

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑮ Dispositif et ensemble de déshydratation, procédé d'obtention d'un tel ensemble.

⑳ Date de dépôt : 13.07.22.

㉑ Priorité :

⑦① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension : Polynésie-Fr

⑦② Demandeur(s) : *LGD Société par Actions Simplifiée*
— FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 19.01.24 Bulletin 24/03.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 09.08.24 Bulletin 24/32.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦③ Inventeur(s) : DIJOU Jean-Gabriel.

⑦④ Titulaire(s) : LGD Société par Actions Simplifiée.

⑦⑤ Mandataire(s) : SANTARELLI.



Description

Titre de l'invention : Dispositif et ensemble de déshydratation, procédé d'obtention d'un tel ensemble

- [0001] La présente invention concerne le domaine de la déshydratation et en particulier celui des installations de déshydratation.
- [0002] La déshydratation correspond de manière générale au fait de retirer de l'eau présente dans un produit. Cette opération peut avoir divers objectifs, par exemple de permettre une longue conservation d'un produit, ou d'en concentrer certains éléments.
- [0003] La déshydratation comporte notamment les procédés de séchage ou dessiccation sous vide.
- [0004] Ces procédés comportent notamment les procédés de lyophilisation. La lyophilisation, consiste en la dessiccation d'un produit préalablement congelé, par sublimation. La lyophilisation est ainsi réalisée en maintenant le produit à une basse température sous vide. Dans les procédés de lyophilisation, l'eau extraite des produits est généralement condensée par un système de plaques froides puis évacuée de l'installation de lyophilisation.
- [0005] D'autres procédés de déshydratation sous vide sont connus.
- [0006] Déshydrater sous vide présente plusieurs avantages principaux. Le fait de baisser le point d'ébullition et donc de travailler à plus basse température permet de préserver les qualités du produit déshydraté. Le fait de déshydrater en absence d'oxygène ou en présence de peu d'oxygène évite l'oxydation de certaines molécules.
- [0007] Cependant, les faibles pressions impliquent des volumes très importants de vapeur d'eau, qui doit donc être "piégée". Il existe différentes façons de piéger l'eau: par physisorption, chimiosorption, condensation.
- [0008] Les procédés de déshydratation sous vide comportent généralement l'utilisation d'un dispositif à condensation, ou peuvent comporter l'utilisation d'un piège à eau contenant un matériau adsorbant. Une installation pour la mise en œuvre de tels procédés utilisant un matériau adsorbant comporte généralement une enceinte qui reçoit des bacs de produits à déshydrater et des ensembles contenant le matériau adsorbant. Une mise sous vide de l'enceinte provoque une évaporation de l'eau initialement contenue dans les produits et la vapeur d'eau ainsi produite est adsorbée par le matériau adsorbant.
- [0009] Les principales applications des technologies de déshydratation visées dans la présente invention concernent la déshydratation de produits alimentaires, de produits cosmétiques, et de produits pharmaceutiques, de produits bio-sourcés (par exemple le bois), ou de produits entrant dans la composition de tels produits alimentaires, cos-

métiques ou pharmaceutiques, etc.

- [0010] Divers dispositifs de déshydratation sont connus dans l'état de la technique de longue date.
- [0011] Par exemple, le document US2374232 divulgue un dispositif de déshydratation sous vide (en l'occurrence de lyophilisation), utilisant un matériau dessiccateur tel qu'un gel de silice. Le produit à déshydrater est placé dans un contenant qui est en communication avec une chambre qui contient le matériau dessiccateur, ce qui permet des libres échanges gazeux et un équilibre de pression entre le contenant où est placé le produit et la chambre qui contient le matériau dessiccateur.
- [0012] Le document FR2805759 porte sur un procédé de déshydratation dans un système similaire comportant au moins un réacteur à adsorption réversible solide/gaz de type usuel qui contient, dans une enceinte, un adsorbant tel que de la zéolite, une cuve contenant un produit à adsorber (par exemple posé sur des plateaux); et une liaison fluïdique munie d'une vanne pour permettre la mise en communication de l'enceinte et de la cuve et un équilibre de pression entre l'enceinte et la cuve.
- [0013] Ce document rappelle notamment qu'un procédé pour mettre en œuvre un tel dispositif comporte classiquement les trois phases successives suivantes:
 - une phase d'adsorption, pendant laquelle on met l'enceinte contenant l'adsorbant en communication avec une cuve contenant le produit à déshydrater ;
 - une phase de régénération, pendant laquelle on met ladite enceinte contenant l'adsorbant en communication avec un système de condensation, on isole ladite enceinte par rapport à ladite cuve, et on réchauffe ledit adsorbant ; et
 - une phase de refroidissement, pendant laquelle on isole ladite enceinte et on refroidit ledit adsorbant.
- [0014] Le dispositif et le procédé présentés dans ce document concernent en particulier les conditions appliquées à l'adsorbant, qui peuvent néanmoins être encore optimisés.
- [0015] Le document FR2868520 divulgue par ailleurs une installation de déshydratation par zéolites dans laquelle le produit à déshydrater est positionné dans un réceptacle qui est reçu dans un compartiment, le tout étant placé dans une enceinte. L'objectif est de placer l'adsorbant au plus près du produit déshydraté, ce qui, pour un aliment, permettrait de mieux en conserver les propriétés gustatives. Lorsque les produits sont déshydratés, l'ensemble est extrait de l'enceinte pour la régénération des zéolites. Cette manipulation est cependant complexe, et augmente les temps de cycle du dispositif.
- [0016] Les installations connues à ce jour ne sont ainsi pas optimisées dans une approche globale du processus de déshydratation, afin de conserver les propriétés du produit tout en permettant une mise en œuvre efficace du dispositif.
- [0017] La présente invention vise à proposer un dispositif de déshydratation optimisé.
- [0018] Ainsi, l'invention porte sur un dispositif de déshydratation comportant une chambre

et un dispositif assécheur adapté à réduire la pression partielle de vapeur d'eau d'un fluide porteur lorsque ledit fluide porteur est au contact dudit dispositif assécheur ou le traverse, ledit dispositif assécheur étant placé dans ladite chambre.

[0019] La chambre comporte une entrée et une sortie distinctes et agencées de sorte que le fluide porteur chargé d'eau entrant dans la chambre par ladite entrée vient au contact ou traverse le dispositif assécheur et ressort par la sortie avec une moindre teneur en eau. Le dispositif de déshydratation comporte également :

- une interface d'entrée du dispositif de déshydratation adaptée à être reliée à une interface correspondante de sortie d'une enceinte de déshydratation,

- une interface de sortie du dispositif de déshydratation adaptée à être reliée à une interface correspondante d'entrée de l'enceinte de déshydratation,

- un module de gestion de flux, adapté à générer et piloter le flux de fluide porteur dans le dispositif de déshydratation, ledit module de gestion de flux étant configuré pour appliquer, à la sortie du dispositif de déshydratation, une pression d'au moins 500 millibars inférieure à la pression atmosphérique, et contrôler l'humidité relative dans le fluide porteur à la sortie du dispositif de déshydratation.

[0020] Le dispositif ainsi proposé se distingue des dispositifs connus, en particulier dans le domaine alimentaire, fonctionnant par lots (« batch » selon la terminologie anglophone plus courante dans le domaine) par un dispositif assécheur, par exemple un piège à eau, déporté de l'enceinte de déshydratation. Cela permet, le cas échéant, une régénération d'un matériau adsorbant présent dans le piège à eau directement dans la chambre, sans manipulation particulière et sans immobiliser l'enceinte de déshydratation. Cela permet par exemple de décharger et de recharger l'enceinte en produit à déshydrater pendant la régénération du matériau adsorbant. Dans certains modes de réalisation, cela permet de lancer un nouveau cycle de déshydratation dans l'enceinte de déshydratation en utilisant un autre piège à eau que celui dont le matériau adsorbant est en cours de régénération.

[0021] Il est notable que la présente invention porte en premier lieu sur un dispositif de déshydratation indépendamment de l'enceinte de déshydratation destinée à recevoir le produit à déshydrater. Cela permet notamment d'employer le dispositif de déshydratation, grâce aux interfaces qu'il comporte, pour équiper et mettre à jour une installation de déshydratation préexistante. Notamment, tout tunnel de déshydratation préexistant peut être utilisé pour former un système de déshydratation conforme à l'invention.

[0022] Dans la mesure où le dispositif propose une déshydratation sous vide, le module de gestion de flux comporte un dispositif de technologie adaptée à faire circuler sous vide la vapeur d'eau extraite des produits : des systèmes de type pompe à rotor (voir ci-après) ou compresseur peuvent être utilisés.

- [0023] Par « vide », il est entendu dans l'ensemble du présent document une pression inférieure d'au moins 500 millibars vis-à-vis de la pression atmosphérique, et préférentiellement inférieure de 700 millibars vis-à-vis de la pression atmosphérique.
- [0024] Enfin, le module de gestion de flux permet également un contrôle fin des conditions de déshydratation du produit qui est traité, afin d'en conserver les propriétés souhaitées (par exemple gustatives).
- [0025] Le module de gestion de flux étant configuré pour contrôler une déshydratation sous vide, une dépression est appliquée au niveau de la sortie du dispositif de déshydratation. La déshydratation sous vide permet de la réaliser à basse température, ce qui préserve certaines qualités du produit qui est déshydraté.
- [0026] Le module de gestion peut comporter un dispositif de compression du fluide porteur, adapté à relever la pression dudit fluide porteur entre l'interface d'entrée du dispositif de déshydratation et le dispositif assécheur.
- [0027] Ainsi, une fois un système de déshydratation constitué en reliant une enceinte de déshydratation au dispositif de déshydratation, le système de gestion impose deux niveaux de pression dans le système. Une dépression importante, d'au moins 500 millibars vis-à-vis de la pression atmosphérique, est imposée en sortie du dispositif de déshydratation, et donc dans l'enceinte de déshydratation où est situé le produit à déshydrater. Une plus faible dépression, voire idéalement une pression proche de la pression atmosphérique ou même supérieure à celle-ci, est obtenue en entrée du dispositif assécheur.
- [0028] Cela favorise la réduction, par le dispositif assécheur, de la teneur en eau (pression partielle de vapeur d'eau) dans le fluide porteur qui entre dans le dispositif de déshydratation. Ainsi, le dispositif de déshydratation permet l'obtention de conditions de pression différentes et optimisées d'une part pour la déshydratation d'un produit, et d'autre part pour la réduction de la teneur en eau du fluide porteur, en particulier à l'aide d'un piège à eau.
- [0029] Le dispositif de compression du fluide porteur comporte une pompe volumétrique.
- [0030] Une pompe volumétrique adaptée peut être par exemple une pompe à bec ou une pompe à lobes, en particulier une pompe généralement désignée par les expressions anglophones « pompe roots » ou « pompe booster » comportant deux rotors en forme bilobée qui tournent de manière synchronisée et qui est adaptée à fonctionner sous vide. Une telle pompe permet de contrôler le débit d'aspiration en entrée du dispositif.
- [0031] Dans le dispositif de déshydratation un ballon tampon, formant un volume de réception du fluide porteur, peut être interposé entre le dispositif de compression du fluide porteur et l'entrée de la chambre.
- [0032] Le ballon tampon permet de former une réserve de vapeur en surpression comparativement à la pression dans l'enceinte de déshydratation. Cette réserve permet un

meilleur contrôle de la pression dans le dispositif assécheur, et permet d'optimiser le fonctionnement dispositif assécheur.

- [0033] Le module de gestion de flux peut en outre être adapté à contrôler le débit massique de fluide porteur sortant du dispositif de déshydratation par son interface de sortie.
- [0034] Le module de gestion de flux peut en outre être adapté à contrôler la température du fluide porteur sortant du dispositif de déshydratation par son interface de sortie.
- [0035] La sortie de la chambre peut être liée fluidiquement à la sortie du dispositif de déshydratation, via le module de gestion de flux.
- [0036] Ainsi, le fluide porteur est en tout ou partie re-circulé, c'est-à-dire que le fluide sortant de l'enceinte de déshydratation est renvoyé dans ladite enceinte de déshydratation après que sa teneur en eau a été abaissée par le dispositif assécheur. La mise en place de cette boucle fermée, ou en partie fermée, permet une meilleure conservation des molécules d'intérêt (typiquement aromatiques) dans les produits déshydratés.
- [0037] Le dispositif assécheur peut comporter un matériau adsorbant, adapté à adsorber de l'eau présente dans le fluide porteur.
- [0038] Le matériau adsorbant utilisé peut notamment comporter une zéolite.
- [0039] Les zéolites sont connues pour leurs performances d'adsorption de l'eau. La zéolite utilisée peut être notamment une zéolite 4 angströms (ou zéolite 4A) c'est-à-dire un type de cristal d'aluminosilicate avec des pores moyens mesurant 4 angströms (0,4 nm).
- [0040] Alternativement d'autres matériaux adsorbants peuvent être utilisés, notamment
 - l'alumine activée (ou oxyde d'aluminium) ;
 - un gel de silice ;
 - un charbon activé ;
 - un tamis moléculaire au carbone (souvent désigné CMS selon l'acronyme anglophone de carbon molecular sieve)
 - un adsorbant
 - un polymère adsorbant (y compris un polymère biosourcé).
- [0041] Le dispositif assécheur peut comporter un système de condensation de la vapeur d'eau présente dans le fluide porteur, par exemple un dispositif à plaques froides.
- [0042] Le module de gestion de flux peut aussi comporter une source de vide permettant de diminuer la pression à l'interface de sortie du dispositif de déshydratation.
- [0043] Le moyen de balayage permet ainsi d'appliquer la pression (c'est-à-dire, en pratique, le niveau de vide) souhaité pour la déshydratation. L'évaporation sous vide ainsi réalisée nécessite un faible apport d'énergie. La source de vide peut comporter une pompe à vide ou un réseau de vide. L'apport de vide est avantageusement réalisé, si nécessaire, selon une consigne. Cette consigne peut notamment être adaptée selon la

nature du produit déshydraté.

- [0044] L'invention porte également sur un système de déshydratation comportant un dispositif de déshydratation tel que décrit ci-dessus et une enceinte de déshydratation, l'enceinte de déshydratation étant équipée d'une interface d'entrée dans l'enceinte de déshydratation reliée fluidiquement à l'interface de sortie du dispositif de déshydratation et une interface de sortie de l'enceinte de déshydratation reliée fluidiquement à l'interface d'entrée du dispositif de déshydratation.
- [0045] L'invention porte donc également sur le système complet, comportant l'enceinte de déshydratation. Cette enceinte peut en particulier être adaptée à la déshydratation de produits alimentaires (ou autres) par évaporation sous vide.
- [0046] L'enceinte de déshydratation peut comporter un ensemble d'étagères de réception de bacs adaptés à contenir un produit à déshydrater.
- [0047] Cette configuration optimise le rapport entre la surface d'évaporation exposée par le produit et le volume de l'enceinte de déshydratation.
- [0048] Le fluide porteur employé peut être, par exemple, de l'air ou de l'azote.
- [0049] L'utilisation d'azote évite l'oxydation du produit qui est déshydraté. Lorsque le système met en œuvre un recyclage du fluide porteur, la consommation d'azote du système reste limitée. L'utilisation de dioxyde de carbone (CO₂) est également possible.
- [0050] Le système de déshydratation peut comporter plusieurs dispositifs assécheurs, chaque dispositif assécheur comportant un matériau adsorbant adapté à adsorber de l'eau présente dans le fluide porteur, le système étant configuré de sorte qu'un des dispositifs assécheurs est utilisé pour réduire la teneur en eau dans le fluide porteur, pendant que le matériau adsorbant d'un autre des dispositifs assécheurs est régénéré, et/ou qu'un autre dispositifs assécheurs est utilisé pour assécher le fluide porteur qui entre dans l'enceinte de déshydratation.
- [0051] Le dispositif peut ainsi fonctionner, en alternant les phases d'adsorption et les phases de régénération sur différents dispositifs assécheurs, par exemple différents pièges à eau. Cela permet d'augmenter fortement le temps d'utilisation de l'enceinte de déshydratation pour déshydrater des produits.
- [0052] L'invention porte enfin sur un procédé d'obtention d'un système de déshydratation tel que décrit ci-dessus, par transformation d'une installation de déshydratation pré-existante. Ce procédé comporte les étapes suivantes :
 - fourniture d'une installation de déshydratation comportant une enceinte de déshydratation ;
- [0053] - fourniture d'un dispositif de déshydratation tel que décrit ci-avant,
- [0054] - retrait des équipements de déshydratation internes de l'enceinte de déshydratation,
- installation sur l'enceinte de déshydratation d'une interface d'entrée de l'enceinte

de déshydratation et d'une interface de sortie de l'enceinte de déshydratation, adaptées à être connectées respectivement à l'interface de sortie du dispositif de déshydratation et à l'interface d'entrée du dispositif de déshydratation,

- connexion de l'interface d'entrée dans l'enceinte de déshydratation à l'interface de sortie du dispositif de déshydratation et connexion de l'interface de sortie de l'enceinte de déshydratation à l'interface d'entrée du dispositif de déshydratation.

[0055] Le dispositif proposé dans l'invention, grâce à son ou ses dispositifs assécheurs déportés de l'enceinte de déshydratation et grâce à sa conception modulaire permet ainsi une modernisation d'installations préexistantes. Cela permet par exemple de convertir des tunnels de lyophilisation en un système de déshydratation conforme à la présente invention.

[0056] D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description ci-après.

[0057] Aux dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs :

la [Fig.1] représente, selon un schéma de principe, un dispositif de déshydratation et un système de déshydratation conformes à des modes de réalisation de la présente invention,

la [Fig.2] représente, selon un schéma industriel simplifié, un système de déshydratation conforme à un mode de réalisation de l'invention.

[0058] La [Fig.1] représente, selon un schéma de principe, un système de déshydratation conforme à un mode de réalisation de la présente invention. Le système de déshydratation comporte un dispositif de déshydratation 1, qui est en premier lieu l'objet de la présente invention, et d'une enceinte de déshydratation 2 à laquelle le dispositif de déshydratation 1 est relié.

[0059] Le dispositif de déshydratation 1 comporte une interface d'entrée du dispositif de déshydratation 3, par laquelle un fluide porteur contenant de l'eau sous forme gazeuse pénètre dans le dispositif de déshydratation en vue de son assèchement. L'interface d'entrée du dispositif de déshydratation 3 est destinée à être liée à une interface de sortie de l'enceinte de déshydratation 4 correspondante. Le fluide porteur est un gaz, qui peut être de l'air ou avantageusement de l'azote.

[0060] L'interface d'entrée du dispositif de déshydratation 3 et l'interface de sortie de l'enceinte de déshydratation 4 assurent une liaison fluide entre l'enceinte de déshydratation 2 et le dispositif de déshydratation 1. Ces interfaces peuvent ainsi prendre diverses formes, elles peuvent être vissées, bridées, soudées, etc.

[0061] Le dispositif de déshydratation comporte un module de gestion de flux 5.

[0062] Le module de gestion de flux 5 a notamment pour fonction d'assurer la circulation du fluide porteur dans le système de déshydratation, et de piloter ainsi le taux d'humidité relative dans l'enceinte de déshydratation 2. Il permet également en cela de contrôler

les débits et la pression dans le dispositif assécheur 6 (décrit ci-après).

- [0063] Dans l'exemple représenté, le module de gestion de flux est lui-même constitué de deux modules inter-opérants, à savoir un module de circulation 7 et un module de balayage 8.
- [0064] Dans l'exemple représenté, le module de circulation 7 est positionné en aval de l'interface d'entrée du dispositif de déshydratation 3. Le module de circulation vise en premier lieu à générer et contrôler le flux de fluide porteur dans le dispositif de déshydratation. Il comporte dans cet exemple un équipement mécanique, de type pompe à rotors (pompe roots), ou tout autre équipement adapté à fonctionner sous forte dépression et à gérer le débit du fluide porteur en sortie de l'enceinte de déshydratation et corollairement en entrée du dispositif assécheur. Cet équipement forme également un dispositif de compression du fluide porteur. Le dispositif de compression permet d'élever la pression du fluide porteur entre l'interface d'entrée du dispositif de déshydratation et le dispositif assécheur.
- [0065] Dans l'ensemble du présent document, la notion d'amont et la notion d'aval s'entend selon la direction d'écoulement du fluide porteur.
- [0066] Optionnellement, un ballon tampon 9 peut être disposé entre l'équipement mécanique du module de circulation 7 et le dispositif assécheur 6. Le ballon tampon 9 permet un meilleur contrôle et un lissage temporel des conditions de fonctionnement du dispositif assécheur 6 (pression et température).
- [0067] L'emploi d'un équipement mécanique a également l'avantage de permettre une recompression du fluide porteur avant son entrée dans le dispositif assécheur.
- [0068] Néanmoins, alternativement, dans un mode de réalisation où le fluide porteur n'est pas (ou pas totalement) recyclé à l'entrée de l'enceinte de déshydratation, comme expliqué ci-après, le module de circulation peut être formé par un dispositif de contrôle du différentiel de pression entre la sortie et l'entrée du dispositif de déshydratation. Dans ce cas c'est essentiellement un jeu de pression entre une source de vide et une mise à l'atmosphère qui peut entraîner le flux de fluide porteur dans l'enceinte de déshydratation 2 et dans le dispositif de déshydratation 1. Dans le cas où le fluide porteur n'est pas recyclé en totalité, ou, de manière générale, s'il est nécessaire de réaliser un apport de fluide porteur dans le système de déshydratation, le fluide porteur introduit peut être de l'air ou un autre gaz asséché dans un deuxième dispositif assécheur 6' du dispositif de déshydratation.
- [0069] Dans tous les modes de réalisation, le module de circulation peut comporter un dispositif de détermination de l'humidité relative du fluide porteur entrant dans le dispositif de déshydratation 1, par exemple un capteur d'humidité, et utiliser cette information pour le pilotage des débits dans le système de déshydratation.
- [0070] Le dispositif de déshydratation comporte, comme évoqué ci-dessus, un dispositif

assécheur 6, destiné à capter l'eau présente dans le fluide porteur issu de l'enceinte de déshydratation.

[0071] Le dispositif assécheur 6 est disposé de manière générale dans une chambre du dispositif de déshydratation.

[0072] Le dispositif assécheur 6 permet de faire baisser la quantité d'eau présente dans le fluide porteur qui est présent autour du dispositif assécheur ou qui le traverse.

[0073] Le dispositif assécheur peut ainsi comporter un dispositif à plaques froides qui provoque la condensation de l'eau présente sous forme de vapeur dans le fluide porteur à la surface desdites plaques froides.

[0074] Le dispositif assécheur peut alternativement comporter un matériau adapté à adsorber une quantité importante d'eau, dit matériau adsorbant, dans des conditions de température et de pression appropriées.

[0075] Les zéolites sont connues pour leur grande capacité à adsorber l'eau, sans prise de volume, et peuvent donc être utilisées comme matériau adsorbant d'un piège à eau.

[0076] Le matériau adsorbant peut être installé dans un panier ou une cassette disposée dans la chambre contenant le dispositif assécheur 6, de sorte à être mis au contact, voire à être traversé le cas échéant, par le fluide porteur chargé de vapeur qui pénètre dans le piège à eau.

[0077] Le module de contrôle de flux 5 comporte en outre un module de balayage 8.

[0078] Le module de balayage 8 permet notamment de contrôler la quantité d'air qui rentre dans l'enceinte de déshydratation 2.

[0079] Il permet également d'en contrôler certaines caractéristiques, à savoir la pression et/ou la température.

[0080] Il permet par exemple de maintenir le niveau de vide souhaité par un appoint de vide réalisé avec une source de vide 10, par exemple une pompe à vide ou une centrale de vide (via un réseau de vide).

[0081] Le dispositif de déshydratation 1 comporte une interface de sortie du dispositif de déshydratation 11, par laquelle le fluide porteur asséché sort du dispositif de déshydratation pour être utilisé pour le séchage ou l'évaporation d'un produit dans une enceinte de déshydratation.

[0082] L'interface de sortie du dispositif de déshydratation 11 est destinée à être liée à une interface d'entrée de l'enceinte de déshydratation 12 correspondante.

[0083] L'interface de sortie du dispositif de déshydratation 11 et l'interface d'entrée de l'enceinte de déshydratation 12 assurent une liaison fluidique entre le dispositif de déshydratation 1 et l'enceinte de déshydratation 2.

[0084] Tout comme l'interface d'entrée du dispositif de déshydratation 3 et l'interface de sortie de l'enceinte de déshydratation 4, ces interfaces peuvent prendre diverses formes, elles peuvent être vissées, bridées, soudées, etc.

- [0085] Les moyens décrits ci-avant du dispositif de déshydratation en permettent le fonctionnement pour déshydrater un produit présent dans une enceinte de déshydratation 2 liée audit dispositif, décrite plus en détail ci-après. Néanmoins, lorsque le dispositif assécheur est un piège à eau, le matériau adsorbant ayant adsorbé une quantité importante d'eau doit être régénéré en le faisant désorber l'eau qu'il contient, afin qu'il recouvre sa capacité d'adsorption.
- [0086] Le dispositif de déshydratation comporte pour cela un module de régénération 13.
- [0087] Le module de régénération 13 permet de mettre le matériau adsorbant du piège à eau dans des conditions de température et de pression adaptées à sa régénération. Le module de régénération peut en particulier être configuré pour réaliser la régénération sous vide.
- [0088] Le module de régénération 13 est sélectionné et configuré selon le mode de fonctionnement général du dispositif de déshydratation. Celui-ci peut avantageusement fonctionner en adsorption aidée par le vide, notamment en adsorption modulée sous vide (VSA selon l'acronyme anglophone de « Vacuum Swing Adsorption »), dans lequel une faible pression est imposée pendant la régénération et une pression relativement plus haute est imposée pendant l'adsorption.
- [0089] Le dispositif de déshydratation ainsi développé est lié (via l'interface d'entrée du dispositif de déshydratation 3 et l'interface de sortie du dispositif de déshydratation 11) à une enceinte de déshydratation 2 afin de former un système de déshydratation conforme à l'invention.
- [0090] L'enceinte de déshydratation 2 peut être produite à dessein, ou peut être alternativement une enceinte préexistante, par exemple un tunnel de lyophilisation que l'on souhaiterait faire évoluer en un système conforme à la présente invention.
- [0091] Dans un tel système, l'enceinte de déshydratation 2 est adaptée à recevoir les produits à déshydrater. Elle est adaptée à fonctionner à la pression visée lors de la déshydratation des produits.
- [0092] Une forme généralement tubulaire est ainsi particulièrement bien adaptée aux systèmes fonctionnant à un niveau de vide important. Cette enceinte peut avoir des dimensions importantes pour permettre la déshydratation de produits à une échelle industrielle. Par exemple, une enceinte tubulaire d'un diamètre intérieur de 2,5 m environ et d'une longueur intérieure de 5m peut être employée. Ces dimensions sont données à simple titre d'exemple. Des systèmes dont la chambre présente un volume bien plus important peuvent notamment être envisagés.
- [0093] L'enceinte 2 comporte une tubulure d'aspiration permettant l'évacuation du fluide porteur chargé d'air (typiquement de l'air et de la vapeur d'eau). La tubulure d'aspiration comporte ainsi l'interface de sortie de l'enceinte 4.
- [0094] L'enceinte 2 comporte une tubulure d'entrée permettant d'assurer l'apport de fluide

porteur permettant d'assurer un flux de balayage dans l'enceinte 2. La tubulure d'entrée comporte ainsi l'interface d'entrée de l'enceinte 12.

- [0095] La disposition de la tubulure d'aspiration et de la tubulure d'entrée (en particulier de leur piquage dans l'enceinte) est choisie pour favoriser un balayage uniforme du volume intérieur de l'enceinte 2.
- [0096] L'enceinte est bien évidemment dotée d'une porte permettant le chargement et le déchargement des produits à déshydrater.
- [0097] Les produits peuvent avantageusement être chargés sur des plateaux ou bacs, adaptés au contact alimentaire le cas échéant. Les produits traités peuvent être sous forme solide ou liquide (y compris pâteuse). La configuration de l'enceinte tend à maximiser la surface d'échange des produits avec le fluide porteur, par exemple avec l'air.
- [0098] Afin de favoriser leur déshydratation, dans un fluide porteur sec, les produits à déshydrater peuvent être chauffés (néanmoins, sous, vide, la déshydratation est réalisée à faible température, ce qui permet de ne pas altérer certaines qualités des produits traités).
- [0099] Enfin, en complément de la faible température de déshydratation et du recyclage complet ou partiel du fluide porteur, un module de préservation moléculaire 14 peut être interposé dans le flux de fluide porteur sortant de l'enceinte. Le module de préservation moléculaire 14 comporte un tamis moléculaire afin que seule l'eau sous forme gazeuse sorte de l'enceinte avec le fluide porteur, et non certaines molécules d'intérêt (composés aromatiques notamment) qui sont ainsi maintenues dans l'environnement du produit en cours de déshydratation. Le module de préservation moléculaire 14, qui est optionnel, peut donc être situé en tout point du flux entre l'enceinte de déshydratation 2 et le module de gestion de flux 5 : dans l'enceinte de déshydratation 2, entre l'enceinte de déshydratation 2 et le dispositif de déshydratation 1, ou à l'entrée du dispositif de déshydratation 1.
- [0100] La [Fig.2] représente, selon un schéma industriel simplifié (la plupart des vannes, capteurs, mise à l'air libre, et systèmes périphériques étant omis), un exemple de système de déshydratation conforme à un mode de réalisation de l'invention.
- [0101] Le système comporte une enceinte de déshydratation 2 dans laquelle le produit à déshydrater est mis en place.
- [0102] Un circuit de chauffage 15 associé à un système thermorégulateur 16 permet de chauffer le produit présent dans l'enceinte de déshydratation 2, à l'aide d'un fluide caloporteur.
- [0103] Le dispositif de déshydratation comporte, dans l'exemple représenté, trois dispositifs assécheurs, à savoir trois pièges à eau 6, 6', 6''. Chaque piège à eau comporte un lit de zéolite 4 angströms en tant que matériau adsorbant. Le fluide porteur utilisé est de l'air, sous basse pression. Le flux est créé dans le dispositif à l'aide d'une pompe à rotor du

module de circulation 7 du module de gestion de flux. Le module de circulation 7 est placé, dans l'exemple représenté, en aval des pièges à eau 6, 6', 6''. Le dispositif de déshydratation est configuré, pour ce qui concerne ces tubulures d'entrée 17 (qui sont liées à l'interface de sortie de l'enceinte 2), de sorte que chaque piège à eau peut être, ou ne pas être, traversé par le fluide porteur et la vapeur d'eau issue de l'enceinte de déshydratation 2. Une vanne est ainsi prévue à l'entrée de chaque piège à eau pour autoriser ou interdire l'entrée du fluide porteur chargé de vapeur d'eau.

- [0104] Notamment, un seul des pièges à eau peut être utilisé pour adsorber l'eau présente dans le fluide porteur issu de l'enceinte 2. En traversant un piège à eau, le fluide porteur est asséché par adsorption de la vapeur d'eau qu'il contient dans la zéolite du piège à eau traversé.
- [0105] Les tubulures de sortie du piège à eau sont fluidiquement liées à l'équipement du module de circulation 7 adapté à créer le flux de fluide porteur. Le fluide porteur circule alors vers le module de balayage 8, via un conduit de retour 18.
- [0106] Le module de balayage 8 pilote le flux de fluide porteur dirigé vers l'interface d'entrée de l'enceinte 2 via une tubulure de sortie 19. Si un appoint de vide est nécessaire, la pression peut être diminuée grâce à la source de vide 9, ici sous la forme d'une pompe à vide.
- [0107] Si un apport de fluide porteur sec est nécessaire, cet apport peut être réalisé via une branche d'apport 20 qui prélève de l'air dans l'atmosphère au travers d'un filtre 21, et l'assèche dans l'un des pièges à eau 6, 6', 6'' du dispositif de déshydratation, différent du piège à eau alors utilisé pour assécher le fluide porteur issu de l'enceinte de déshydratation 2.
- [0108] Ainsi, alternativement au dispositif représenté à la [Fig.2], l'ensemble du fluide porteur sec introduit dans l'enceinte peut être issu de la branche d'apport 20, tandis qu'il n'y a pas de conduit de retour 18 et que le module de circulation comporte une pompe à vide (en tant qu'équipement pour générer le flux) qui rejette le fluide porteur asséché dans l'atmosphère.
- [0109] Enfin, tandis qu'un des pièges à eau 6, 6', 6'' est utilisé pour récupérer l'eau issue du produit contenu dans l'enceinte de déshydratation, et optionnellement un autre est utilisé pour un apport de fluide porteur sec, un piège à eau peut être simultanément régénéré. Pour cela le module de régénération 13 assure le chauffage de l'air aspiré dans le piège à eau en régénération, tandis que la source de vide permet la mise en dépression du piège à eau afin de réaliser une régénération sous vide.
- [0110] L'invention ainsi développée permet donc de former en premier lieu un dispositif de déshydratation, adapté à former un système de déshydratation lorsqu'il est associé à une enceinte de déshydratation adaptée. L'emploi d'un module de balayage permet de contrôler les conditions de déshydratation du produit qui est traité, afin d'en conserver

les propriétés souhaitées (par exemple gustatives). Il permet aussi d'optimiser les conditions d'adsorption de l'eau par le matériau adsorbant du piège à eau. Il permet enfin une optimisation énergétique du procédé de déshydratation. L'approche modulaire proposée dans l'invention, ainsi que le déport des pièges à eau vis-à-vis de l'enceinte (permis par des moyens de circulation adaptés à créer un flux sous faible pression), permet également d'envisager de faire évoluer des installations de déshydratation existantes vers un système conforme à la présente invention.

Revendications

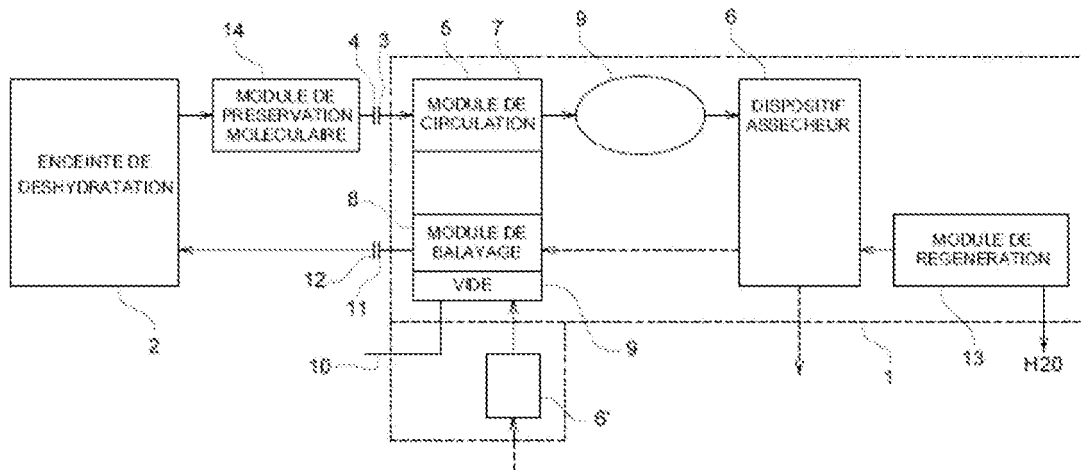
- [Revendication 1] Dispositif de déshydratation comportant
- une chambre et un dispositif assécheur (6) adapté à réduire la pression partielle de vapeur d'eau d'un fluide porteur lorsque ledit fluide porteur est au contact dudit dispositif assécheur (6) ou le traverse, ledit dispositif assécheur (6) étant placé dans ladite chambre, caractérisé en ce que la chambre comporte une entrée et une sortie distinctes et agencées de sorte que le fluide porteur chargé d'eau entrant dans la chambre par ladite entrée vient au contact ou traverse le dispositif assécheur (6) et ressort par la sortie avec une moindre teneur en eau,
- le dispositif de déshydratation comportant également :
- une interface d'entrée du dispositif de déshydratation (3) adaptée à être reliée à une interface correspondante de sortie d'une enceinte de déshydratation (4),
 - une interface de sortie du dispositif de déshydratation (11) adaptée à être reliée à une interface correspondante d'entrée de l'enceinte de déshydratation (12),
 - un module de gestion de flux (5), adapté à générer et piloter le flux de fluide porteur dans le dispositif de déshydratation,
 - ledit module de gestion de flux (5) étant configuré pour appliquer, à la sortie du dispositif de déshydratation, une pression d'au moins 500 millibars inférieure à la pression atmosphérique, et pour contrôler l'humidité relative dans le fluide porteur à la sortie du dispositif de déshydratation,
- et dans lequel le module de gestion de flux (5) comporte un dispositif de compression du fluide porteur, adapté à relever la pression dudit fluide porteur entre l'interface d'entrée du dispositif de déshydratation et le dispositif assécheur (6).
- [Revendication 2] Dispositif de déshydratation selon la revendication 1, dans lequel le dispositif de compression du fluide porteur comporte une pompe volumétrique.
- [Revendication 3] Dispositif de déshydratation selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel un ballon tampon (9), formant un volume de réception du fluide porteur, est interposé entre le dispositif de compression du fluide porteur et l'entrée de la chambre.
- [Revendication 4] Dispositif de déshydratation selon l'une des revendications précédentes,

- dans lequel le module de gestion de flux (5) est adapté à contrôler le débit massique de fluide porteur sortant du dispositif de déshydratation par l'interface de sortie du dispositif de déshydratation (11).
- [Revendication 5] Dispositif de déshydratation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le module de gestion de flux (5) est adapté à contrôler la température du fluide porteur sortant du dispositif de déshydratation par l'interface de sortie du dispositif de déshydratation (11).
- [Revendication 6] Dispositif de déshydratation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la sortie de la chambre est liée fluidiquement à la sortie du dispositif de déshydratation, via le module de gestion de flux (5).
- [Revendication 7] Dispositif de déshydratation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dispositif assécheur (6) comporte un matériau adsorbant, adapté à adsorber de l'eau présente dans le fluide porteur.
- [Revendication 8] Dispositif de déshydratation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dispositif assécheur (6) comporte un système de condensation de la vapeur d'eau présente dans le fluide porteur, par exemple un dispositif à plaques froides.
- [Revendication 9] Dispositif de déshydratation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le module de gestion de flux (5) comporte une source de vide (10) permettant de diminuer la pression à l'interface de sortie du dispositif de déshydratation.
- [Revendication 10] Système de déshydratation comportant un dispositif de déshydratation selon l'une des revendications précédentes et une enceinte de déshydratation (2), l'enceinte de déshydratation (2) étant équipée d'une interface d'entrée dans l'enceinte (12) reliée fluidiquement à l'interface de sortie du dispositif de déshydratation (11) et une interface de sortie de l'enceinte (4) reliée fluidiquement à l'interface d'entrée du dispositif de déshydratation (3).
- [Revendication 11] Système de déshydratation selon la revendication 11, dans lequel l'enceinte de déshydratation (2) comporte un ensemble d'étagères de réception de bacs adaptés à contenir un produit à déshydrater.
- [Revendication 12] Système de déshydratation selon la revendication 10 ou la revendication 11, dans lequel le fluide porteur est de l'air ou de l'azote.
- [Revendication 13] Système de déshydratation selon l'une des revendications 10 à 12, comportant plusieurs dispositifs assécheurs (6, 6', 6''), chaque dispositif assécheur (6) comportant un matériau adsorbant adapté à adsorber de l'eau présente dans le fluide porteur, le système étant configuré de sorte qu'un des dispositifs assécheurs est utilisé pour réduire la teneur en eau

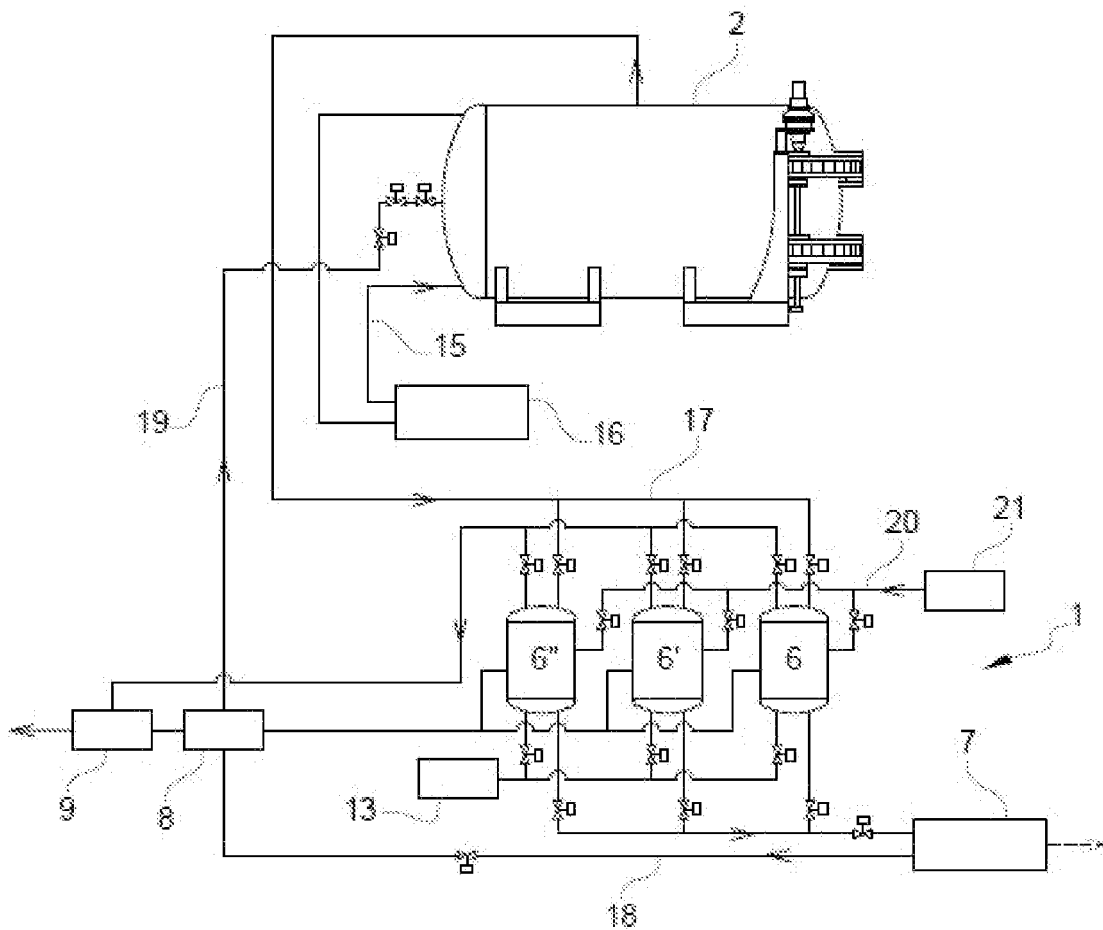
dans le fluide porteur, pendant que le matériau adsorbant d'un autre des dispositifs assécheurs est régénéré, et/ou qu'un autre des dispositifs assécheurs est utilisé pour assécher le fluide porteur qui entre dans l'enceinte de déshydratation.

- [Revendication 14] Procédé d'obtention d'un système de déshydratation selon l'une des revendications 10 à 13 par transformation d'une installation de déshydratation préexistante, le procédé comportant les étapes suivantes :
- fourniture d'une installation de déshydratation comportant une enceinte de déshydratation (2) ;
 - fourniture d'un dispositif de déshydratation conforme à l'une des revendications 1 à 10,
 - retrait des équipements de déshydratation internes de l'enceinte de déshydratation (2),
 - installation sur l'enceinte de déshydratation (2) d'une interface d'entrée de l'enceinte de déshydratation (12) et d'une interface de sortie de l'enceinte de déshydratation (4), adaptées à être connectées respectivement à l'interface de sortie du dispositif de déshydratation (11) et à l'interface d'entrée du dispositif de déshydratation (3),
 - connexion de l'interface d'entrée de l'enceinte de déshydratation (12) à l'interface de sortie du dispositif de déshydratation (11) et connexion de l'interface de sortie de l'enceinte de déshydratation (4) à l'interface d'entrée du dispositif de déshydratation (3).

[Fig. 1]



[Fig. 2]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

WO 2004/043574 A1 (WIEDL ALFRED [AT]; FREH ALFRED [AT]; REITERBAUER ALOIS [AT])
27 mai 2004 (2004-05-27)

WO 2012/034147 A1 (FREH ALFRED [AT]; REITERBAUER ALOIS [AT])
22 mars 2012 (2012-03-22)

CN 114 576 986 A (ENERGY SAVING AND ENVIRONMENT FRIENDLY LTD RESPONSIBILITY COMPANY FOR) 3 juin 2022 (2022-06-03)

ROUSTEL ET AL: "F 3010 Zéodratation",
TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR. TI700 -
AGROALIMENTAIRE, TECHNIQUES DE L'INGENIEUR
L'EXPERTISE TECHNIQUE ET SCIENTIFIQUE DE
RÉFÉRENCE, FR

,
vol. F3010 V1
10 février 2011 (2011-02-10), pages 1-6,
XP009512264,
ISSN: 1963-0840
Extrait de l'Internet:
URL: <https://www.techniques-ingenieur.fr/basse-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-t2/operations-unitaires-du-genie-industrie-l-alimentaire-42430210/zeodratation-f3010/>

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT