sous forme de vapeur à température élevée et évacuer, l'eau ainsi extraite de la charge de bois hors de la chambre ;
- piloter les étapes d'injection, de circulation, de réchauffage, et d'évacuation selon des programmes, valeurs consignes et des durées de séchage appropriés selon la courbe spécifique d'évolution hygrométrique au cœur du bois en fonction du temps de séchage et des séquençages de l'augmentation de la température propres au type de bois à sécher; et
- collecter l'ensemble des données formées par les variations de mesures physiques métrologiques, les comparer aux valeurs consignes dictés par le profil spécifique du bois à sécher, et réajuster le fonctionnement de l'installation de séchage en cas d'écart avec les valeurs consignes.

[10] Ainsi, le procédé de séchage permet d'obtenir un séchage rapide du bois, lequel est aussi énergétiquement moins demandeur, et permet d'obtenir un taux d'humidité du bois ainsi séché inférieur à 5 % d'humidité tout en permettant une adaptabilité à tout type de bois grâce aux étapes de surveillance, de contrôle et de rétro ajustement.

[11] Le procédé de séchage utilise une génération de flux gazeux caloporteur de CO_2 injecté dans la chambre de séchage de la charge de bois à pression atmosphérique, suivi d'un chauffage en boucle fermée en deux temps et graduel jusqu'à une valeur cible, avec un système de surveillance de nombreuses mesures physiques parmi lesquelles l'enregistrement de la pression, l'hygrométrie, la température, la masse de la chambre de séchage en différents points et reliés à une boucle de rétroaction permettant l'ajustement du fonctionnement de l'installation pour obtenir les conditions optimales de séchage du bois.

[12] Un tel procédé de séchage a l'avantage d'être court sur le plan temporel, reproductible à grande échelle pour son usage industriel, énergétiquement efficient et permet d'obtenir un pourcentage en eau du bois séché inférieur ou égal à 5%, à température modérée.

[13] Le type de bois adapté au procédé et son dispositif de mise en œuvre appartient au groupe formé par les bois ronds, grumes, bois d'œuvre, et bois conformé en planches.

[14] Le procédé conforme à l'invention comporte une étape d'injection de CO_2, laquelle consiste en l'extraction de l'air atmosphérique de la chambre de séchage 1, l'injection de CO_2 à débit choisi, suivi du démarrage de recirculation continue à bas régime. L'étape d'injection de CO_2 se poursuit par l'enregistrement et le comptage du taux de renouvellement de l'atmosphère CO_2 dans la chambre 1, et enfin réduire le débit d'injection de CO_2 jusqu'à une valeur consigne tout en montant le régime recirculation continue du CO_2 jusqu'à l'obtention d'un débit nominal.

[15] Selon un mode particulier de réalisation de l'invention, le procédé de séchage comprend aussi une étape de recyclage du CO_2, permettant la récupération du CO_2 à partir du mélange gazeux vapeur d'eau/ CO_2 extrait de la chambre (1) lors du séchage.

[16] En pratique, l'étape de réchauffage comprend les sous étapes suivantes :

- démarrer le programme thermostatique de commande de chauffe ;

- augmenter la température du tube de séchage de la température ambiante à 80°C pendant 10 heures (6°C/h) ;
- augmenter la température du tube de séchage de 80°C à 140° pendant 60 heures (1°C/h) ;
- vérifier la pression interne, la pression partielle en eau et CO_2, la température de la charge de bois au niveau de son aubier et son duramen, la température de l'atmosphère dans la chambre de séchage , la masse du tube de la chambre de séchage, l'hygrométrie, le débit et volume de CO_2, et le taux de renouvellement de l'atmosphère CO_2 en tout temps du chauffage et moduler le paramètre adéquat pour maintenir des valeurs consignes ; et
- arrêter le chauffage lorsque l'l'hygrométrie du bois a atteint une valeur cible ou que la température moyenne de la chambre de séchage atteint 140°C.

[17] L'étape de chauffage conforme à l'invention est réalisée à pression atmosphérique, avec un pourcentage massique de CO_2 gazeux dans la chambre devant être compris entre 95% et 100%.

[18] En pratique l'étape de séchage comporte les sous-étapes suivantes :

- diminuer la température de la chambre
- arrêter l'alimentation en CO_2 lorsque la température du bois est inférieure à 60°C ;
- arrêter le système de recirculation continue du CO_2 ;
- extraire complètement l'atmosphère interne de la chambre de séchage (1) ;
- arrêter les enregistrements de mesures physiques de l'installation ; et
- arrêter et mettre en veille

[19] A titre d'exemple non limitatif, le taux d'humidité cible du bois séché par la mise en œuvre du procédé est inférieur ou égal à 5%.

[20] L'invention a également pour objet une installation de séchage pour la mise en œuvre du procédé de séchage conforme à l'invention.

[21] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaitront à l'examen de la description et des dessins dans lesquels :

[22] **[Fig 1]** représente schématiquement une installation de séchage de bois conforme à l'invention ;

[23] **[Fig 2]** représente isolément le système de chauffage conforme à l'invention ;

[24] **[Fig 3]** représente un module thermoplongeur interne du système de chauffage conforme à l'invention ;

[25] **[Fig 4]** représente un ventilateur à simple aspiration du système de chauffage conforme à l'invention ;

[26] **[Fig 5]** représente schématiquement les étapes générales du procédé de séchage conforme à l'invention ;

[27] **[Fig 6]** représente schématiquement les sous-étapes permettant la préparation à l'injection du CO2 et l'initialisation du séchage conforme à l'invention ;

[28] **[Fig 7]** représente schématiquement les sous-étapes permettant de procéder à l'étape de chauffage et de terminaison du chauffage conformément à l'invention ; et

[29] **[Fig 8]** représente schématiquement les sous-étapes permettant la fin du cycle de séchage ainsi que l'arrêt de l'installation conforme à l'invention.

[30] **[Fig 9]** représente un profil hygrométrique particulier de l'évolution de l'humidité et des températures de l'atmosphère de la chambre de séchage en fonction du temps selon le procédé conforme à l'invention.

[31] **[Fig 10]** représente plusieurs profils hygrométriques particuliers d'essences différentes représentant l'évolution de l'humidité moyenne du bois en fonction du temps et de la température de l'atmosphère de la chambre de séchage selon le procédé conforme à l'invention.

[32] En référence aux **figures 1, 2 ,3 et 4**, l'installation de séchage conforme à l'invention comprend plusieurs groupements fonctionnels parmi lesquels une chambre de chauffage 1 comportant au moins un tube de séchage dans laquelle le bois à sécher est introduit, au moins un système de chauffage 2 , au moins un système d'alimentation en CO_2 3, au moins un système d'extraction d'atmosphère

4 permettant l'extraction de l'atmosphère intérieure de la chambre de séchage 1, plusieurs unités de mesure métrologiques 5, et enfin un système informatique de pilotage 6 équipé d'une interface de programmation applicative API.

[33] Selon un mode de réalisation, l'installation possède une chambre de séchage 1 composée d'un ou plusieurs tubes de séchage cylindrique creux permettant l'introduction du bois rond à sécher. Cette chambre de séchage 1 comporte une entrée 101, laquelle est suivie d'un conduit dit de « respiration » comportant un clapet anti-retour 101a suivi d'une électrovanne de respiration 101b de la chambre 1, lequel permet l'injection d'air venant de l'extérieur de l'installation dans la chambre de séchage 1.

[34] La chambre de séchage 1 comprend en outre une sortie 102 vers un système d'extraction 4, contrôlée par une électrovanne de sortie 102a, disposant aussi d'une sonde de température 505 et permettant l'extraction de l'atmosphère présente dans la chambre de séchage 1. Une soupape de sécurité 103 disposée en position médiale de la chambre de séchage 1, et reliée au conduit du système d'extraction 4, permet l'évacuation d'urgence d'une partie de l'atmosphère contenue dans la chambre de séchage 1 en cas de pression critique dans celle-ci. En pratique, la pression critique au niveau de la soupape peut être de 0.02 bar.

[35] Enfin, la chambre de séchage comprend aussi des instruments de métrologie 5, permettant la mesure de diverses caractéristiques physiques. Les instruments compris au niveau de la chambre de séchage 1 sont par exemple :

- quatre pesons individualisés 503a/503b/ 503c/ 503d, répartis sous la chambre et permettant le suivi de la masse du tube de séchage, et ainsi connaitre la masse de la charge de bois en cours de séchage, indiquant l'état d'avancement du séchage ;

- six transmetteurs de température individualisés et placés sur le bois, dont trois disposés au centre de la grume 501a/501b/501c ainsi que trois placés à la périphérie de celle-ci 502a/502b/502c, permettant donc le suivi précis en temps réel de la température en plusieurs points de la chambre 1, ainsi que dans la charge de bois, afin d'éviter d'endommager la grume lors du séchage et optimiser le séchage par régulation fine ;

- trois ensembles hygromètre/thermomètre individualisés disposés en amont 504a, au centre 504b, et en aval 504c dans la chambre de séchage 1 ;

- un ensemble transmetteur de pression 506a et manomètre 506b permettant l'enregistrement de la pression à l'intérieur de la chambre de séchage 1.

[36] Chaque mesure métrologique comporte une valeur consigne ou un groupe de valeurs consignes à respecter, spécifique à chaque type de bois.

[37] A titre d'exemple non limitatif, la chambre de séchage 1 comporte un tube fermé de 2.000 litres calorifugé avec recirculation atmosphérique interne. Par exemple, le réacteur est constitué par :

- un tube d'acier de 5,5 mètres de longueur, fermé par deux plaques en acier (non représentées) de 700 mm de diamètre et 3 mm d'épaisseur, l'une boulonnée sur brides comportant 1 piquage de visite fermé par un plaque acier de 220 mm de diamètre boulonnée sur bride, et l'autre équipée en porte articulée boulonnée sur bride sur gougeons articulés, comportant un piquage de visite, et enfin fermé par un robinet/vanne ;
- un chemin de fer à rouleau (non représenté) composé d'une série de dix rouleaux de 4 cm de diamètre et de 15 cm de longueur espacés tous les 70 cm et fixés par plaque boulonnée ; et
- une extrémité filetée fermée par boulon-capuchon, pour la mise en place des capteurs, aux extrémités et au centre, fixé sur l'axe de la génératrice supérieure de la chambre.

[38] L'installation de séchage comprend en outre un système de chauffage 2, équipé d'un conduit 204 comprenant une entrée 201 de circulation de gaz en provenance de la partie en amont de la chambre de séchage 1, le conduit 204 amenant ensuite à un système de recirculation continue 203 ou ventilateur de recirculation continue comportant une gaine 203a, une turbine 203b, ainsi qu'une entrée 203c et une sortie 203d permettant la circulation du mélange gazeux issu de la chambre 1 selon un sens F dans le système de chauffage 2, puis à un réchauffeur 205 ou cellule de réchauffage, lequel évacue l'atmosphère ainsi chauffée vers une sortie 202 donnant dans la chambre de séchage 1.

[39] Selon un premier mode de réalisation alternatif, la chambre de séchage 1 est constituée d'une pluralité de tubes de séchage, connectés à un système de chauffage 2 commun aux tubes de séchage.

[40] Selon un second mode de réalisation alternatif, la chambre de séchage 1 est constituée d'une pluralité de tubes de séchage, connectés à une pluralité de systèmes de chauffage 2.

[41] En pratique, le réchauffeur 205 est de type thermoplongeur vendu sous la référence « réchauffeur électrique 237537 à tube plongeur » par la société VULCANIC© d'une puissance de 7 W et comporte une entrée 206 par laquelle les gaz à chauffer entrent dans le réchauffeur 205, un conduit 208 cylindrique ouvert en acier, dans lequel un thermoplongeur 209 est inséré et fixé sur l'une des ouvertures, et enfin une seconde ouverture de sortie 207 des gaz ainsi chauffés. En aval du conduit 208 avant l'orifice de sortie 207 sont disposés un thermostat 210 permettant la régulation de la température du thermoplongeur 209 ainsi qu'une sonde de mesure de la température 211.

[42] A titre d'exemple non limitatif, le système de chauffage 2 comporte un circuit en gaine spiralée, en tôle d'acier galvanisé d'environ 8 m de longueur, alimentant une caisse d'extraction réchauffage équipé d'un ventilateur 203 de type hélicoïde à moteur déporté basse pression de 9,5 Nm^3/mn, ainsi qu'un réchauffeur 205 de 2 x 3,5 kW thermostaté, l'ensemble calorifugé par une enveloppe de laine de verre de 20 cm d'épaisseur.

[43] En pratique, le ventilateur de recirculation continue 203 peut être de type ventilateur centrifuge moyenne pression et à simple aspiration avec gaine 203b et turbine 203a en tôle d´acier, ledit ventilateur comportant une turbine 203a à aubes inclinées vers l´avant en tôle d´acier galvanisé, le ventilateur 203 étant capable de supporter une température maximale de l´air à transporter de -20ºC à 250ºC.

[44] L'installation de séchage comporte en outre un système d'alimentation 3 en CO_2, lequel comporte une source de CO_2 liquide anhydre, constituée par une "centrale d'approvisionnement en CO_2 " 301 comportant deux emplacements pour des obus standards type "Air-Liquide", contenant chacun 34 kg de CO_2 liquide comprimé à 50 bar, et le(s) dispositif(s) de détente correspondants, soit un

dispositif de détente du CO_2 gazeux constitué d'un détendeur primaire (non représenté) permettant le passage de la pression de 70 bar à 3 bar (0,5 m^3/h), d'un détendeur-régulateur de débit secondaire permettant le passage de la pression de 3 bar à 0,3 bar (5 m^3/h). Le système d'alimentation 3 dispose ensuite d'une électrovanne 304 de coupure précédée d'un dispositif de comptage 302/303 atmosphérique du CO_2, l'électrovanne contrôlant l'alimentation vers une canalisation atmosphérique 306 fixe, le dispositif de comptage étant quant à lui constitué d'un ensemble manomètre/thermomètre 302 et volumètre/débitmètre 303. Le conduit d'alimentation du CO_2 injecté et décomprimé comporte ensuite un clapet anti-retour et rejoint enfin une canalisation de mise en circulation atmosphérique 306.

[45] Le système d'alimentation 3 en CO_2 comporte ensuite un dispositif de mise en circulation 307 du gaz permettant de pulser de l'air à température ambiante vers le système de chauffage 2. Le dispositif de circulation 307 comprend un compresseur d'air 308 éjectant de l'air sous pression vers une canalisation se divisant en deux, et donc la première division permet la circulation de l'air comprimé vers un détendeur 309 lequel permet ensuite la circulation d'air à pression réduite vers les électrovannes 101b et 102a, respectivement présentes à l'entrée 101 et sortie 102 de la chambre de séchage 1. Une seconde division de la canalisation permet la circulation de l'air comprimé vers un détendeur 310 lequel réduit la pression de l'air injecté vers une électrovanne 311 permettant le contrôle de la quantité d'air introduit dans le circuit, lequel comporte ensuite un clapet anti-retour 312 et débouchant dans la canalisation de mise en circulation atmosphérique 306 laquelle rejoint le conduit 204 du système de chauffage 2 en amont du recirculateur 203.

[46] Selon un mode alternatif de réalisation de l'invention, la canalisation de mise en circulation atmosphérique 306 rejoint directement au moins un tube de la chambre de séchage 1.

[47] Selon un autre mode de réalisation alternatif, la source de CO_2 utilisée est du CO_2 recyclé directement à partir de la récupération et de l'épuration d'émissions par des cheminées d'usine.

[48] L'installation de séchage comprend également un système d'extraction 4 de l'atmosphère des tubes de la chambre de séchage 1, lequel comprend un conduit principal 402 comportant une entrée 401 ouverte sur l'extérieur, et permettant la création d'une arrivée d'air vers un extracteur 403, permettant la ventilation forcée du conduit 402 jusqu'à la sortie 405. Le conduit 402 comporte deux jonctions en provenance de la chambre de séchage 1, dont la première jonction avec la canalisation de la sortie 102 de la chambre de séchage 1, et la seconde jonction avec la canalisation de la soupape de sécurité 103. Le système d'extraction 4 permet ainsi l'évacuation de l'atmosphère de la chambre de séchage 1.

[49] Le système d'extraction 4 de l'installation de séchage comporte aussi une sortie 104 situé à la base de la chambre 1, la base ayant une inclinaison de 1%, disposant d'une électrovanne de vidange 104a avec un col de cygne, laquelle permet l'évacuation de l'eau sous forme liquide lors du séchage.

[50] L'installation de séchage intègre en outre un système de pilotage informatique 6 comprenant une interface de programmation applicative API. L'interface de programmation applicative permet d'une part, la gestion de l'envoi des consignes à chacun des composants de l'installation, et d'autre part d'intégrer les données reçues par les différents instruments de mesure métrologique 5, afin d'ajuster les consignes envoyées aux composants de l'installation.

[51] Selon un mode de réalisation particulier, l'installation de séchage conforme à l'invention comprend un système de recyclage du CO_2 permettant la séparation de la vapeur d'eau et du CO_2 gazeux présent dans l'atmosphère extraite de la chambre 1 durant le séchage, afin de pouvoir éliminer l'eau tout en récupérant le CO_2 afin d'être stocké, ou être directement réutilisé dans l'installation.

[52] A titre d'exemple non limitatif, est utilisé un système de recyclage à condensation, diminuant la température du mélange gazeux binaire vapeur d'eau/ CO_2 extrait de la chambre de séchage 1 jusqu'à une température t, permettant la condensation de l'eau du mélange, laquelle est ensuite récupérée par gravité sous forme liquide et éliminée.

[53] Par exemple, le système de recyclage (non représenté) permet la dessiccation de l'atmosphère interne extraite de la chambre de séchage 1 via une installation

de condensation thermique de la vapeur d'eau par refroidissement, sur paroi froide équipée d'un échangeur de chaleur. Le système permet donc le recyclage de l'atmosphère déshydratée, laquelle est constituée soit de CO_2 pur, soit par de l'air déshydraté.

[54] Le gaz CO_2 récupéré par le système de recyclage (non représenté) peut être stocké ou directement être réinjecté en complément du "Bloc alimentation CO2".

[55] Selon un mode de réalisation particulier conforme à l'invention, la chambre de séchage 1 dispose d'une longueur de 5,5m par 0,6 m de rayon, soit un volume interne de 1555 litres, le système recirculation dispose d'une longueur de 9m par 0,16 m de rayon, soit un volume interne de 170 litres, et la grume insérée dans la chambre 1 dispose d'une longueur maximale de 5m par 0,46 m de rayon, soit un volume de 1415 litres. L'atmosphère de la chambre de séchage 1 dans lequel circulera le CO2 ainsi que l'eau extraite dispose d'un volume moyen de 310 litres.

[56] En référence aux **figures 4 à 9**, l'installation de séchage ainsi décrite en référence aux **figures 1, 2 et 3** met en œuvre un procédé de séchage comportant une succession d'étapes selon la séquence suivante :

[57] Selon une première étape de préparation du bois ou grume à sécher S1, les grumes sont écorcées et calibrées au gabarit cylindrique sans fourches ni déformation axiale. Le gabarit des grumes peut non limitativement être d'un diamètre maximal de 45 centimètres et de longueur maximale de 5 mètres. La grume est enfournée par poussage sur un chemin de fer à rouleaux et la porte semi étanche du dispositif (non représentés) est refermée et boulonnée ;

[58] Selon une seconde étape d'initialisation S2 de l'installation de séchage, le système de pilotage informatique 6 effectue les tests de mise en tension électrique et de fonctionnement des périphériques suivants mais non limitativement : pesons piézo-électriques de pied de cellule 503a/503b/503c/503d, électrovannes d'admission 304 et d'évacuation du CO2 102a, ventilateur-extracteur de la boucle de recirculation continue CO_2 203, ventilateur-extracteur du circuit d'évacuation atmosphérique CO_2 403, thermostat de la cellule de chauffage 210, résistance(s) de la cellule de chauffage 209 et le débitmètre/volumètre d'alimentation en CO_2 303 ;

[59] Selon une troisième étape de démarrage S3 du système d'alimentation 3 en CO_2 et de mise en circulation 307 de celui-ci, l'installation de séchage est mise en route ;

[60] Selon une quatrième étape d'initialisation du système de recirculation continue du CO_2 S4, la consommation en CO_2 du procédé est réduite ;

[61] Selon une cinquième étape de chauffage S5 de la chambre de séchage 1, la température de l'atmosphère CO_2 est augmentée selon un débit et une vitesse choisie avec la mesure en temps réel de la température en différents points de la chambre, l'hygrométrie, la pression, les pressions partielles en eau et CO_2, le chauffage se faisant à pression atmosphérique ;

[62] Selon une sixième étape de terminaison de chauffage S6, le chauffage est arrêté lorsque la température maximale cible de l'atmosphère de la chambre de séchage 1, soit 140°C pour un temps de séchage de 70 heures est atteinte ou que l'hygrométrie au cœur du bois atteint une valeur cible ;

[63] Selon une septième étape S7, il est prévu de mettre à l'arrêt le système de chauffage 2 ainsi que la terminaison des enregistrements des mesures physiques mesurées lors du chauffage ;

[64] Selon une dernière étape S8, le bois ainsi séché est extrait du tube de la chambre de séchage 1.

[65] Toutes les étapes du procédé après l'étape de préparation du bois S1, sont pilotées et effectuées via une succession de commandes complètement automatisées par le système de pilotage informatique 6 comprenant une interface de programmation applicative API. L'API exécutant un programme de commande, elle envoie différentes consignes à chacun des composants de contrôle et reçoit les données d'enregistrement des instruments métrologiques 5 de l'installation de séchage, lesquelles permettent d'ajuster les composants de contrôle afin d'optimiser le séchage en cas d'écart avec les valeurs consignes.

[66] Les étapes de démarrage des systèmes S3 d'alimentation 3 et de mise en circulation du CO_2 307, et de démarrage du système S4 de recirculation continue 2 comportent avantageusement des sous-étapes permettant de mettre en œuvre le procédé conforme à l'invention.

[67] Selon la première sous étape S31, il est prévu le démarrage de l'extracteur 403 d'évacuation atmosphérique CO_2, permettant ainsi l'extraction de l'air atmosphérique de la chambre de séchage 1 à débit minimal.

[68] Le débit minimal et définit comme le débit permettant au système de recirculation 203 de renouveler la totalité de l'atmosphère disponible dans la chambre de séchage 1 en une minute, soit en moyenne 310 Litres.

[69] A titre d'exemple, le débit minimal est de 300 litres par minute.

[70] Cette étape S31 est suivie par une sous étape S32 consistant au démarrage de l'injection de CO_2 par ouverture des électrovannes 304 d'alimentation CO_2 vers le conduit de chauffage 204 jusqu'à obtention d'une saturation définie par un pourcentage de valeur massique en CO_2 choisi dans la chambre de séchage 1.

[71] Selon une troisième sous-étape S33, il est prévu le démarrage du système de recirculation continue des gaz présents dans la chambre de séchage 1 à bas débit, soit par exemple à 300 L/min, ledit démarrage étant déclenché par consigne de démarrage automatique du ventilateur de recirculation continue CO_2.

[72] La sous-étape S33 est suivie d'une sous étape S34 de comptage du renouvellement d'atmosphère CO2 jusqu'à ce que le taux de renouvellement atteigne une valeur de consigne, le volume cumulé calculé étant automatiquement comparé à une valeur consigne, et permettant ainsi de conserver un pourcentage de valeur massique du CO_2 de la chambre 1 entre 95% et 100%.

[73] Afin d'ajuster le taux de renouvellement d'atmosphère CO_2, le procédé de séchage comporte une sous étape de limitation S35, permettant l'ajustement du taux de renouvellement et de volume calculé de CO_2 grâce à la réduction du débit d'alimentation à une valeur donnée par déclenchement d'une première consigne de réduction d'ouverture des électrovannes 304 d'alimentation CO_2, le débit étant surveillé (monitoré) durant sa réduction et comparé automatiquement à une valeur minimale de consigne.

[74] Selon une sous-étape S36 précédent l'étape de chauffage S5, le système de recirculation continue 307 reçoit une consigne de montée automatique au régime nominal d'utilisation du ventilateur de recirculation continue du CO_2, appliquant un débit nominal de 6000 L/min. Le régime nominal est défini comme le régime du

système de recirculation permettant d'obtenir une recirculation optimale des gaz de la chambre de séchage 1 avant le début de la phase de chauffage et ainsi permettre la recirculation directe et continue du CO_2 une fois le chauffage initié à débit choisi.

[75] Une fois les systèmes de métrologie 5, d'alimentation en CO_2 3 et de recirculation continue opérationnels, le procédé décrit conforme à l'invention comporte une étape de chauffage S5 et de terminaison de chauffage S6 comportant une série de sous-étapes permettant un séchage optimal du bois rond.

[76] Selon la première sous-étape S51, il est prévu le démarrage du programme thermostatique de commande de la chauffe lequel est séparé en deux phases de chauffage successives.

[77] Une première phase de chauffage S52, permet la montée de la température moyenne de la chambre de séchage 1 entre la température ambiante, soit par exemple 30°C à une première température consigne 80°C. La montée de température se déroule sur un délai de 10 heures, avec un fonctionnement de la cellule de chauffage à pleine puissance, soit 7 kW, le gradient d'augmentation de température étant par exemple de 6°C par heure. Il s'agit durant cette première phase d'éliminer l'eau libre de la masse de bois.

[78] Selon un mode de réalisation conforme à l'invention, le système de pilotage 6 initie le démarrage automatique des 2 résistances de chauffage du thermoplongeur 209.

[79] Une seconde phase de chauffage S53 commence lorsque la température moyenne de la chambre atteint 80°C. Celle-ci permet l'augmentation de la température moyenne de la chambre jusqu'à une seconde valeur consigne de 140°C, cette seconde phase de chauffage s'effectuant avec un fonctionnement du réchauffeur 205 à puissance réduite, soit 3,5 kW, pour une durée de 60 heures, l'augmentation de la température s'effectuant par exemple à une vitesse de 1°C par heure, ceci afin de réguler plus finement le séchage en lui-même, l'intégrité structurelle du bois à sécher ainsi que l'environnement de séchage dans la chambre de séchage 1. Il s'agit durant cette seconde phase d'éliminer l'eau liée de la masse de bois.

[80] La seconde phase de chauffage prend fin lorsque la température atteint 140°C, ou que le taux d'humidité cible du bois séché est inférieur ou égal à 5%.

[81] La température de chauffage maximale choisie, soit 140°C, permet une efficacité optimale de séchage par substitution CO_2/H_2O, tout en limitant fortement toute atteinte à l'intégrité structurelle du bois à sécher.

[82] En pratique la première phase amenant la température moyenne de la chambre de séchage 1 contenant du CO2 jusqu'à 80°C permet d'extraire l'eau libre du bois à sécher, la seconde phase depuis 80°C jusqu'à 140°C permet d'extraire l'eau liée du bois à sécher.

[83] Au-dessus de 140°C, le Demandeur a observé qu'une modification des composés macromoléculaires du bois s'opère (conformément à la littérature sur le sujet), avec une dégradation des hémicelluloses, une réticulation des lignines ainsi qu'une modification de la structure cristalline de la cellulose, justifiant ainsi que le chauffage selon le procédé conforme à l'invention dispose d'une température maximale de 140°C.

[84] Le profil de séchage est spécifique pour chaque type de bois, chaque type de bois disposant donc d'une courbe d'évolution hygrométrique au cœur du bois en fonction du temps de séchage qui lui est propre et des séquençages de l'augmentation de la température associées spécifiques , lesquels dictent le profil d'augmentation de température à appliquer lors des deux phases de chauffage, et sert de base de comparaison aux mesures métrologiques enregistrées de manière à ce que le système de pilotage 6 rétro ajuste ces mêmes mesures à des valeurs consignes, ceci afin d'obtenir un séchage optimal et de manière industrielle de la charge de bois. Durant chacune des deux phases de chauffage, le thermostat 210 du réchauffeur 205 ainsi que les systèmes d'enregistrement de mesures métrologiques en temps réels, permettent l'ajustement de la puissance du réchauffeur 205 par effet de rétroaction du thermostat 210 sur le réchauffeur 205 ainsi que la modulation des systèmes de circulation du CO2.

[85] Selon les figures 9 et 10, les gradients de températures de la première phase 901 et de la seconde phase 902 de séchage sont modulés par le système de

pilotage 6, de manière à maitriser l'évolution de l'hygrométrie dans le duramen de la pièce de bois en cours de séchage.

[86] En pratique, l'hygrométrie étant variable dans le bois à sécher, sont surveillées par mesures métrologiques : l'hygrométrie moyenne 904, l'hygrométrie minimale 905, et l'hygrométrie maximale 903 par exemple.

[87] L'enregistrement du pilotage des séquences de valeurs consignes associées aux mesures observées permet d'établir un profil hygrométrique de séchage spécifique de l'essence du bois à traiter, et ainsi définir les rétroajustements par le système de pilotage 6 pour les bois de même essence lors d'opérations de séchage ultérieures, et ainsi industrialiser le séchage tout en maintenant la conservation de la structure macromoléculaire du bois séché avec une substitution de l'eau liée par du CO2.

[88] A titre d'exemple non limitatif, les rétroajustements effectués par le système de pilotage 6 sont obtenus par modification du fonctionnement du réchauffeur 205, du système de recirculation continue 203, ou de l'électrovanne de vidange 104a. Ces réajustements permettent d'une part le maintien d'un delta de température maximal de 20°C entre la température enregistrée au cœur du bois et la température de l'atmosphère de la chambre de séchage 1, et d'autre part, d'adapter le séchage d'une essence de bois à un profil spécifique.

[89] Selon la figure 10, on retrouve les profils hygrométriques de quatre essences de bois A 1001, B 1002, C 1003, et D 1004, lesquelles disposent chacune d'une évolution spécifique en fonction du gradient de température selon une première phase jusqu'à 80°C, puis une seconde phase pouvant atteindre 140°C.

[90] La seconde phase de chauffage, permet l'optimisation de la substitution du CO_2 à H_20 liée à la cellulose du bois à sécher. Cette substitution CO_2/H_2O permet de garantir l'intégrité moléculaire « structurelle » du « feuilletage de cellulose », et ainsi du bois séché. Un pilotage multi paramètres fin et précis de l'environnement de séchage, de la température du bois et de la chambre de séchage 1 est donc nécessaire.

[91] L'instrumentation et le pilotage basés sur les mesures métrologiques de l'environnement interne de la chambre de séchage et du bois permettent d'éviter

de détériorer le bois durant le séchage, tout séchage induisant un retrait de matière non évitable, bien que minoré par le CO_2 substitué. En cas de mauvais contrôle, la qualité structurelle du bois séché ainsi obtenu peut en être fortement impactée.

[92] Des fissures, ainsi que des affaissements du bois peuvent apparaitre en conséquence d'un mauvais pilotage et ainsi compromettre l'intégrité structurelle du bois séché obtenu par le procédé conforme à l'invention, générant ainsi un produit non conforme à l'invention.

[93] Selon le procédé conforme à l'invention, mais non limitativement, les mesures métrologiques enregistrées en temps réel, lors de la sous étape S54 peuvent être les suivantes :

- la masse du réacteur, permettant de connaitre la masse du bois en cours de séchage et ainsi évaluer l'avancement de l'extraction de la masse d'eau et donc du séchage lui-même ;
- le débit et volume d'alimentation en CO_2 ainsi que la pression atmosphérique différentielle eau/ CO_2, afin d'effectuer un ajustement si la quantité de CO_2 dans la chambre de séchage 1 est trop importante ou non suffisante grâce aux systèmes de recirculation et d'alimentation de CO_2 ;
- la température atmosphérique à la sortie/évacuation de la chambre de séchage, ainsi que celle du bois séché. En effet, lors des deux phases de chauffage, est comparée la température moyenne de l'atmosphère de la chambre de séchage 1 avec la température au cœur du bois comme valeur consigne, sous contrôle du respect du profil de séchage spécifique du bois à sécher à appliquer, appliquant un suivi de la courbe d'évolution hygrométrique au cœur du bois en fonction du temps de séchage et ses séquençages particuliers d'augmentation de la température de l'atmosphère de la chambre de séchage 1. Cette courbe d'évolution suit globalement la fonction 1/x. Si un écart est constaté, et que celui-ci est supérieur à une valeur admissible, l'augmentation de la température est suspendue temporairement jusqu'au retour à un différentiel de température maximum de 20°c entre la température au cœur du bois et la température de l'atmosphère de la chambre de séchage d'une part, et d'autre part, retrouver

des valeurs acceptables vis-à-vis du profil de séchage spécifique du bois à sécher ;

- l'hygrométrie atmosphérique dans la cellule de chauffage et à sa sortie/évacuation ; et
- l'hygrométrie du bois (aubier et duramen).

[94] Si l'une de ces valeurs enregistrées ne se situe pas dans une zone de valeurs initialement prévue à un instant t lors du chauffage, le système de pilotage 6 met en place une rétroaction afin d'ajuster la valeur de la mesure métrologique afin de retourner à une valeur consigne normale satisfaisante dictée par le profil spécifique de chaque type de bois à sécher.

[95] Le séchage s'effectue, au minimum pour la seconde phase, avec un pourcentage massique de CO_2 gazeux dans la chambre de séchage 1 compris entre 95% et 100%. Une fois que la température moyenne de la chambre de séchage 1 atteint la température maximale de 140°C ou que l'hygrométrie du bois au niveau du duramen est conforme à la valeur cible de consigne, par exemple mais non limitativement 5%.

[96] Le système de chauffage 2 est arrêté selon une dernière sous étape S55, laquelle inclue l'arrêt des résistances du réchauffeur 205, les électrovannes d'admission 304 et d'évacuation 102a du CO_2 sont pilotées via une succession de commande du système de pilotage 6 afin de maîtriser et contrôler la diminution de la température de la chambre de séchage 1.

[97] La température moyenne de la chambre de séchage 1 étant définie comme la moyenne entre la température dans le tube de séchage et la température à la sortie de la chambre 102. Le système de pilotage 6 initie ensuite l'étape de mise à l'arrêt S7, avec une sous-étape S71 de diminution de la température moyenne du bois jusqu'à une première valeur consigne de 60°C, le système provoque l'arrêt du système de recirculation continue 203 du CO_2, par diminution automatique du régime de son propre système interne de ventilation jusqu'à un régime bas, soit par exemple permettant l'obtention d'un débit de 300L/min. A partir de 60°C, l'alimentation 3 en CO_2 est arrêtée S72 par fermeture de l'électrovanne

d'admission 304 du CO_2 et ouverture de l'orifice d'évent (non représenté) permettant l'admission d'air extérieur dans la chambre de séchage.

[98] Selon une troisième sous-étape S73, le système de pilotage informatique 6 provoque un arrêt du système de recirculation interne 2 du CO2, par diminution automatique du régime du ventilateur du système de recyclage jusqu'à son arrêt complet.

[99] Le système de pilotage 6 procède ensuite à la montée en régime de l'extracteur d'évacuation atmosphérique 403 jusqu'à un débit nominal, soit par exemple 6000L/min, et permettant l'extraction complète S74 de l'atmosphère de la chambre de séchage 1.

[100] Selon un mode de réalisation alternatif conforme à l'invention, le débit nominal est de 1000L/min.

[101] Lorsque la température du bois atteint 40°C, le système procède ensuite à l'arrêt de l'enregistrement S75 des mesures métrologiques 5, puis, lorsque la température atteint 35°C, provoque l'arrêt général d'alimentation électrique des installations S76 et l'activation du voyant de mise en veille de l'instrumentation, l'installation se trouvant donc mise à l'arrêt.

[102] Une fois la mise à l'arrêt de l'installation, le bois peut alors être retiré de la chambre de chauffage.

[103] Le produit ainsi obtenu est donc un bois rond, entier, ou en planches, définit par un taux d'humidité cible inférieur à 5% au niveau du duramen.

Revendications

[Revendication 1] Procédé de séchage thermique de bois mis en œuvre à l'aide d'une installation de séchage comprenant au moins une chambre de séchage (1), ledit procédé comprenant les étapes suivantes :

- injecter à l'intérieur de la chambre de séchage (1) un gaz caloporteur comprenant du CO_2 à pression et température choisies;
- forcer la circulation du gaz caloporteur à travers la chambre de séchage (1);
- réchauffer le gaz caloporteur circulant dans la chambre de séchage (1) selon une première phase amenant la température moyenne de la chambre de séchage depuis la température ambiante jusqu'à 80°C selon un gradient de température choisi afin d'extraire l'eau libre du bois à sécher, puis une seconde phase depuis 80°C jusqu'à 140°C en fonction du profil de séchage spécifique du bois à sécher, lequel comprenant un profil d'augmentation de température spécifique et permettant d'extraire l'eau liée spécifique du bois à sécher;
- extraire hors de la chambre de séchage (1) le mélange gazeux binaire comprenant du CO_2 et de l'eau sous forme de vapeur à température élevée et évacuer l'eau ainsi extraite de la charge de bois hors de la chambre (1);
- piloter les étapes d'injection, de circulation, de réchauffage, et d'évacuation selon des programmes, valeurs consignes et des durées de séchage appropriés selon la courbe spécifique d'évolution hygrométrique au cœur du bois en fonction du temps de séchage et des séquençages de l'augmentation de la température propres au type de bois à sécher;
- et collecter l'ensemble des données formées par les variations de mesures physiques métrologiques, les comparer aux valeurs consignes dictés par le profil spécifique du bois à sécher, et réajuster le fonctionnement de l'installation de séchage en cas d'écart avec les valeurs consignes.

[Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le bois appartient au groupe formé par bois rond, grume, bois d'œuvre, bois conformé en planches.

[Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étape d'injection de CO_2 comprend les sous-étapes suivantes :

- Extraction de l'air atmosphérique de la chambre de séchage (1)
- Débuter l'injection de CO_2 à débit choisi ;
- Démarrer la recirculation continue du CO2 à bas régime ;
- Enregistrer et compter le taux de renouvellement de l'atmosphère CO_2 ;
- Réduire le débit d'injection de CO_2 jusqu'à une valeur consigne ; et
- Monter le régime de recirculation continue du CO_2 jusqu'à un régime nominal.

[Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'étape de réchauffage dure 70 heures.

[Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de recyclage du CO_2 permettant la récupération du CO_2 à partir du mélange gazeux vapeur d'eau/ CO_2 extrait de la chambre (1) lors du séchage.

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'étape de réchauffage comprend les étapes suivantes :

- Démarrer le programme thermostatique de commande de chauffe ;
- Augmenter la température du tube de séchage de la température ambiante à 80°C pendant 10 heures (6°C/h) ;
- Augmenter la température du tube de séchage de 80°C à 140° pendant 60 heures (1°C/h) ;
- Vérifier la pression interne, la pression partielle en eau et CO_2, la température de la chambre (1), la température de la charge de bois au niveau de son aubier et son duramen, la masse du tube de la chambre de séchage, l'hygrométrie, le débit et volume de CO_2, et le taux de renouvellement de l'atmosphère CO_2 en tout temps du chauffage et moduler le paramètre adéquat pour maintenir des valeurs consignes ; et

- Arrêter le chauffage lorsque l'hygrométrie du bois a atteint une valeur cible ou la température moyenne de l'atmosphère de la chambre de séchage atteint 140°C.

[Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le chauffage est à réaliser à pression atmosphérique, pour un pourcentage massique de CO_2 gazeux dans la chambre compris entre 95% et 100% au moins pour la seconde phase de chauffage.

[Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'étape d'arrêt du procédé de séchage comporte les sous-étapes suivantes :

- Diminuer la température de la chambre

- Arrêter l'alimentation en CO_2 lorsque la température du bois est inférieure à 60°C ;

- Arrêter le système de recirculation continue du CO_2

- Extraire complètement l'atmosphère interne de la chambre de séchage (1) ;

- Arrêter les enregistrements de mesures physiques de l'installation ;

- Arrêter et mettre en veille.

[Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le taux d'humidité cible du bois séché est inférieur ou égal à 5%.

[Revendication 10] Installation de séchage pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 comprenant :

- une chambre de séchage (1) comportant au moins un tube de séchage cylindrique creux de diamètre et longueur appropriés pour le séchage de bois de dimensions choisies,
- des moyens d'alimentation en CO_2 (3) pour injecter à l'intérieur de la chambre de séchage (1), un fluide caloporteur sous forme gazeux de CO_2 à pression et température choisies ;

- des moyens circulateurs (307, 203) pour forcer la circulation du fluide gazeux caloporteur à travers la chambre de séchage (1);
- des moyens de chauffage (2) pour réchauffer le fluide gazeux caloporteur ;
- des moyens extracteurs (4) permettant l'extraction de l'atmosphère à l'intérieur de la chambre de séchage 1, et d'extraire et rejeter le fluide gazeux caloporteur comprenant du CO_2 et de l'eau sous forme de vapeur à température ou sous forme liquide ;
- des moyens de métrologie (5) pour mesurer les variations de mesures physiques de l'installation de séchage lors du chauffage ; et
- des moyens de commande (6) pour piloter les moyens d'injection, de circulation, de réchauffage, et d'évacuation selon des programmes, valeurs consignes et durées de séchage appropriés en fonction de la qualité du bois séché recherché, et des moyens de traitement pour mesurer, comparer et réajuster les paramètres de fonctionnement aux valeurs consignes en cas d'écart.]

Dessins

[Fig 1]

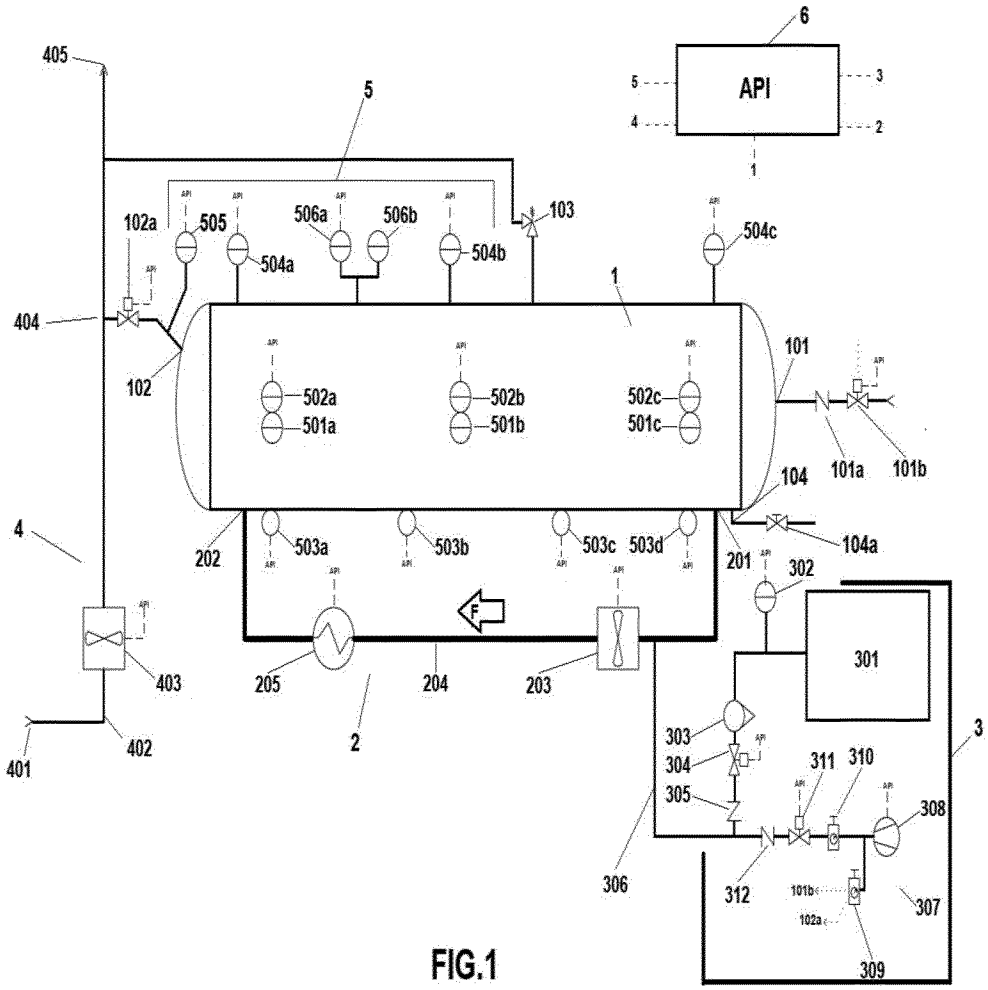


FIG.1

[Fig 2]

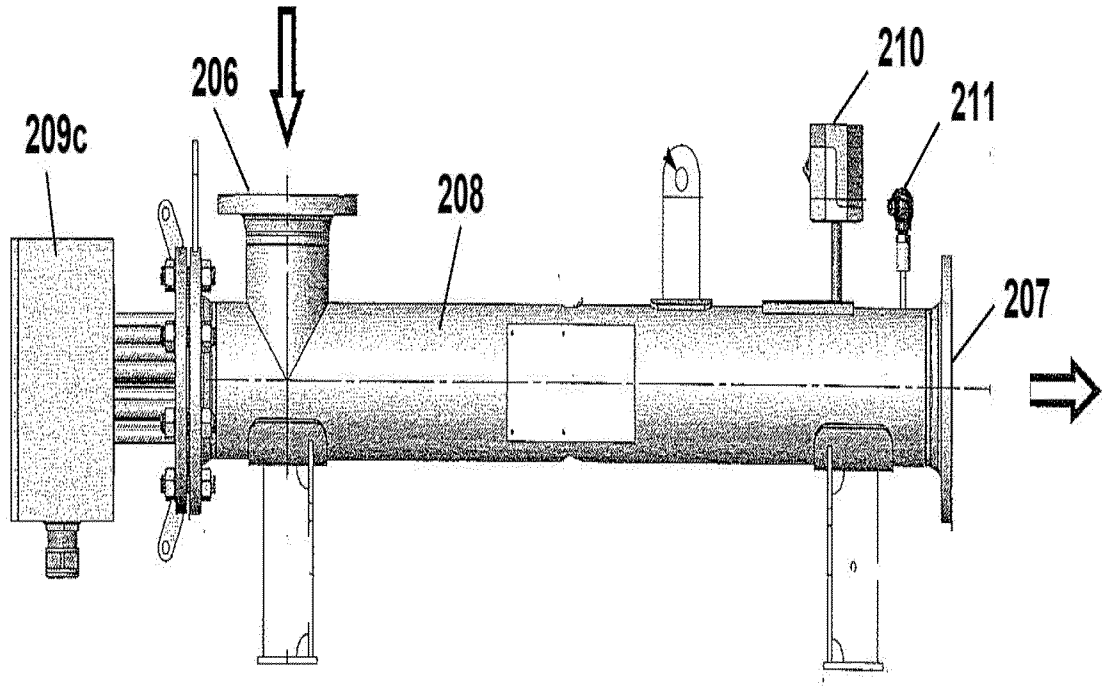


FIG.2

[Fig 3]

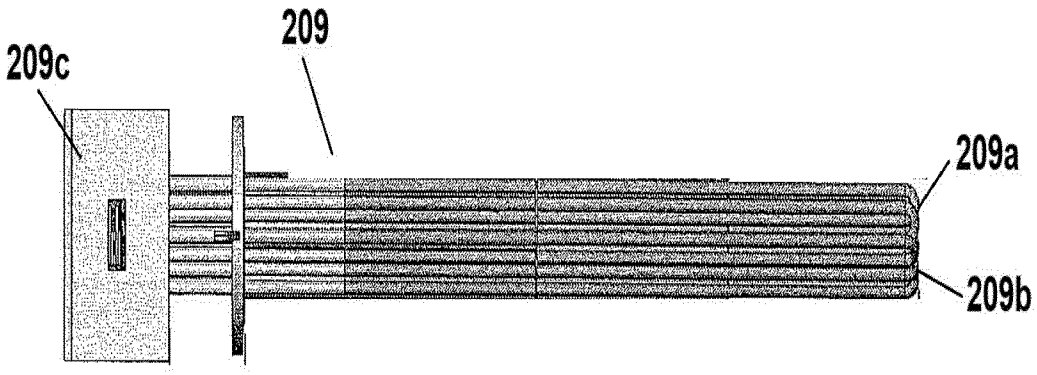


FIG.3

[Fig 4]

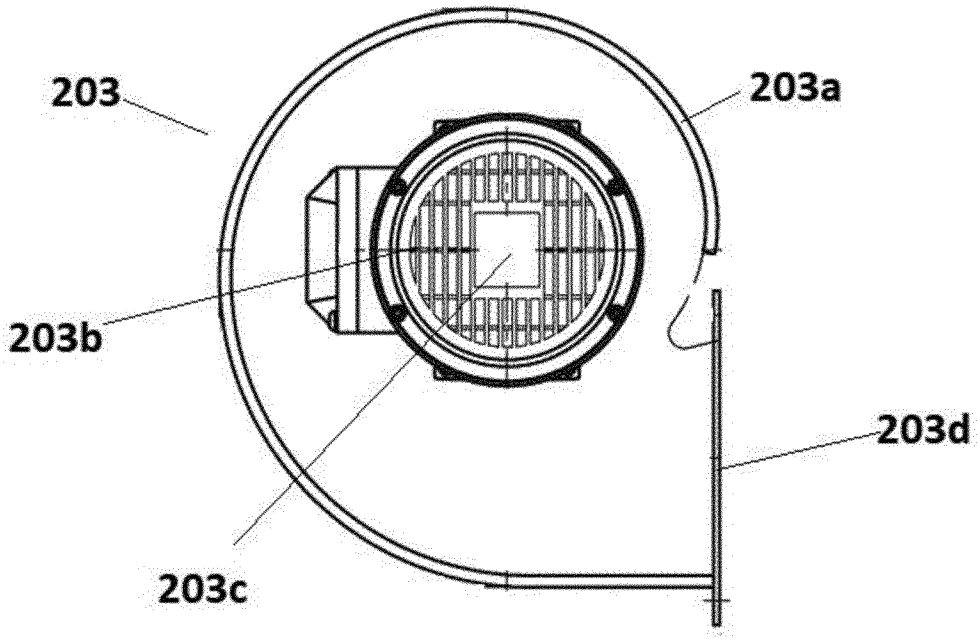


FIG.4

[Fig 5]

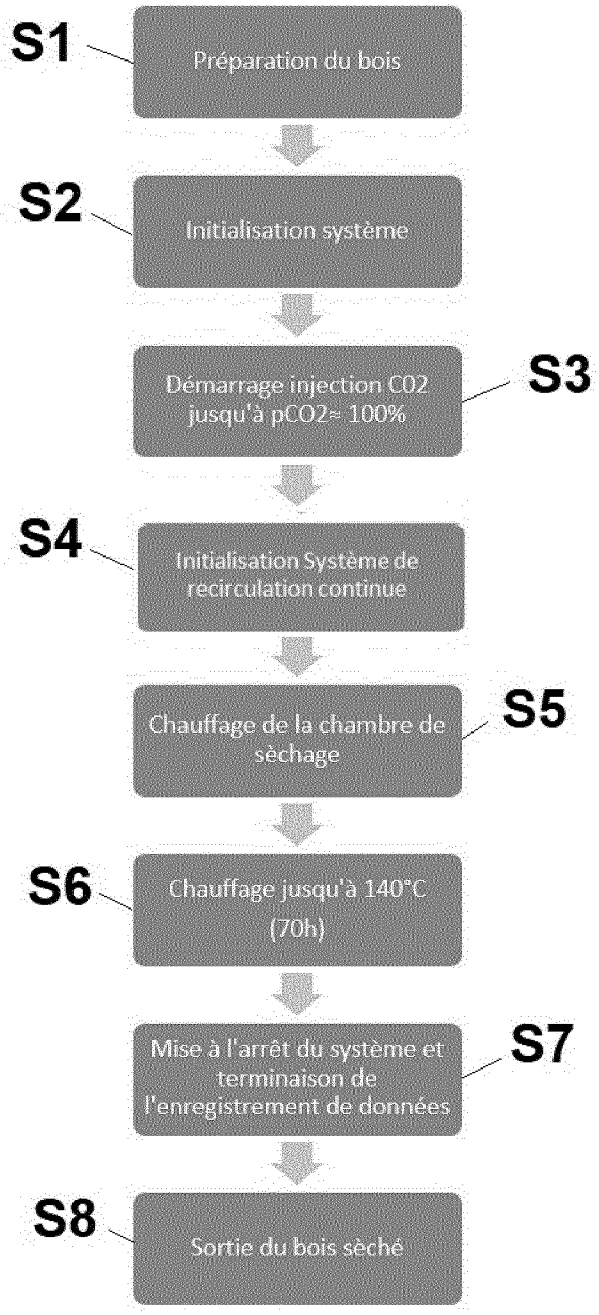
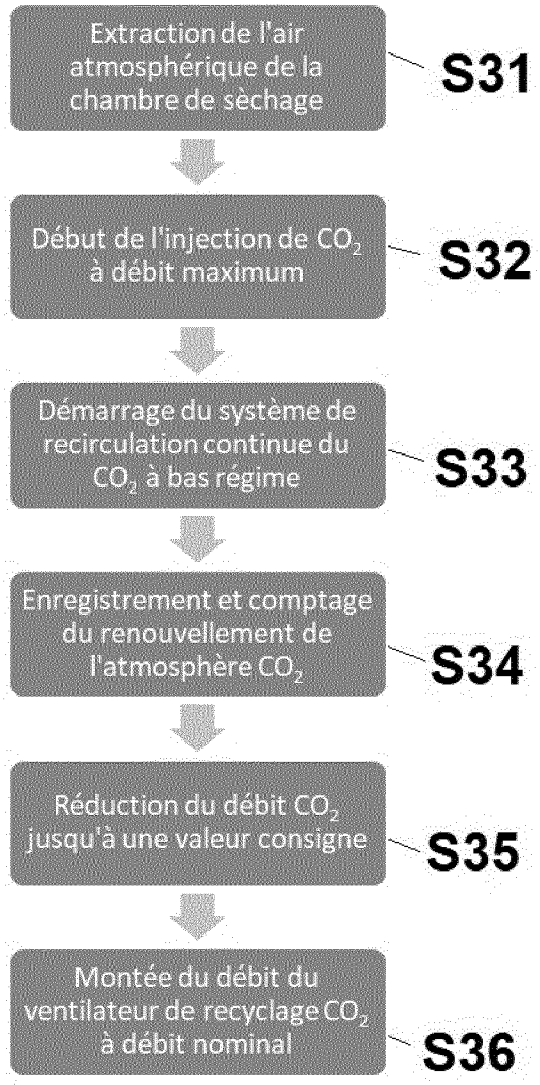

S1
Préparation du bois
S2
Initialisation système
Démarrage injection CO2 jusqu'à pCO2≈ 100%
S3
S4
Initialisation Système de recirculation continue
Chauffage de la chambre de sèchage
S5
S6
Chauffage jusqu'à 140°C (70h)
Mise à l'arrêt du système et terminaison de l'enregistrement de données
S7
S8
Sortie du bois séché

FIG.5

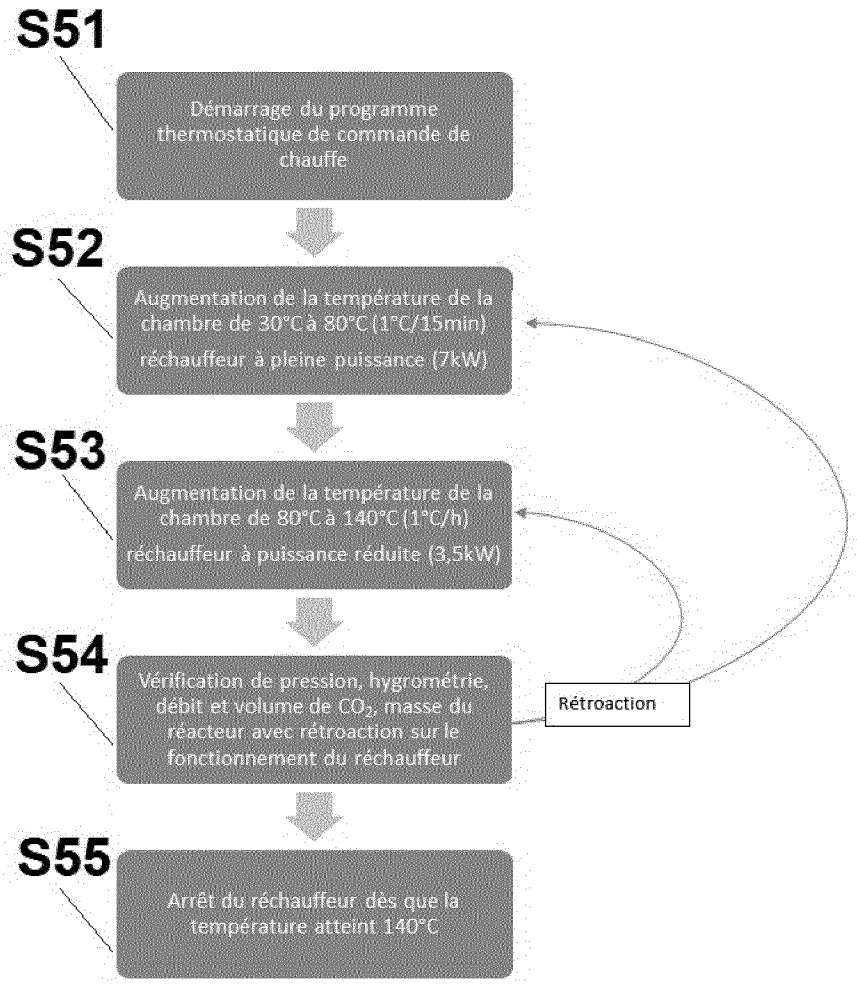
[Fig 6]

FIG.6


Extraction de l'air atmosphérique de la chambre de sèchage
S31
Début de l'injection de CO_2 à débit maximum
S32
Démarrage du système de recirculation continue du CO_2 à bas régime
S33
Enregistrement et comptage du renouvellement de l'atmosphère CO_2
S34
Réduction du débit CO_2 jusqu'à une valeur consigne
S35
Montée du débit du ventilateur de recyclage CO_2 à débit nominal
S36

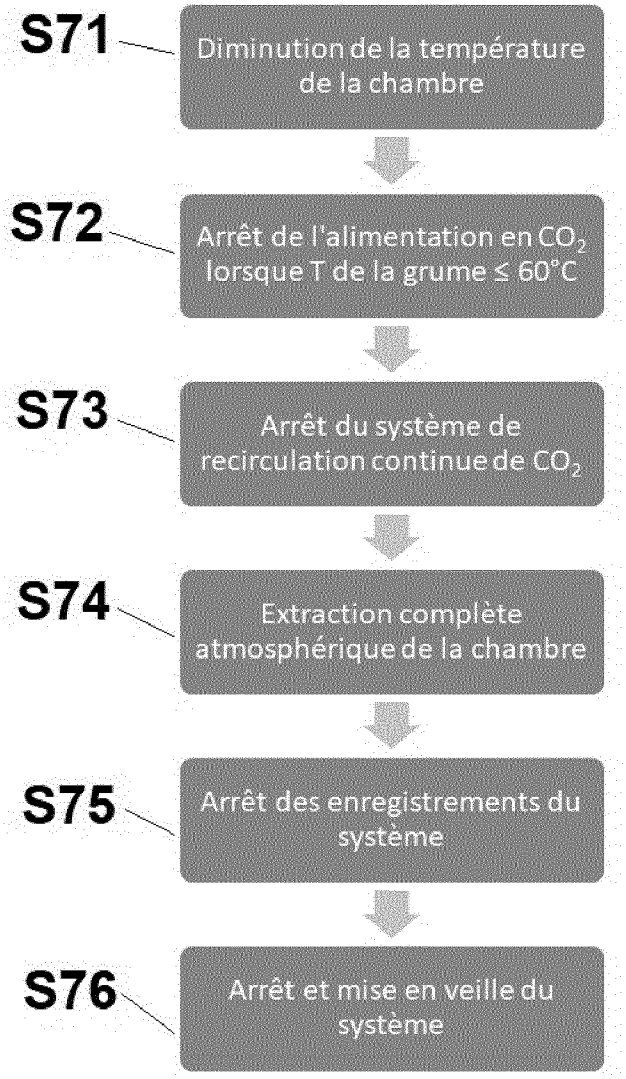
[Fig 7]

FIG.7

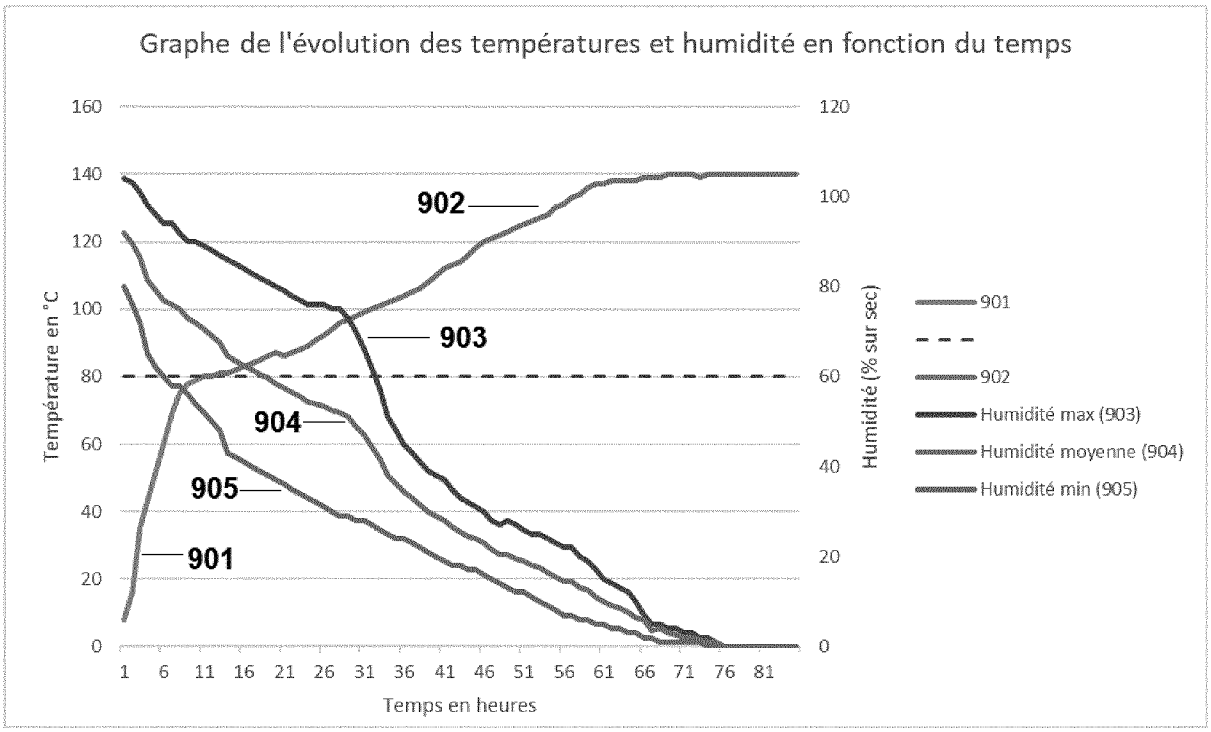

S51
Démarrage du programme thermostatique de commande de chauffe
S52
Augmentation de la température de la chambre de 30°C à 80°C (1°C/15min)
réchauffeur à pleine puissance (7kW)
S53
Augmentation de la température de la chambre de 80°C à 140°C (1°C/h)
réchauffeur à puissance réduite (3,5kW)
S54
Vérification de pression, hygrométrie, débit et volume de CO_2, masse du réacteur avec rétroaction sur le fonctionnement du réchauffeur
Rétroaction
S55
Arrêt du réchauffeur dès que la température atteint 140°C

[Fig 8]

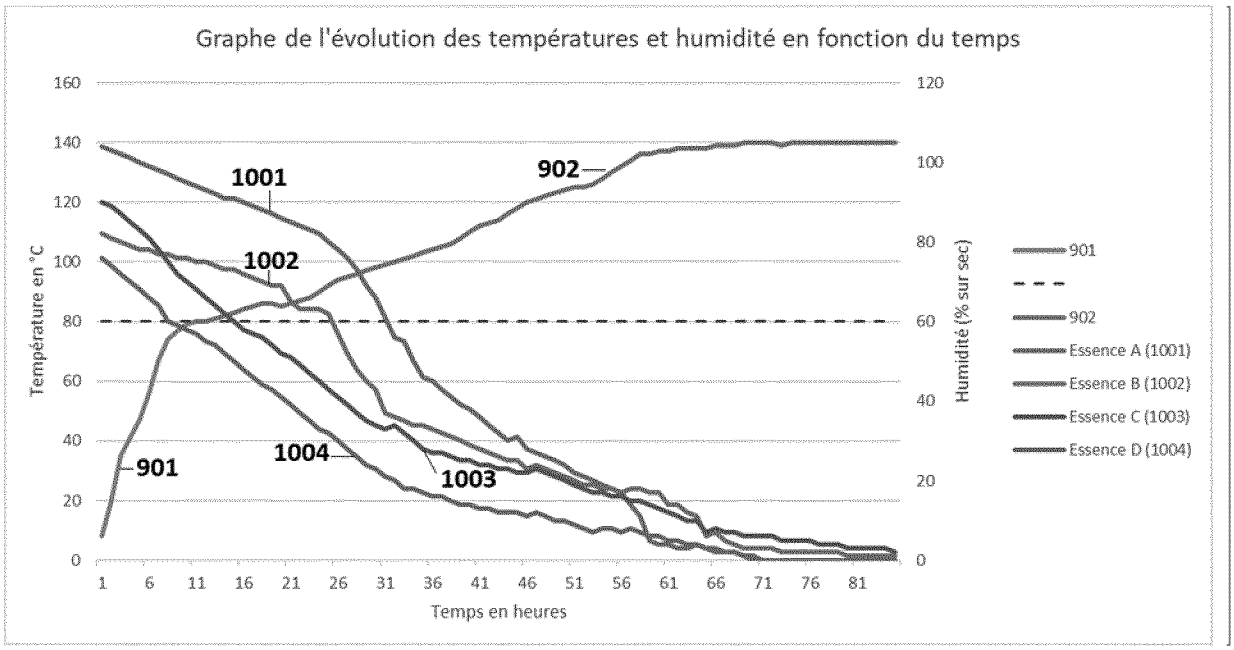
FIG. 8


S71
Diminution de la température de la chambre
S72
Arrêt de l'alimentation en CO_2 lorsque T de la grume ≤ 60°C
S73
Arrêt du système de recirculation continue de CO_2
S74
Extraction complète atmosphérique de la chambre
S75
Arrêt des enregistrements du système
S76
Arrêt et mise en veille du système

[Fig 9]


Graphe de l'évolution des températures et humidité en fonction du temps
Température en °C
Humidité (% sur sec)
Temps en heures
902
903
904
905
901
901
902
Humidité max (903)
Humidité moyenne (904)
Humidité min (905)

[Fig 10]


Graphe de l'évolution des températures et humidité en fonction du temps
Température en °C
Humidité (% sur sec)
Temps en heures
1001
902
1002
901
1004
1003
901
902
Essence A (1001)
Essence B (1002)
Essence C (1003)
Essence D (1004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2019/085318

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F26B 21/14(2006.01)i; ***F26B 9/06***(2006.01)i; ***F26B 21/06***(2006.01)i; ***F26B 25/22***(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F26B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10345968 A1 (OLBORT PALETTEN GMBH [DE]) 21 April 2005 (2005-04-21) the whole document	1-9
X	FR 2786426 A1 (ARIMPEX SARL [FR]) 02 June 2000 (2000-06-02) the whole document	1-9
X	WO 2016162591 A1 (KUISMA JUHANI [FI]) 13 October 2016 (2016-10-13) the whole document	1-9
X	US 2014237843 A1 (GUYOMARC H RAYMOND [FR]) 28 August 2014 (2014-08-28) the whole document	1-9
X	JP 2005180746 A (SASANO KK) 07 July 2005 (2005-07-07) the whole document	1-9
A	EP 2196295 A1 (FACHHOCHSCHULE EBERSWALDE [DE]) 16 June 2010 (2010-06-16) the whole document	1-10
A	WO 2005116551 A1 (BIO 3D APPLIC [FR]; BERNON JEAN-PIERRE [FR] ET AL.) 08 December 2005 (2005-12-08) the whole document	1-10

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 May 2020	**25 May 2020**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Villar Fernández, R** Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 106643012 A (DEQING HUAMENG WOODEN PRODUCTS CO LTD) 10 May 2017 (2017-05-10) the whole document	10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2019/085318

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	10345968	A1	21 April 2005	NONE			
FR	2786426	A1	02 June 2000	NONE			
WO	2016162591	A1	13 October 2016	NONE			
US	2014237843	A1	28 August 2014	CA	2636629	A1	19 July 2007
				EP	1974172	A2	01 October 2008
				FR	2896033	A1	13 July 2007
				JP	2009522144	A	11 June 2009
				US	2010299955	A1	02 December 2010
				US	2014237843	A1	28 August 2014
				WO	2007080318	A2	19 July 2007
JP	2005180746	A	07 July 2005	NONE			
EP	2196295	A1	16 June 2010	DE	112009003678	A5	18 October 2012
				DE	202009018842	U1	13 November 2013
				EP	2196295	A1	16 June 2010
				WO	2010063822	A1	10 June 2010
WO	2005116551	A1	08 December 2005	CA	2566695	A1	08 December 2005
				EP	1751482	A1	14 February 2007
				FR	2870154	A1	18 November 2005
				US	2008277027	A1	13 November 2008
				WO	2005116551	A1	08 December 2005
CN	106643012	A	10 May 2017	NONE			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2019/085318

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. F26B21/14 F26B9/06 F26B21/06 F26B25/22
ADD.

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)
F26B

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 cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 103 45 968 A1 (OLBORT PALETTEN GMBH [DE]) 21 avril 2005 (2005-04-21) le document en entier	1-9
X	FR 2 786 426 A1 (ARIMPEX SARL [FR]) 2 juin 2000 (2000-06-02) le document en entier	1-9
X	WO 2016/162591 A1 (KUISMA JUHANI [FI]) 13 octobre 2016 (2016-10-13) le document en entier	1-9
X	US 2014/237843 A1 (GUYOMARC H RAYMOND [FR]) 28 août 2014 (2014-08-28) le document en entier	1-9

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] 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

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"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)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international 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

"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

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
12 mai 2020	25/05/2020

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	Villar Fernández, R

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2019/085318

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	JP 2005 180746 A (SASANO KK) 7 juillet 2005 (2005-07-07) le document en entier	1-9
A	EP 2 196 295 A1 (FACHHOCHSCHULE EBERSWALDE [DE]) 16 juin 2010 (2010-06-16) le document en entier	1-10
A	WO 2005/116551 A1 (BIO 3D APPLIC [FR]; BERNON JEAN-PIERRE [FR] ET AL.) 8 décembre 2005 (2005-12-08) le document en entier	1-10
X	CN 106 643 012 A (DEQING HUAMENG WOODEN PRODUCTS CO LTD) 10 mai 2017 (2017-05-10) le document en entier	10

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/EP2019/085318

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 10345968 A1	21-04-2005	AUCUN	
FR 2786426 A1	02-06-2000	AUCUN	
WO 2016162591 A1	13-10-2016	AUCUN	
US 2014237843 A1	28-08-2014	CA 2636629 A1	19-07-2007
		EP 1974172 A2	01-10-2008
		FR 2896033 A1	13-07-2007
		JP 2009522144 A	11-06-2009
		US 2010299955 A1	02-12-2010
		US 2014237843 A1	28-08-2014
		WO 2007080318 A2	19-07-2007
JP 2005180746 A	07-07-2005	AUCUN	
EP 2196295 A1	16-06-2010	DE 112009003678 A5	18-10-2012
		DE 202009018842 U1	13-11-2013
		EP 2196295 A1	16-06-2010
		WO 2010063822 A1	10-06-2010
WO 2005116551 A1	08-12-2005	CA 2566695 A1	08-12-2005
		EP 1751482 A1	14-02-2007
		FR 2870154 A1	18-11-2005
		US 2008277027 A1	13-11-2008
		WO 2005116551 A1	08-12-2005
CN 106643012 A	10-05-2017	AUCUN	