

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

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2019/206842 A1**

(43) Date de la publication internationale  
31 octobre 2019 (31.10.2019)

WIPO | PCT

(51) Classification internationale des brevets :

*B01D 15/18* (2006.01)      *C13K 1/00* (2006.01)  
*B01D 15/36* (2006.01)      *C13K 11/00* (2006.01)  
*C13B 20/14* (2011.01)

(72) Inventeurs : **VALERY, Eric** ; 153 Cours du Docteur Long,  
69003 Lyon (FR). **PRIEUR, Cédric** ; 22 rue René Cassin,  
69740 Genas (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2019/060255

(74) Mandataire : **BANDPAY & GREUTER** ; 30 rue Notre  
Dame des Victoires, 75002 Paris (FR).

(22) Date de dépôt international :

22 avril 2019 (22.04.2019)

(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, 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.

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

18305503.7      23 avril 2018 (23.04.2018)      EP

(71) Déposant : **NOVASEP PROCESS** [FR/FR] ; Site Eiffel -  
boulevard de la Moselle, 54340 Pompey (FR).

(54) Title: METHOD FOR CHROMATOGRAPHIC PURIFICATION OF VISCOUS LOADS

(54) Titre : PROCÉDE DE PURIFICATION CHROMATOGRAPHIQUE DE CHARGES VISQUEUSES

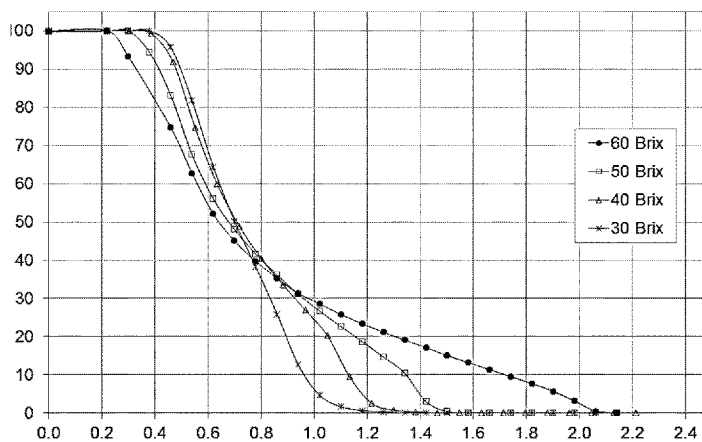


Fig. 1

(57) Abstract: The invention concerns a method for purifying a mixture to be separated, in a multi-column chromatographic system, the method comprising successively, in a cyclic manner: - a step of collecting a refinement, a step of injecting the mixture to be separated, a step of collecting an extract and a step of injecting eluent, at an operating temperature; wherein the mixture to be separated has a viscosity at 20°C greater than or equal to 3 mPa.s; and wherein the mass concentration of dry matter of the mixture to be separated is equal to close to 5% at a threshold concentration, said threshold concentration being such that: - the viscosity of the mixture to be treated, at a mass concentration of dry matter equal to the threshold concentration and at the operating temperature, is equal to twice the viscosity of the mixture to be treated, at a mass concentration of dry matter equal to 85% of the threshold concentration and at the operating temperature.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de purification d'un mélange à séparer, dans un système de chromatographie multicolumnes, le procédé comprenant successivement, de manière cyclique : - une étape de collecte d'un raffiné, une étape d'injection du mélange à séparer, une étape de collecte d'un extrait et une étape d'injection d'éluant, à une température de fonctionnement; dans lequel le mélange à séparer présente une viscosité à 20°C supérieure ou égale à 3 mPa.s; et dans lequel la concentration massique en matière sèche du mélange à séparer est égale, à 5 % près, à une concentration seuil, ladite concentration seuil étant telle que : - la viscosité du mélange à traiter, à une concentration massique en matière sèche égale à la concentration seuil et à la température de fonctionnement,

**(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), eurasién (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))



une plus grande efficacité (et par exemple avec une moindre consommation énergétique).

Plus généralement, il existe un besoin de purifier des mélanges à séparer visqueux avec une efficacité améliorée (par exemple avec une  
5 moindre consommation énergétique) et/ou avec des dimensions de colonnes de chromatographie réduites.

### RESUME DE L'INVENTION

L'invention concerne en premier lieu un procédé de purification d'un  
10 mélange à séparer, dans un système de chromatographie multicolonne, le procédé comprenant successivement, de manière cyclique :

- une étape de collecte d'un raffinat, une étape d'injection du mélange à séparer, une étape de collecte d'un extrait et une étape d'injection d'éluant, à une température de fonctionnement ;

15 dans lequel le mélange à séparer présente une viscosité à 20°C supérieure ou égale à 3 mPa.s ; et dans lequel la concentration massique en matière sèche du mélange à séparer est égale, à 5 % près, à une concentration seuil, ladite concentration seuil étant telle que :

- la viscosité du mélange à traiter, à une concentration massique en  
20 matière sèche égale à la concentration seuil et à la température de fonctionnement, est égale au double de la viscosité du mélange à traiter, à une concentration massique en matière sèche égale à 85 % de la concentration seuil et à la température de fonctionnement.

25 Dans des modes de réalisation, la concentration massique en matière sèche du mélange à séparer est égale, à 2 % près, à la concentration seuil, et de préférence la concentration massique en matière sèche du mélange à séparer est approximativement égale à la concentration seuil.

Dans des modes de réalisation, la température de fonctionnement est  
30 supérieure ou égale à 50°C, de préférence supérieure ou égale à 55°C, et de préférence encore supérieure ou égale à 60°C.

Dans des modes de réalisation, le système de chromatographie multicolonne comprend de 4 à 6 cellules ; et/ou comprend des colonnes ayant une longueur de 1,0 à 2,6 m, de préférence de 1,4 à 2,0 m.

35 Dans des modes de réalisation :

- le volume d'éluant injecté est de 0,12 à 0,22 BV ; et/ou
- le volume de mélange à séparer injecté est de 0,13 à 0,40 BV.

Dans des modes de réalisation, l'éluant est de l'eau ; et de préférence le mélange à séparer est une composition aqueuse comprenant des sucres.

5 Dans des modes de réalisation, le mélange à séparer présente une concentration massique en matière sèche de 45 à 55 %, et de préférence d'environ 50 %.

Dans des modes de réalisation, le mélange à séparer comprend du glucose et du fructose, l'extrait étant enrichi en fructose et le raffinat étant enrichi en glucose.

10 Dans des modes de réalisation, l'extrait contient une proportion massique de fructose, par rapport à la matière sèche totale, supérieure ou égale à 95 %, de préférence supérieure ou égale à 98 %.

Dans des modes de réalisation, au moins 85 % en masse du fructose contenu dans le mélange à séparer est récupéré dans l'extrait.

15 Dans des modes de réalisation, le mélange à séparer comprend :

- une proportion massique de glucose par rapport à la matière sèche totale de 40 à 65 %, de préférence de 45 à 60 %, de préférence encore de 50 à 55 % ; et / ou
- une proportion massique de fructose par rapport à la matière sèche totale de 30 à 55 %, de préférence de 35 à 50 %, de

20 préférence encore de 40 à 45 %.

Dans des modes de réalisation, le système de chromatographie multicolonne comprend une pluralité de colonnes et des liaisons fluidiques inter-colonnes, et la vitesse des fluides dans les liaisons fluidiques inter-colonnes est supérieure à 0,5 m/s, de préférence supérieure à 1 m/s et de

25 préférence encore supérieure à 1,5 m/s.

Dans des modes de réalisation, le système de chromatographie multicolonne comprend une pluralité de colonnes et des liaisons fluidiques inter-colonnes, et le volume des liaisons fluidiques inter-colonnes est inférieur à 10 %, de préférence inférieur à 5 % et de préférence inférieur à

30 3 % du volume des colonnes.

L'invention a également pour objet un procédé de préparation de production d'une composition de fructose comprenant les étapes successives suivantes :

35 – fourniture d'une composition initiale ;

- hydrolyse, isomérisation, concentration par évaporation et/ou déminéralisation de la composition initiale pour obtenir une composition intermédiaire ;

- purification de la composition intermédiaire en tant que mélange à séparer selon le procédé décrit ci-dessus, permettant d'obtenir un raffinat riche en glucose et un extrait riche en fructose ;
- concentration de l'extrait par évaporation d'eau.

5 Dans des modes de réalisation, le procédé comprend en outre une étape d'élimination de couleur résiduelle de l'extrait avant l'étape de concentration de l'extrait, de préférence par résine échangeuse d'ions et/ou par charbon actif ainsi que, de préférence, une étape de filtration stérile.

10 Dans des modes de réalisation, le raffinat est recyclé et ajouté à la composition initiale avant l'étape de concentration de la composition initiale.

Dans des modes de réalisation :

- la composition initiale présente une concentration massique en matière sèche de 25 à 35 %, de préférence d'environ 31 % ; et/ou
- la composition initiale concentrée présente une concentration massique en matière sèche supérieure ou égale à 40 % ; et/ou
- 15 – la composition intermédiaire comprend au moins 40 % en masse de fructose par rapport à la matière sèche totale ; et/ou
- la composition de fructose obtenue présente une concentration massique en matière sèche supérieure ou égale à 75 %, de
- 20 préférence de 77 % environ.

Dans des modes de réalisation :

- la composition de fructose produite contient une proportion massique de fructose, par rapport à la matière sèche totale, supérieure ou égale à 95 %, de préférence supérieure ou égale à
- 25 98 % ; ou
- une partie de la composition intermédiaire est prélevée avant l'étape de purification et ajoutée à l'extrait avant l'étape de concentration de l'extrait, la composition de fructose produite contenant de préférence une proportion massique de fructose, par
- 30 rapport à la matière sèche totale, de 50 à 60 %, de préférence encore de 54 à 56 % ; et le rapport volumique de la partie de composition intermédiaire prélevée sur la composition intermédiaire totale étant de préférence de 0,4 à 0,6, de
- 35 préférence encore de 0,45 à 0,55, de préférence de 0,49.

Dans des modes de réalisation, le procédé comprend l'injection d'eau en tant qu'éluant dans l'étape de purification, le rapport du débit massique d'éluant sur le débit massique de matière sèche de composition de fructose produite étant de 0,5 à 1,3, de préférence de 0,6 à 1,2.

La présente invention permet de répondre au besoin exprimé dans l'état de la technique. Elle fournit plus particulièrement un procédé de purification d'un mélange à séparer visqueux, présentant une efficacité améliorée (par exemple avec une moindre consommation énergétique).

5 En particulier, l'invention est applicable à un procédé de production d'une composition à base de fructose, telle qu'une composition HFS 55 ou HFS 95, et elle permet de rendre ce procédé plus efficace.

L'invention repose sur la constatation que, lorsqu'une colonne chromatographique est chargée avec un mélange à séparer visqueux, tel qu'une solution de sucre, une élution par un fluide moins visqueux tel que de l'eau donne lieu à un phénomène de digitation visqueuse. Des veines de liquide peu visqueux se créent dans la colonne et la traversent, nuisant à un rinçage uniforme sur toute la section de la colonne. Ce phénomène peut se traduire par une baisse dramatique de l'efficacité de la colonne et donc des puretés et/ou des rendements obtenus.

Réduire la concentration du mélange à séparer permet de réduire la viscosité de celui-ci et donc de limiter le phénomène de digitation visqueuse. En revanche, réduire la concentration du mélange à séparer tend par ailleurs à réduire la performance de la séparation.

20 De manière générale, dans un procédé de séparation industriel, l'usage est d'opérer à la concentration la plus élevée possible pour le mélange à séparer. Il est fait référence à cet égard à *Chromatographic Processes, Modeling, Simulation and Design*, par Roger Marc Nicoud, Cambridge University Press, 2015, p.530-531. Il est expliqué dans cet ouvrage que la concentration de la charge doit être aussi élevée que possible, une limite haute de cette concentration étant associée à des risques de miscibilité ou à une pression trop importante dans la colonne.

A la différence de l'usage habituel, la présente invention permet une séparation optimale, en travaillant à une concentration optimale ou quasi-optimale compte tenu de la digitation visqueuse (c'est-à-dire en travaillant dans une gamme de concentration la plus élevée possible, sans toutefois obtenir un effet de digitation visqueuse significatif).

L'invention permet donc éventuellement de réduire le volume d'éluant consommé (et donc la consommation énergétique), et/ou de réduire le volume de phase stationnaire utilisé, et/ou d'augmenter le volume de charge à traiter, et/ou de réduire la taille des colonnes chromatographiques, et ce le cas échéant avec une installation de production plus compacte et moins onéreuse.

### BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

La **figure 1** est un graphe illustrant le phénomène de digitation, en montrant différents fronts d'élution de compositions de sucre à différentes concentrations, dans une colonne chromatographique. La concentration massique en sucre de la solution prélevée en sortie de colonne figure en ordonnée (en pourcentage par rapport à la concentration de la charge), et le volume d'éluant figure en abscisse (en BV).

La **figure 2** représente de manière schématique un système chromatographique SSMB susceptible d'être utilisé pour mettre en œuvre le procédé de l'invention.

La **figure 3** représente de manière schématique une installation pour la production d'une composition de fructose dans certains modes de réalisation.

La **figure 4** représente de manière schématique une installation pour la production d'une composition de fructose dans d'autres modes de réalisation.

### DESCRIPTION DE MODES DE REALISATION DE L'INVENTION

L'invention est maintenant décrite plus en détail et de façon non limitative dans la description qui suit.

#### Mise en évidence du phénomène de digitation

Le phénomène de digitation mentionné ci-dessus peut être mis en évidence par exemple en saturant une colonne de chromatographie avec une charge visqueuse, par exemple une solution aqueuse de sucre, puis en procédant à une élution, par exemple avec de l'eau.

La **figure 1** montre l'allure des fronts d'élution ainsi obtenus, avec des charges allant de 60 à 30 degrés Brix.

Dans cet exemple, à 60 Brix, le sucre dilué commence à sortir de la colonne à un volume d'éluant de 0,3 BV, et le rinçage à l'eau de la colonne est terminé pour un volume d'éluant supérieur à 2 BV. A 30 Brix, le front de rinçage est beaucoup plus resserré. Le même test effectué à 20 Brix montre exactement la même courbe qu'à 30 Brix. Ainsi, le phénomène de digitation est totalement éliminé si l'on utilise une charge de sucre inférieure ou égale à 30 Brix.

De manière générale, la performance d'une séparation chromatographique diminue si l'on dilue la charge ; toutefois, dans la mesure

où la dilution réduit le phénomène de digitation, cette perte de performance peut être compensée, jusqu'à un certain degré de dilution. L'invention a pour objet d'opérer la séparation chromatographique à une concentration de charge optimale, ou quasiment optimale.

5 Les présents inventeurs ont trouvé de façon empirique comment déterminer cette concentration de charge optimale, à une température donnée T. Cette concentration optimale, que l'on peut qualifier de concentration limite de digitation  $C_d$ , peut être déterminée en mesurant la viscosité de la charge à différentes concentrations en matière sèche, c'est-à-dire à différents degrés de dilution. La concentration  $C_d$  est définie comme  
10 étant celle à laquelle la viscosité de la charge ( $\eta$ ) est égale au double de la viscosité de la charge à une concentration réduite de 15 % par rapport à  $C_d$ . Dit autrement, la concentration  $C_d$  est celle pour laquelle l'égalité suivante est vérifiée :  $\eta(C_d, T) = 2 \times \eta(0,85 \times C_d, T)$ . Il a été constaté que la concentration  
15  $C_d$  est celle à partir de laquelle (c'est-à-dire en dessous de laquelle) l'impact de la digitation devient extrêmement faible.

A des concentrations  $C > C_d$ , on constate que  $\eta(C, T)$  est supérieur à  $2 \times \eta(0,85 \times C, T)$ . Dans ce régime, l'impact de la digitation est non-négligeable et dégrade les performances de la séparation  
20 chromatographique.

A des concentrations  $C < C_d$ , on constate que  $\eta(C, T)$  est inférieur à  $2 \times \eta(0,85 \times C, T)$ . Dans ce régime, l'impact de la digitation est négligeable, mais il n'est pas favorable de travailler à des concentrations trop faibles en raison de la dégradation des performances que cela entraîne.

25 La viscosité dont il est question dans la présente demande est la viscosité dynamique exprimée par exemple en mPa.s.

Le document *Viscosities of Sucrose Solutions at Various Temperatures: Tables of Recalculated Values, Supplement to National Bureau of Standards Circular 440*, daté du 31 juillet 1958 (J.F. Swindells et  
30 al.), est un exemple de compilation de valeurs de viscosité obtenues pour des solutions sucrées à des concentrations et à des températures différentes. A partir de données de ce type, il est possible de calculer la concentration  $C_d$  pour une composition donnée.

35 Dans le cadre de l'invention, la charge à traiter comprend de la matière sèche dans un solvant. De préférence, ce solvant est de l'eau ou une solution aqueuse. Il est entendu que, dans les explications qui précèdent, les mesures de viscosité à différentes concentrations de la charge (ou à différents degrés de dilution de la charge) sont effectuées avec le même

5 solvant. Par exemple, à partir d'une composition aqueuse à une concentration massique en matière de sèche donnée, il est possible d'obtenir une composition aqueuse de concentration massique en matière de sèche supérieure par évaporation, ou au contraire une composition aqueuse de concentration massique en matière de sèche inférieure par dilution avec de l'eau additionnelle.

Le phénomène de digitation décrit ci-dessus a également été observé par les présents inventeurs sur de nombreux autres mélanges comportant une viscosité relativement élevée, du fait de la présence d'au moins un composé dans le mélange conférant une telle viscosité relativement élevée, tel que notamment un glycol (par exemple monoéthylène glycol), un monosaccharide en C5 ou C6 (par exemple arabinose, maltose, glucose, xylose, fructose, allulose, ribose), un disaccharide ou oligosaccharide (par exemple gluco-oligosaccharide, fructo-oligosaccharide), ou un polyol (par exemple glycérol, érythritol, cyclitol).

L'invention s'applique donc en particulier à la purification d'un composé ci-dessus vis-à-vis d'un autre composé ci-dessus ; ou à la purification d'un composé ci-dessus vis-à-vis de composés sans impact notable sur la viscosité du mélange à séparer (par exemple des sels ou acides organiques).

#### Purification chromatographique

La purification chromatographique de l'invention est effectuée dans un ensemble de plusieurs colonnes de chromatographie contenant une phase stationnaire, avec successivement, de manière cyclique, dans une partie donnée du système :

- une étape de collecte d'un raffinat, une étape d'injection du mélange à séparer, une étape de collecte d'un extrait et une étape d'injection d'éluant.

Les différentes étapes ci-dessus se succèdent temporellement dans une partie du système. La partie en question du système est de préférence située entre la sortie d'une colonne et l'entrée de la colonne suivante. Alternativement, la partie en question du système peut inclure une colonne ou une partie de colonne.

A un instant donné, une ou plusieurs des étapes ci-dessus peuvent être simultanément mises en œuvre dans une ou plusieurs parties du système. Par exemple, toutes ces étapes peuvent être simultanément mises en œuvre dans des parties respectives du système.

Le « *mélange à séparer* », ou « *charge* », ou « *charge à traiter* » est le mélange contenant un produit d'intérêt et au moins une impureté qui est soumis à la purification chromatographique. La purification a vocation à enrichir une fraction (l'extrait ou le raffinat) en ledit produit d'intérêt.

5 Par « *raffinat* », on entend la fraction obtenue par élution qui contient les espèces relativement les moins retenues par la phase stationnaire, et donc dont l'élution est la plus rapide.

Par « *extrait* », on entend la fraction obtenue par élution qui contient les espèces relativement les plus retenues par la phase stationnaire, et donc  
10 dont l'élution est la plus lente.

Par fraction « *enrichie* » en une espèce A et « *appauvrie* » en une espèce B, on entend que le rapport de concentrations molaires espèce A / espèce B dans la fraction est supérieur à celui du flux en entrée de la purification chromatographique (indépendamment des effets de  
15 concentration ou de dilution globale).

L'éluant est un fluide injecté pour déplacer les espèces retenues par la phase stationnaire. Dans l'invention, l'éluant utilisé est de préférence une solution aqueuse, ou de l'eau.

Par « *phase mobile* » on entend le fluide qui se déplace dans les  
20 colonnes du système. Selon sa position, chaque colonne est traversée par un volume de phase mobile dépendant de la zone dans laquelle se trouve la colonne, ce volume pouvant être différent du volume d'éluant qui est injecté dans l'une ou l'autre des colonnes. Dans le cas d'un procédé multicolonne avec des zones identifiées entre les lignes d'entrées et sorties (comme décrit  
25 plus en détail ci-dessous), le terme « *volume de phase mobile* » désigne le volume de fluide qui entre dans une zone. Ce fluide peut être différent de l'éluant au sens strict, mais il contribue au déplacement des produits dans chaque colonne de la zone. On parle ainsi de volume de phase mobile associé à chaque zone. La configuration préférée des zones dans le système  
30 chromatographique est décrite plus en détail ci-après.

Dans certains modes de réalisation avantageux, le système chromatographique comprend des organes de séquençage des lignes d'injection et de collecte. En particulier, le séquençage de ces lignes d'injection et de collecte a lieu sur un cycle de fonctionnement du système.  
35 Dans la présente demande, un « *cycle de fonctionnement* » ou « *cycle* » désigne la durée au bout de laquelle les lignes d'injection et de collecte ont été séquençées jusqu'à revenir à leur position initiale dans le système. Au bout d'un cycle, le système est à nouveau dans sa configuration initiale. Un

cycle comporte en général autant de « *périodes* » que de colonnes. Ainsi le cycle d'un procédé mis en œuvre sur un système à 8 colonnes est composé de 8 périodes successives.

5 L'unité BV (« *Bed Volume* ») permet de mesurer le volume de phase mobile circulant dans chaque zone (ou d'éluant injecté, ou de charge à traiter injectée), rapporté au volume de lit de phase stationnaire dans une colonne. La mesure de ces volumes s'entend par période.

10 La phase stationnaire utilisée dans l'invention peut être une résine cationique, anionique, forte ou faible, ou un mélange de celles-ci, ayant une granulométrie (Dv50) comprise entre 100 et 600  $\mu\text{m}$ , de préférence entre 170 et 400  $\mu\text{m}$ .

La purification chromatographique de l'invention est mise en œuvre dans un système chromatographique multicolonne. De préférence, le système chromatographique comprend de 4 à 10 colonnes.

15 De préférence, la purification chromatographique de l'invention de l'invention est mise en œuvre de façon continue.

De préférence, la purification chromatographique de l'invention est un procédé chromatographique périodique à accumulation.

20 Par « *procédé à accumulation* », on entend un procédé chromatographique dans lequel l'injection du mélange à séparer (flux de départ) est intercalée ou additionnée à un profil de concentration non nulle passant de la sortie à l'entrée d'une colonne.

Des exemples de tels procédés à accumulation sont les procédés AMB, SMB, VariCol, Powerfeed, ModiCon, iSMB ou SSMB.

25 Le procédé à lit mobile simulé (ou SMB, pour « *simulated moving bed* ») est un procédé multicolonne continu, l'injection de mélange à séparer étant effectuée sur l'ensemble d'un cycle.

30 Le procédé SMB peut être notamment un procédé SMB à quatre zones. Dans ce cas, le système comporte un ensemble de colonnes montées en série et en boucle fermée, la sortie d'une colonne étant reliée à une entrée de colonne suivante. Le système comprend au moins une ligne d'injection de mélange à séparer, une ligne de collecte de raffinat, une ligne d'injection d'éluant et une ligne de collecte d'extrait. Les lignes d'injection (de flux de départ et d'éluant) et les lignes de collecte de fractions se déplacent  
35 périodiquement et de manière synchrone (séquençage synchrone) au sein de la boucle dans la direction de l'écoulement du fluide circulant à travers la boucle. La durée entre deux décalages de l'ensemble des lignes d'injection et de collecte d'une colonne correspond à une période ; au bout d'un cycle

tous les points sont revenus à leur position initiale, le système ayant un fonctionnement cyclique. Un cycle comporte autant de périodes que de colonnes.

Un système AMB (lit mobile réel, ou « *actual moving bed* ») présente un fonctionnement similaire à un système SMB. Toutefois, au lieu de déplacer les points d'injection du flux d'alimentation et de l'éluant, ainsi que des points de collecte, au moyen d'un système de vannes, un ensemble d'unités d'adsorption (colonnes) sont déplacées physiquement par rapport aux points d'alimentation et de collecte. A nouveau, le fonctionnement permet de simuler un lit mobile continu à contre-courant.

La purification chromatographique de l'invention peut être un procédé à injection continue du mélange à séparer (c'est-à-dire un procédé dans lequel l'injection du mélange à séparer est un flux continu). L'injection du mélange à séparer est alors effectuée pendant toute la durée du cycle. La purification chromatographique de l'invention peut également être un procédé à injection quasi-continue du mélange à séparer.

Alternativement, la purification chromatographique de l'invention peut être un procédé dans lequel l'injection du mélange à séparer (flux de départ) est discontinue. Dans ces procédés, l'injection du mélange à séparer n'est pas faite sur l'ensemble d'un cycle mais pendant une durée totale inférieure à un cycle. On peut citer comme procédé à injection discontinue de mélange à séparer le procédé iSMB (« *improved simulated moving bed* » ou SMB amélioré en français), décrit dans les documents EP 0342629 et US 5,064,539, auxquels il est fait expressément référence. Dans ce procédé, dans une étape le système fonctionne en boucle fermée, sans injection ou collecte de produit.

Le procédé SMB séquentiel, ou SSMB (« *sequential simulated moving bed* ») est un autre exemple préféré. Un système SSMB découpe les introductions et collectes des flux en sous séquences appliquées de façons périodiques. Un système SSMB est par exemple décrit dans le document WO 2015/104464.

De préférence, la purification chromatographique de l'invention est un procédé de type SSMB.

Le système chromatographique comprend de préférence des zones 1, 2, 3 et 4 : la zone 1 est située entre une ligne d'injection d'éluant et une ligne de collecte de l'extrait ; la zone 2 est située entre la ligne de collecte de l'extrait et une ligne d'injection du mélange à séparer ; la zone 3 est située entre la ligne d'injection du mélange à séparer et une ligne de collecte du

raffinat ; et la zone 4 est située entre ladite ligne de collecte du raffinat et la ligne d'injection d'éluant.

Un exemple possible de système SSMB utilisable dans l'invention est représenté en référence à la **figure 2**. Dans cet exemple, on utilise six cellules ou colonnes. Ce système peut être opéré selon un fonctionnement cyclique en quatre phases.

- 5  
10  
15  
20  
25  
30  
35
- Phase n°1 (partie A de la figure) : phase de boucle, durant laquelle on maintient une circulation continue en boucle fermée sur toutes les cellules placées en série, pour déplacer le volume interstitiel d'une cellule vers la suivante, sans injection d'éluant. L'homme de l'art observe que le volume de phase mobile déplacé dans cette phase contribue aux zones 1, 2, 3 et 4.
- Phase n°2 (partie B de la figure) : charge / injection de charge. La charge du flux (F) est injectée en tête de la quatrième cellule. Simultanément, on collecte un volume sensiblement identique de raffinat (R) en sortie de la cinquième cellule. Les cellules 4 et 5 constituent ici la zone 3. Les cellules 2 et 3 constituent la zone de séparation entre extrait et injection de charge. Elles constituent ici la zone 2. L'homme de l'art observe que le volume de phase mobile déplacé dans cette phase contribue à la zone 3.
- Phase n°3 (partie B de la figure) : élution de l'extrait. L'éluant (EL) est injecté sur la première cellule pour éluer l'extrait (EX), qui est collecté en volume sensiblement identique au bas de la première cellule. La cellule n°1 constitue ici la zone 1. L'homme de l'art observe que le volume de phase mobile déplacé dans cette phase contribue à la zone 1.
- Les phases n°2 et 3 sont de préférence opérées simultanément pour accroître la productivité du système.
- Phase n°4 (partie C de la figure) : élution du raffinat. L'éluant (EL) est injecté en tête de la première cellule, et le raffinat (R) est collecté en volume sensiblement identique sortie de la cinquième. La cellule n°6 est ici une cellule tampon permettant d'assurer la séparation entre la queue de l'extrait et la tête du raffinat. Elle constitue la zone 4. Cette zone peut être omise dans le cas où le degré de pureté et/ou le rendement recherché est relativement limité. L'homme de l'art observe que le volume de phase mobile déplacé dans cette phase contribue aux zones 1, 2 et 3.

Ces phases sont opérées dans l'ordre dans un mode de réalisation préféré, de 1 à 4. Leur enchaînement constitue une séquence complète (également appelée période).

5 Chaque séquence (phases n°1 à 4) est répétée six fois en décalant les entrées et sorties de cellules par incrémentation du numéro de cellule, de la gauche vers la droite du système : la charge est ainsi injectée en haut de cellule n°1 en séquence n°1, puis en haut de cellule n°2 en séquence n°2, etc.

10 Un cycle de production complet est réalisé après achèvement des six séquences successives, quand le point d'injection de la charge, initialement en entrée de cellule n°1, revient de nouveau en entrée de cellule n°1.

15 Dans ce qui précède, on a donné une description du système SSMB en référence au cas où les cellules correspondent à des colonnes. Ceci n'est pas limitatif, et l'invention s'applique aussi aux systèmes dans lesquels les cellules, ou encore compartiments, sont des parties de colonne.

20 Par ailleurs, le nombre de colonnes présentes en zones 1, 2, 3 et 4 peut varier en fonction de la qualité de séparation désirée. On peut donc concevoir des systèmes du même type avec une cellule, deux cellules, trois cellules, quatre cellules, cinq cellules, six cellules, et jusqu'à douze cellules ou plus.

25 Les colonnes peuvent avoir notamment une longueur de 1 à 2,6 m, à savoir : de 1,0 à 1,2 m, ou de 1,2 à 1,4 m, ou de 1,4 à 1,6 m, ou de 1,6 à 1,8 m, ou de 1,8 à 2,0 m, ou de 2,0 à 2,2 m, ou de 2,2 à 2,4 m, ou de 2,4 à 2,6 m ; une gamme de 1,4 à 2,0 m est considérée comme préférée. La longueur en question est la longueur utile de la colonne, correspondant à la hauteur du lit de phase stationnaire dans la colonne.

30 Comme décrit ci-dessus et comme illustré dans les exemples ci-dessous, l'invention permet d'améliorer la performance de l'installation chromatographique. Toutefois, des pertes de performances peuvent être rencontrées lors d'un changement d'échelle de l'installation. En particulier, lorsque le diamètre des colonnes dépasse environ un mètre de diamètre, il peut être crucial de maîtriser les volumes morts.

35 Les volumes morts correspondent au volume (interne) total des « liaisons fluidiques inter-colonnes », c'est-à-dire des liaisons entre la ou les sorties d'une colonne et la ou les entrées de la colonne suivante. Tout élément se trouvant entre deux colonnes successives, tel qu'un tuyau (ou conduite), une vanne ou une pompe, appartient aux liaisons fluidiques inter-colonnes. Ne sont pas considérés comme relevant des volumes morts les

volumes se trouvant après une vanne de collecte d'extrait ou de raffinat, ou avant des vannes d'injection de charge ou d'éluant (volumes situés entre le système de chromatographie et les réservoirs de charge à injecter, éluant, extrait et raffinat).

5 Il est avantageux que la vitesse des fluides circulant dans les liaisons fluidiques inter-colonnes, et en particulier dans les tuyaux ou conduites de celles-ci, dépasse 0,5 m/s, préférentiellement 1 m/s et de préférence encore 1,5 m/s. La vitesse des fluides considérée ici est la vitesse moyenne (débit divisé par la section transversale).

10 Le contrôle de la vitesse dans les liaisons fluidiques inter-colonnes est effectué par exemple en ajustant le diamètre de ces liaisons pour un débit considéré.

Lorsque l'on traite un mélange à séparer relativement visqueux tel que décrit ci-dessus, le fait d'utiliser des diamètres de liaisons fluidiques  
15 relativement faibles conduit à une augmentation de la vitesse des fluides, mais également de la pression dans l'installation. Par conséquent, la recherche d'un bon couple vitesse des fluides / viscosité des fluides demande un travail d'optimisation. Dans le contexte des mélanges à séparer décrits ci-dessus, il a été trouvé que les vitesses de fluides indiquées ci-  
20 dessus sont adéquates.

Il est également avantageux que le volume total des liaisons fluidiques inter-colonnes soit inférieur à 10 % du volume total des colonnes, de préférence inférieur à 5 %, voire à 3 % du volume total des colonnes. Cela permet d'éviter une baisse des performances pouvant atteindre un à deux  
25 points de pureté ou de rendement. L'ajustement de ces volumes morts peut être effectué en minimisant la longueur totale des liaisons fluidiques inter-colonnes (notamment tuyaux ou conduites).

De préférence, les valeurs de vitesse de fluides et de volumes morts ci-dessus sont associées à des colonnes ayant un diamètre supérieur ou  
30 égal à 1 m (diamètre utile, ou diamètre du lit de phase stationnaire dans les colonnes).

#### Réglage de la purification chromatographique

35 Les débits de fluide dans les différentes colonnes du système chromatographique peuvent être ajustés de sorte à obtenir les paramètres de fonctionnement suivants.

Le rapport du débit massique d'éluant sur le débit massique de matière sèche de l'extrait peut valoir de 0,5 à 0,6 ; ou de 0,6 à 0,7 ; ou de 0,7

à 0,8 ; ou de 0,8 à 0,9 ; ou de 0,9 à 1,0 ; ou de 1,0 à 1,1 ; ou de 1,1 à 1,2 ; ou de 1,2 à 1,3. Des gammes de 0,5 à 1,3, notamment 0,6 à 1,2, sont des exemples de gammes préférées.

5 Le volume d'éluant injecté peut être notamment de 0,12 à 0,14 BV ; ou de 0,14 à 0,16 BV ; ou de 0,16 à 0,18 BV ; ou de 0,18 à 0,20 BV ; ou de 0,20 à 0,22 BV ; ou de 0,22 à 0,24 BV.

10 Le volume de charge à traiter peut être notamment de 0,13 à 0,16 BV ; ou de 0,16 à 0,18 BV ; ou de 0,18 à 0,20 BV ; ou de 0,20 à 0,22 BV ; ou de 0,22 à 0,24 BV ; ou de 0,24 à 0,26 BV ; ou de 0,26 à 0,28 BV ; ou de 0,28 à 0,30 BV ; ou de 0,30 à 0,32 BV ; ou de 0,32 à 0,34 BV ; ou de 0,34 à 0,36 BV ; ou de 0,36 à 0,38 BV ; ou de 0,38 à 0,40 BV.

15 La purification chromatographique est de préférence effectuée à une température (dite température de fonctionnement) supérieure ou égale à 50°C ; et notamment : de 50 à 53°C ; ou de 53 à 55°C ; ou de 55 à 58°C, ou de 58 à 60°C ; ou de 60 à 62°C ; ou de 62 à 65°C ; ou de 65 à 70°C. Une température de 60°C environ est un exemple de température de fonctionnement particulièrement appropriée. La température de fonctionnement ci-dessus correspond à la température moyenne à laquelle  
20 se trouve la phase mobile dans le système chromatographique.

#### Mélange à séparer

25 Le mélange à séparer est une composition comprenant un produit d'intérêt et au moins une impureté, dans un solvant. De préférence le solvant est de l'eau ou une solution aqueuse.

30 Le mélange à séparer présente une viscosité à 20°C supérieure ou égale à 3 mPa.s. Dans certains modes de réalisation préférés, le mélange à séparer présente une viscosité à 60°C de 1 à 40 mPa.s, notamment de 2 à 13 mPa.s. Dans certains modes de réalisations préférés, le mélange à séparer présente une viscosité telle que, si la concentration de mélange à séparer augmente de 15 %, cette viscosité double approximativement.

35 A titre de comparaison, l'éluant présente de préférence une viscosité à 20°C inférieure à 5 mPa.s. La viscosité de l'éluant à 20°C peut ainsi être notamment de 0,1 à 3 mPa.s, de préférence de 0,5 à 2 mPa.s, de préférence encore de 0,8 à 1,2 mPa.s, et idéalement d'environ 1 mPa.s.

Le produit d'intérêt et la ou les impuretés peuvent être notamment choisies parmi :

- les sucres monosaccharides, par exemple le glucose, le fructose, le désoxyribose, le ribose, l'arabinose, le xylose, le lyxose, le ribulose, le xylulose, l'allose, l'altrose, le galactose, le gulose, l'idose, le mannose, le talose, le psicose, le sorbose ou le tagatose, et/ou les sucres polysaccharides, par exemple un galacto-oligosaccharide, un fructo-oligosaccharide ou un hydrolysat de bois, et/ou
- des protéines, et/ou
- des acides aminés, et/ou
- des acides organiques tels que de l'acide citrique, et/ou
- des sels minéraux, et/ou
- des espèces ionisées, et/ou
- des alcools et/ou des glycols, et/ou
- des acides organiques issus de milieux naturels ou enzymatiques ou fermentaires.

Dans certains modes de réalisation, le mélange à séparer comprend un ou plusieurs monosaccharides. De préférence, l'extrait et le raffinat sont enrichis en des monosaccharides différents. Avantageusement, le monosaccharide comporte 5 ou 6 atomes de carbone. De préférence, le monosaccharide est choisi parmi le glucose, le fructose, le désoxyribose, le ribose, l'arabinose, le xylose, le lyxose, le ribulose, le xylulose, l'allose, l'altrose, le galactose, le gulose, l'idose, le mannose, le talose, le psicose, le sorbose, le tagatose et un mélange de ceux-ci.

Dans certains modes de réalisation particulièrement avantageux, le mélange à séparer comprend du glucose et du fructose ; de préférence, l'extrait est enrichi en fructose (et appauvri en glucose) et le raffinat est enrichi en glucose (et appauvri en fructose).

La concentration massique en matière sèche du mélange à séparer est égale, à 5 % près, à la concentration seuil  $C_d$  définie ci-dessus, à la température de fonctionnement de la purification chromatographique. En d'autres termes, la concentration massique en matière sèche du mélange à séparer se situe dans la gamme de  $C_d - 5\%$  à  $C_d + 5\%$ , de préférence de  $C_d - 4\%$  à  $C_d + 4\%$ , de préférence encore de  $C_d - 3\%$  à  $C_d + 3\%$ , de préférence encore de  $C_d - 2\%$  à  $C_d + 2\%$ , de préférence encore de  $C_d - 1\%$  à  $C_d + 1\%$ . Dans certains modes de réalisation, cette concentration peut être approximativement égale à  $C_d$ .

La concentration massique en matière sèche du mélange à séparer peut être notamment de 40 à 58 %, de préférence de 45 à 55 %, de préférence encore de 48 à 52 %, et de préférence encore d'environ 50 %.

5 De manière générale, la concentration massique en matière sèche d'une composition correspond à la masse de matière sèche de la composition rapportée à la masse totale de celle-ci. Lorsqu'il est question de compositions de sucres, la concentration massique en matière sèche est approximativement égale à la teneur en sucres en degrés Brix.

10 Dans certains modes de réalisation, la concentration massique en matière sèche du mélange à séparer est ajustée par concentration (notamment évaporation) ou par dilution (par ajout de solvant, de préférence de l'eau) avant injection, afin de travailler dans les gammes définies ci-dessus.

15 Dans certains modes de réalisation, le mélange à séparer contient les proportions massiques (par rapport à la matière sèche) suivantes :

- de 40 à 65 %, de préférence de 45 à 60 %, de préférence encore de 50 à 55 % et par exemple environ 53 % de glucose ; et / ou
- de 30 à 55 %, de préférence de 35 à 50 %, de préférence encore de 40 à 45 % et par exemple environ 42 % de fructose ; et/ou
- 20 – de 1 à 10 %, de préférence de 3 à 8 %, de préférence encore de 4 à 6 % et par exemple environ 5 % de polysaccharides.

De manière générale, le mélange à séparer peut notamment être toute charge (de préférence d'origine industrielle) contenant du fructose et au moins un autre sucre, tel que du glucose.

25 Le mélange à séparer peut notamment être obtenu par isomérisation et/ou hydrolyse à partir d'une composition de glucose et/ou de saccharose. La composition de glucose et/ou de saccharose peut notamment provenir d'une étape de saccharification d'une matière première telle que du maïs, du blé, de la pomme de terre, de la canne à sucre, des fruits ou d'autres  
30 matières premières végétales. Le mélange à séparer peut aussi provenir d'une liqueur mère de cristallisation issue d'une ligne de sucre cristallisé.

Des étapes de concentration par évaporation et/ou de déminéralisation peuvent être prévues pour obtenir le mélange à séparer.

35 L'invention peut être plus particulièrement appliquée à la production d'une composition de fructose à partir d'une composition initiale comprenant du glucose.

Premier procédé de production d'une composition de fructose

En faisant référence à la **figure 3**, une installation pour la mise en œuvre d'un premier procédé de production de composition de fructose peut par exemple comprendre les éléments suivants :

- une source 101 de composition initiale comprenant du glucose ;
- 5 – un premier évaporateur 102 alimenté par une ligne d'amenée de composition initiale comprenant du glucose 11 issue de la source 101 de composition initiale comprenant du glucose ;
- une ligne de collecte de composition initiale concentrée 12 en sortie du premier évaporateur 102 ;
- 10 – un réacteur d'isomérisation 103 alimenté par la ligne de collecte de composition initiale concentrée 12 ;
- une ligne de collecte de composition intermédiaire 13 en sortie du réacteur d'isomérisation 103 ;
- un deuxième évaporateur 104 alimenté par la ligne de collecte de composition intermédiaire 13 ;
- 15 – une ligne de collecte de composition intermédiaire concentrée 14 en sortie du deuxième évaporateur 104 ;
- un système de chromatographie multicolonne 105 (tel que décrit ci-dessus) alimenté par la ligne de collecte de composition intermédiaire concentrée 14 ainsi que par une ligne d'éluant 18 ;
- 20 – une ligne de collecte d'extrait 19 et une ligne de collecte de raffinat 17 issues du système de chromatographie multicolonne 105, la ligne de collecte de raffinat 17 assurant optionnellement un recyclage vers la ligne d'amenée de composition initiale 11 ;
- 25 – un troisième évaporateur 106 alimenté par une ligne d'alimentation 19a, elle-même alimentée par la ligne de collecte d'extrait 19 ;
- une ligne de collecte de composition de fructose 16 en sortie du troisième évaporateur 106 ;
- 30 – une première ligne de purge 191, une deuxième ligne de purge 192 et une troisième ligne de purge 193 en sortie respectivement du premier évaporateur 102, du deuxième évaporateur 104 et du troisième évaporateur 106 ; et
- 35 – optionnellement, une ligne de dérivation de composition intermédiaire concentrée 15, issue de la ligne de collecte de composition intermédiaire concentrée 14 et alimentant directement la ligne d'alimentation 19a (en combinaison avec la ligne de collecte d'extrait 19) en amont du troisième évaporateur 106. Alternativement, un ou plusieurs dispositifs intermédiaires peuvent

être disposés sur la ligne 15. A titre d'exemple, un bac tampon peut être prévu pour le stockage de la composition intermédiaire.

Ainsi, selon ce procédé, une composition initiale comprenant du glucose subit d'abord une étape de concentration dans le premier évaporateur 102, à l'issue de laquelle on récupère une composition initiale concentrée. Celle-ci est amenée vers le réacteur d'isomérisation 103, au sein duquel une partie du glucose est converti en fructose, dans une étape d'isomérisation. En sortie du réacteur d'isomérisation 103, on récupère une composition dite intermédiaire. Cette composition intermédiaire subit une étape de concentration dans le deuxième évaporateur 104, à l'issue de laquelle on récupère une composition intermédiaire concentrée. Celle-ci est amenée vers le système chromatographique multicolonnes 105, qui est séparément alimenté en éluant, à savoir de l'eau.

Une purification chromatographique est effectuée dans le système chromatographique multicolonnes 105, en sortie duquel on récupère un extrait et un raffinat. Cette purification peut être effectuée comme décrit ci-dessus, la composition intermédiaire concentrée constituant le mélange à séparer.

Le raffinat est enrichi en glucose par rapport à la composition intermédiaire, tandis que l'extrait est enrichi en fructose. Le raffinat peut être recyclé en le combinant avec la composition initiale avant la première étape de concentration.

L'extrait peut être combiné avec une partie de la composition intermédiaire concentrée afin d'ajuster la concentration en fructose à une teneur souhaitée, puis ce flux est soumis à une étape de concentration dans le troisième évaporateur 106, à l'issue de laquelle on récupère la composition de fructose souhaitée. Cela est en particulier utile lorsqu'on souhaite obtenir une pureté finale en fructose peu élevée (par exemple, composition de type HFS 55).

Alternativement, et contrairement à ce qui est illustré sur la figure, l'extrait peut être directement soumis à l'étape de concentration dans le troisième évaporateur 106, à l'issue de laquelle on récupère la composition de fructose souhaitée, sans le combiner à un autre flux. Cela est en particulier utile lorsqu'on souhaite obtenir une pureté finale en fructose élevée (par exemple, composition de type HFS 95).

Dans le cadre de la production de fructose de haute pureté, la ligne de dérivation de composition intermédiaire 15 de la **figure 3** peut être supprimée et la ligne de collecte du raffinat 17 peut permettre un recyclage

vers des unités de saccharification et/ou de déminéralisation en amont de la source 101. Afin d'éviter une concentration de polysaccharides du fait de ce recyclage, il peut être placé sur cette ligne de collecte de raffinat 17 une unité de nanofiltration ou une unité de séparation chromatographique par exemple, afin d'éliminer les polysaccharides.

De l'eau 107 est récupérée à partir de la première ligne de purge 191, de la deuxième ligne de purge 192 et de la troisième ligne de purge 193, et peut être utilisée comme source d'éluant pour le système chromatographique multicolonne 105 ou comme toute autre source d'eau utilisable dans l'installation ou les opérations unitaires proches.

#### Deuxième procédé de production d'une composition de fructose de l'invention

Du fait que l'invention prévoit de travailler avec un mélange à séparer ayant une concentration massique en matière sèche proche de la concentration seuil définie ci-dessus, l'invention rend possible la suppression de l'étape de concentration entre l'isomérisation et la purification chromatographique, et donc la suppression du deuxième évaporateur. Le troisième évaporateur dans le procédé ci-dessus devient alors de préférence le deuxième évaporateur dans le deuxième procédé. De préférence, l'installation contient alors uniquement ces deux évaporateurs (et le procédé correspondant comprend uniquement les deux étapes d'évaporation correspondantes).

Ainsi, en faisant référence à la **figure 4**, un exemple d'installation pour la mise en œuvre du deuxième procédé de production de composition de fructose peut comprendre les éléments suivants :

- une source 201 de composition initiale comprenant du glucose ;
- un premier évaporateur 202 alimenté par une ligne d'amenée de composition initiale comprenant du glucose 21 issue de la source 201 de composition initiale comprenant du glucose ;
- une ligne de collecte de composition initiale concentrée 22 en sortie du premier évaporateur 202 ;
- un réacteur d'isomérisation 203 alimenté par la ligne de collecte de composition initiale concentrée 22 ;
- une ligne de collecte de composition intermédiaire 23 en sortie du réacteur d'isomérisation 203 ;

- un système de chromatographie multicolonne 205 (tel que décrit ci-dessus) alimenté par la ligne de collecte de composition intermédiaire 23 ainsi que par une ligne d'éluant 28 ;
- une ligne de collecte d'extrait 29 et une ligne de collecte de raffinat 27 issues du système de chromatographie multicolonne 5, la ligne de collecte de raffinat 27 assurant optionnellement un recyclage vers la ligne d'amenée de composition initiale 21 ;
- un deuxième évaporateur 206 alimenté par une ligne d'alimentation 29a, elle-même alimentée par la ligne de collecte d'extrait 29 ;
- une ligne de collecte de composition de fructose 26 en sortie du deuxième évaporateur 206 ;
- une première ligne de purge 291 et une deuxième ligne de purge 293 en sortie respectivement du premier évaporateur 202 et du deuxième évaporateur 206 ; et
- optionnellement, une ligne de dérivation de composition intermédiaire 25, issue de la ligne de collecte de composition intermédiaire 23 et alimentant directement la ligne d'alimentation 29a (en combinaison avec la ligne de collecte d'extrait 29) en amont du deuxième évaporateur 206. Alternativement, un ou plusieurs dispositifs intermédiaires peuvent être disposés sur la ligne 25. A titre d'exemple, un bac tampon peut être prévu pour le stockage de la composition intermédiaire.

Ainsi, une composition initiale comprenant du glucose subit d'abord une étape de concentration dans le premier évaporateur 202, à l'issue de laquelle on récupère une composition initiale concentrée. Celle-ci est amenée vers le réacteur d'isomérisation 203, au sein duquel une partie du glucose est converti en fructose, dans une étape d'isomérisation. L'isomérisation du glucose en fructose n'est pas totale. En sortie du réacteur d'isomérisation 203, on récupère une composition dite intermédiaire. Celle-ci est amenée vers le système chromatographique multicolonne 205, qui est séparément alimenté en éluant, à savoir de l'eau.

Une purification chromatographique est effectuée dans le système chromatographique multicolonne 205, en sortie duquel on récupère un extrait et un raffinat. Le raffinat est enrichi en glucose par rapport à la composition intermédiaire, tandis que l'extrait est enrichi en fructose. Le raffinat est optionnellement recyclé en le combinant avec la composition initiale avant la première étape de concentration.

L'extrait peut être combiné avec une partie de la composition intermédiaire afin d'ajuster la concentration en fructose à une teneur souhaitée, puis ce flux est soumis à une étape de concentration dans le troisième évaporateur 206, à l'issue de laquelle on récupère la composition de fructose souhaitée. Cela est en particulier utile lorsqu'on souhaite obtenir une pureté finale en fructose peu élevée (par exemple, composition de type HFS 55).

Alternativement, et contrairement à ce qui est illustré sur la figure, l'extrait peut être directement soumis à l'étape de concentration dans le troisième évaporateur 206, à l'issue de laquelle on récupère la composition de fructose souhaitée, sans le combiner à un autre flux. Cela est en particulier utile lorsqu'on souhaite obtenir une pureté finale en fructose élevée (par exemple, composition de type HFS 95).

Dans le cadre de la production de fructose de haute pureté, la ligne de dérivation de composition intermédiaire 25 de la **figure 4** est supprimée et la ligne de collecte de raffinat 27 peut permettre un recyclage vers des unités de saccharification et/ou de déminéralisation en amont de la source 201. Afin d'éviter la concentration des polysaccharides du fait de ce recyclage, il peut être placé sur cette ligne de collecte de raffinat 27 une unité de nanofiltration ou une unité de séparation chromatographique par exemple, afin d'éliminer les polysaccharides.

De l'eau 207 est récupérée à partir de la première ligne de purge 291 et de la deuxième ligne de purge 293. Cette eau récupérée peut être utilisée comme source d'éluant pour le système chromatographique multicolonne 205 ; alternativement, de l'eau fraîche peut être utilisée en tout ou partie pour l'éluant.

De préférence, une étape de déminéralisation (non représentée sur la figure) peut être effectuée entre l'étape d'isomérisation 203 et l'étape de chromatographie 205. Le système de déminéralisation comprend alors des colonnes remplies de résine échangeuse d'ions, cationique et/ou anionique, en tant que phase stationnaire.

Le rapport massique de la partie de composition intermédiaire qui est optionnellement prélevée (dans la ligne de dérivation de composition intermédiaire 25) (et optionnellement combinée avec l'extrait) par rapport à la composition intermédiaire totale (dans la ligne de collecte de composition intermédiaire 23) peut notamment valoir de 0,4 à 0,6, de préférence de 0,45 à 0,55, de préférence encore de 0,48 à 0,52, en particulier lorsque la teneur massique en fructose de la composition intermédiaire totale est proche de

42 %. Ce rapport massique peut notamment valoir de 0,45 à 0,65, de préférence de 0,50 à 0,65, de préférence encore de 0,57 à 0,61, en particulier lorsque la teneur massique en fructose de la composition intermédiaire totale est proche de 44 %.

5 De préférence, dans le premier procédé comme dans le deuxième procédé, une étape d'élimination de la couleur résiduelle de l'extrait (ou décoloration) est effectuée avant la concentration de l'extrait dans le troisième évaporateur 106, respectivement le deuxième évaporateur 206. Celle-ci peut être effectuée en disposant une unité de décoloration (non  
10 représentée sur la figure) entre le système de chromatographie multicolonne 105, 205 et l'évaporateur 106, 206 en aval de celui-ci. La décoloration peut comprendre le passage du flux d'extrait sur une résine échangeuse d'ions cationique et/ou anionique et/ou sur un lit de charbon actif sous forme de poudre ou grains. Une filtration stérile peut être associée à  
15 cette étape.

Les évaporateurs 102, 104, 106, 202, 206 peuvent être à plaques ou tubulaires, à simple effet ou multiples effets, à simple passe ou recirculation, à vapeur ou à recompression mécanique de vapeur, avec ou sans thermocompresseur.

20 La réaction d'isomérisation est de préférence une réaction enzymatique. Une enzyme telle que l'isomérase est mise en contact avec le produit dans un réacteur, de préférence à une température comprise entre 50 et 60°C, de préférence à un pH compris entre 7 et 8. Les enzymes tels que Sweetzyme® de Novozymes ou Gensweet® de Genencor sont utilisés  
25 pour cette opération.

Le procédé est de préférence continu.

Dans le deuxième procédé, la composition intermédiaire obtenue à l'issue de l'étape d'isomérisation ne subit pas d'étape de concentration par évaporation d'eau avant l'étape de purification chromatographique.  
30 Autrement, dit, aucun évaporateur n'est prévu entre le réacteur d'isomérisation 203 et le système de chromatographie multicolonne 205.

Il est possible que la ligne de collecte de composition intermédiaire 23 relie directement le réacteur d'isomérisation 203 au système de chromatographie multicolonne 205, sans aucun intermédiaire.  
35 Alternativement, un ou plusieurs dispositifs intermédiaires peuvent être disposés entre le réacteur d'isomérisation 203 et le système de chromatographie multicolonne 205. A titre d'exemple, un bac tampon peut être prévu pour le stockage de la composition intermédiaire.

De préférence, dans le deuxième procédé, la concentration massique en matière sèche de la composition intermédiaire en entrée du système de chromatographie multicolonne 205 est égale à la concentration massique en matière sèche de la composition intermédiaire en sortie du réacteur d'isomérisation 203, le cas échéant à  $\pm 5\%$  près, ou à  $\pm 4\%$  près, ou à  $\pm 3\%$  près, ou à  $\pm 2\%$  près, ou à  $\pm 1\%$  près, ou de manière stricte.

La tolérance ci-dessus est exprimée en pourcentages de matière sèche. Pour prendre un exemple, si une composition présente une concentration massique en matière sèche de  $50\%$  à  $\pm 5\%$  près, cela signifie que la composition présente une concentration massique en matière sèche de  $45\%$  à  $55\%$ .

Il est possible d'envisager par exemple une légère dilution de la composition intermédiaire avant le système de chromatographie multicolonne 205, par exemple par un apport d'eau. Mais il est préféré pour plus de simplicité qu'aucun ajustement actif de la concentration massique en matière sèche de la composition intermédiaire ne soit effectué entre le réacteur d'isomérisation 203 et le système de chromatographie multicolonne 205.

#### 20 Compositions impliquées dans les procédés de production de composition de fructose de l'invention

La composition initiale utilisée dans le premier procédé et dans le deuxième procédé ci-dessus comprend du glucose. Il s'agit de préférence d'une composition aqueuse. Il s'agit de préférence d'un sirop de glucose dit à haut niveau de dextrose. Elle présente de préférence une concentration massique en matière sèche de  $25\%$  à  $35\%$ , de préférence de  $28\%$  à  $33\%$ , et de préférence encore d'environ  $31\%$ .

La composition initiale utilisée dans les procédés ci-dessus contient de préférence une proportion massique de glucose (par rapport à la matière sèche) supérieure ou égale à  $50\%$ , ou à  $80\%$ , ou à  $90\%$ . De préférence encore, elle contient une proportion massique de glucose de  $95\%$  environ. De préférence, le reste de la matière sèche est principalement composé de polysaccharides.

Après l'étape de concentration, on obtient la composition initiale concentrée. Celle-ci présente essentiellement la même composition en sucres que la composition initiale, mais elle présente une concentration massique en matière sèche supérieure, par exemple de  $40\%$  à  $58\%$ , de

préférence de 45 à 55 %, de préférence encore de 48 à 52 %, et de préférence encore d'environ 50 %.

La composition intermédiaire, qui est obtenue à l'issue de l'isomérisation, comporte également une concentration massique en matière sèche par exemple de 40 à 58 %, de préférence de 45 à 55 %, de préférence encore de 48 à 52 %, et de préférence encore d'environ 50 %. De préférence, la concentration massique en matière sèche de la composition intermédiaire à l'issue de l'isomérisation est sensiblement identique à la concentration massique en matière sèche de la composition initiale concentrée.

Lors de l'étape d'isomérisation, une partie du glucose est converti en fructose. Dans certains modes de réalisation, la composition intermédiaire contient une proportion massique de glucose (par rapport à la matière sèche) de 40 à 65 %, de préférence de 45 à 60 %, de préférence encore de 50 à 55 % et par exemple d'environ 53 %. Dans certains modes de réalisation, la composition intermédiaire contient une proportion massique de fructose (par rapport à la matière sèche) de 30 à 55 %, de préférence de 35 à 50 %, de préférence encore de 40 à 45 % et par exemple d'environ 42 %. Dans certains modes de réalisation, la composition intermédiaire contient une proportion massique de polysaccharides (par rapport à la matière sèche) de 1 à 10 %, de préférence de 3 à 8 %, de préférence encore de 4 à 6 % et par exemple d'environ 5 %.

A l'issue de la purification chromatographique, on obtient un extrait enrichi en fructose et donc appauvri en glucose et un raffinat enrichi en glucose et donc appauvri en fructose.

Dans certains modes de réalisation, la composition de fructose récupérée (obtenue après concentration de l'extrait, dans la ligne de collecte de composition de fructose 26) comporte une concentration massique en matière sèche d'au moins 75 %, de préférence d'au moins 76 %, et par exemple d'environ 77 %.

Dans certains modes de réalisation, la composition de fructose récupérée contient une proportion massique de glucose (par rapport à la matière sèche) de 35 à 48 %, de préférence de 38 à 45 %, de préférence encore de 39 à 42 %, par exemple d'environ 40 %. Dans certains modes de réalisation, la composition de fructose récupérée contient une proportion massique de fructose (par rapport à la matière sèche) de 50 à 60 %, de préférence de 52 à 58 %, de préférence encore de 54 à 56 %, par exemple d'environ 55 %. Dans certains modes de réalisation, la composition de

fructose récupérée contient une proportion massique de polysaccharides (par rapport à la matière sèche) de 2 à 8 %, de préférence de 3 à 7 %, de préférence encore de 4 à 6 %, par exemple d'environ 5 %.

5 Dans d'autres modes de réalisation, la composition de fructose récupérée contient une proportion massique de fructose (par rapport à la matière sèche) supérieure ou égale à 95 %, de préférence à 96 %, de préférence encore à 97 %, de préférence encore à 98 %, de préférence encore à 98,5 %.

10 De préférence, au moins 80 % en masse du fructose contenu dans le mélange à séparer est récupéré dans l'extrait, de préférence encore au moins 90 % en masse.

### EXEMPLES

15 Les exemples suivants illustrent l'invention sans la limiter. Dans l'ensemble des exemples, un système de purification chromatographique de type SSMB a été utilisé. Le système comprend 4 colonnes remplies de résine XA2004-30Ca ou XA2004-31Ca de Novasep Process en tant que phase stationnaire, sur une hauteur de lit de deux mètres dans chaque colonne.

20 On note  $BV_1$ ,  $BV_2$ ,  $BV_3$  et  $BV_4$  les volumes respectifs de phase mobile dans les zones 1, 2, 3 et 4. Dans les exemples ci-dessous, le volume d'éluant (noté  $BV_{\text{eau}}$  et égal à  $BV_1-BV_4$ ) est ajusté dans une plage de 0,11 à 0,25. Le volume de charge à traiter (noté  $BV_{\text{feed}}$  et égal à  $BV_3-BV_2$ ) est ajusté dans une plage de 0,11 à 0,30. On effectue un balayage des débits  $BV_1$  et  
25  $BV_2$  sur les plages respectives suivantes : de 0,65 à 0,75 et de 0,55 à 0,65. Les volumes  $BV_3$  et  $BV_4$  sont calculés de la façon suivante :  $BV_3=BV_2+BV_{\text{feed}}$  et  $BV_4=BV_1-BV_{\text{eau}}$ .

30 Les ajustements de  $BV_1$  et  $BV_2$  fluctuent d'un système à l'autre pour des raisons de variabilité de densité de phase stationnaire. En revanche, cette variabilité n'a pas d'impact sur les performances dues au volume d'eau et au volume de charge utilisés.

35 Pour chaque réglage effectué, des puretés et des rendements sont mesurés expérimentalement, mais les puretés et les rendements ne sont pas en eux-mêmes importants pour caractériser l'invention. En effet, quelle que soit la pureté en fructose de l'extrait obtenu en sortie de chromatographie, un mélange partiel avec le mélange non enrichi est effectué avant la dernière évaporation.

Pour des raisons de clarté, les exemples suivants présentent directement les résultats de bilan matière correspondants aux meilleurs réglages obtenus. Les tableaux présentés correspondent à une production journalière de 250 tonnes de composition de fructose HFS 55 en matière sèche, ce qui correspond à 310 tonnes de HFS 55 liquide à 77 % de matière sèche. Les performances de la chromatographie sont évaluées selon les rapports  $t_{eau}/t_{HFS}$  (le rapport massique du débit journalier d'eau utilisée sur le débit journalier en matière sèche de composition de fructose produite) et  $V_{CHR}/t_{HFS}$  (le rapport du volume de phase stationnaire dans l'installation ramené à la masse de matière sèche de composition de fructose produite par journée).

Dans l'ensemble des exemples, la concentration seuil  $C_d$  pour le mélange à traiter considéré est égale à environ 50 % en masse.

Exemple 1 (comparatif)

Cet exemple de référence est mis en œuvre selon le schéma de la **figure 3** décrit ci-dessus (installation à trois évaporateurs, et flux en entrée de l'unité chromatographique présentant une concentration massique en matière sèche de 60 %).

Dans cet exemple, le volume d'eau (éluant) utilisé ( $BV_{eau}$ ) est égal à 0,177 BV et le volume de charge à traiter ( $BV_{feed}$ ) est égal à 0,2 BV. Le tableau suivant résume les caractéristiques des compositions passant dans différentes lignes de l'installation. Le débit est indiqué en tonnes métriques par jour. Le taux de matière sèche est indiqué en pourcentage massique par rapport à la masse totale de la composition concernée. Les taux de fructose, de glucose et de polysaccharides sont indiqués en pourcentages massiques par rapport à la matière sèche de la composition concernée.

| Ligne           | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 18  | 193 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Débit           | 807 | 694 | 694 | 578 | 296 | 326 | 194 | 326 |
| Matière sèche   | 31% | 50% | 50% | 60% | 60% | 77% | 0%  | 0   |
| Fructose        | 0%  | 2%  | 42% | 42% | 42% | 55% | -   | -   |
| Glucose         | 95% | 92% | 52% | 52% | 52% | 40% | -   | -   |
| Polysaccharides | 5%  | 6%  | 6%  | 6%  | 6%  | 5%  | -   | -   |

Dans cet exemple, le rapport  $t_{eau}/t_{HFS}$  est égal à 0,78. Le rapport  $V_{CHR}/t_{HFS}$  est égal à 0,35 m<sup>3</sup>/t.

Exemple 2 (invention)

Cet exemple est mis en œuvre selon le schéma de la **figure 4** décrit ci-dessus (installation à deux évaporateurs, et flux en entrée de l'unité chromatographique présentant une concentration massique en matière sèche de 50 %).

Dans cet exemple, le volume d'eau (éluant) utilisé est égal à 0,15 BV et le volume de charge à traiter est égal à 0,25 BV. Le tableau suivant résume les caractéristiques des compositions passant dans différentes lignes de l'installation, de la même manière que dans l'exemple 1.

| Ligne           | 21  | 22  | 23  | 25  | 26  | 28  | 293 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Débit           | 807 | 788 | 788 | 358 | 326 | 194 | 326 |
| Matière sèche   | 31% | 50% | 50% | 50% | 77% | 0   | 0   |
| Fructose        | 0%  | 7%  | 42% | 42% | 55% | -   | -   |
| Glucose         | 96% | 88% | 53% | 53% | 40% | -   | -   |
| Polysaccharides | 5%  | 5%  | 5%  | 5%  | 5%  | -   | -   |

Dans cet exemple, le rapport  $t_{\text{eau}}/t_{\text{HFS}}$  est égal à 0,77. Le rapport  $V_{\text{CHR}}/t_{\text{HFS}}$  est égal à 0,3 m<sup>3</sup>/t.

En comparaison de l'exemple 1, il apparaît que malgré une baisse de concentration du produit en entrée de la chromatographie (de 60 à 50 % de matière sèche), tout en baissant le volume total d'eau d'éluant et en augmentant celui de la charge à traiter, le volume de résine par tonne de produit final est plus faible.

Exemple 3 (invention)

Cet exemple est similaire à l'exemple 2, à ceci près que le volume d'eau utilisé est égal à 0,14 BV et que le volume de charge à traiter est égal à 0,27. Le tableau suivant résume les caractéristiques des compositions passant dans différentes lignes de l'installation, de la même manière que dans les exemples précédents :

| Ligne         | 21  | 22  | 23  | 25  | 26  | 28  | 293 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Débit         | 807 | 782 | 782 | 358 | 326 | 178 | 326 |
| Matière sèche | 31% | 50% | 50% | 50% | 77% | 0   | 0   |
| Fructose      | 0%  | 7%  | 42% | 42% | 55% | -   | -   |

|                 |     |     |     |     |     |   |   |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|
| Glucose         | 95% | 88% | 53% | 53% | 40% | - | - |
| Polysaccharides | 5%  | 5%  | 5%  | 5%  | 5%  | - | - |

Dans cet exemple, le rapport  $t_{eau}/t_{HFS}$  est égal à 0,71. Le rapport  $V_{CHR}/t_{HFS}$  est égal à 0,32 m<sup>3</sup>/t. Cet exemple démontre que si l'on abaisse davantage le volume d'eau d'élution, tout en augmentant également le volume de charge à traiter (par rapport à l'exemple 2), le volume de résine par tonne de produit final est quelque peu supérieur mais la performance obtenue sur le volume d'eau par tonne de produit final reste très avantageuse.

10 Exemple 4 (invention)

Cet exemple est similaire à l'exemple 2, à ceci près que le volume d'eau utilisé est égal à 0,14 BV et que le volume de charge à traiter est égal à 0,17. En outre, la longueur de colonnes est réduite à 1 m 40 au lieu de 2 m dans les exemples précédents. Le tableau suivant résume les caractéristiques des compositions passant dans différentes lignes de l'installation, de la même manière que dans les exemples précédents :

|                 |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ligne           | 21  | 22  | 23  | 25  | 26  | 28  | 293 |
| Débit           | 807 | 700 | 700 | 341 | 326 | 264 | 326 |
| Matière sèche   | 31% | 50% | 50% | 50% | 77% | 0   | 0   |
| Fructose        | 0%  | 3%  | 42% | 42% | 55% | -   | -   |
| Glucose         | 95% | 91% | 52% | 52% | 40% | -   | -   |
| Polysaccharides | 5%  | 6%  | 6%  | 6%  | 5%  | -   | -   |

Dans cet exemple, le rapport  $t_{eau}/t_{HFS}$  est égal à 0,96. Le rapport  $V_{CHR}/t_{HFS}$  est égal à 0,27 m<sup>3</sup>/t. Cet exemple démontre qu'il est possible de travailler avec des colonnes plus courtes tout en gardant une bonne productivité, ce qui permet d'obtenir des performances bonnes en consommation d'eau et particulièrement optimisées sur les besoins en résine. D'autres réglages peuvent être trouvés permettant de baisser la consommation d'eau pour des volumes de résines plus importants.

## REVENDICATIONS

- 5           **1.** Procédé de purification d'un mélange à séparer, dans un système de chromatographie multicolonne, le procédé comprenant successivement, de manière cyclique :
- une étape de collecte d'un raffinat, une étape d'injection du mélange à séparer, une étape de collecte d'un extrait et une étape d'injection d'éluant, à une température de  
10           fonctionnement ;
- dans lequel le mélange à séparer présente une viscosité à 20°C supérieure ou égale à 3 mPa.s ; et dans lequel la concentration massique en matière sèche du mélange à séparer est égale, à 5 % près, à une concentration seuil, ladite  
15           concentration seuil étant telle que :
- la viscosité du mélange à traiter, à une concentration massique en matière sèche égale à la concentration seuil et à la température de fonctionnement, est égale au double de  
20           la viscosité du mélange à traiter, à une concentration massique en matière sèche égale à 85 % de la concentration seuil et à la température de fonctionnement.
- 25           **2.** Procédé selon la revendication 1, dans lequel la concentration massique en matière sèche du mélange à séparer est égale, à 2 % près, à la concentration seuil, et de préférence la concentration massique en matière sèche du mélange à séparer est approximativement égale à la concentration seuil.
- 30           **3.** Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la température de fonctionnement est supérieure ou égale à 50°C, de préférence supérieure ou égale à 55°C, et de préférence encore supérieure ou égale à 60°C.
- 35           **4.** Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le système de chromatographie multicolonne comprend de 4 à 6 cellules ; et/ou comprend des colonnes ayant une longueur de 1,0 à 2,6 m, de préférence de 1,4 à 2,0 m.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel l'éluant est de l'eau ; et de préférence le mélange à séparer est une composition aqueuse comprenant des sucres.
- 5 6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel le mélange à séparer présente une concentration massique en matière sèche de 45 à 55 %, et de préférence d'environ 50 %.
- 10 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le mélange à séparer comprend du glucose et du fructose, l'extrait étant enrichi en fructose et le raffinat étant enrichi en glucose.
- 15 8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel l'extrait contient une proportion massique de fructose, par rapport à la matière sèche totale, supérieure ou égale à 95 %, de préférence supérieure ou égale à 98 %.
- 20 9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel le système de chromatographie multicolonne comprend une pluralité de colonnes et des liaisons fluidiques inter-colonne, et dans lequel la vitesse des fluides dans les liaisons fluidiques inter-colonne est supérieure à 0,5 m/s, de préférence supérieure à 1 m/s et de préférence encore supérieure à 1,5 m/s.
- 25 10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel le système de chromatographie multicolonne comprend une pluralité de colonnes et des liaisons fluidiques inter-colonne, et dans lequel le volume des liaisons fluidiques inter-colonne est inférieur à 10 %, de préférence inférieur à 5 % et de préférence inférieur à 3 % du volume des colonnes.
- 30 11. Procédé de préparation de production d'une composition de fructose comprenant les étapes successives suivantes :
- 35 – fourniture d'une composition initiale ;  
– hydrolyse, isomérisation, concentration par évaporation et/ou déminéralisation de la composition initiale pour obtenir une composition intermédiaire ;

- 5
- purification de la composition intermédiaire en tant que mélange à séparer selon le procédé de l'une des revendications 1 à 10, permettant d'obtenir un raffinat riche en glucose et un extrait riche en fructose ;
  - concentration de l'extrait par évaporation d'eau.
- 10
- 12.** Procédé selon la revendication 11, comprenant en outre une étape d'élimination de couleur résiduelle de l'extrait avant l'étape de concentration de l'extrait, de préférence par résine échangeuse d'ions et/ou par charbon actif ainsi que, de préférence, une étape de filtration stérile.
- 15
- 13.** Procédé selon l'une des revendications 11 à 12, dans lequel le raffinat est recyclé et ajouté à la composition initiale avant l'étape de concentration de la composition initiale.
- 20
- 14.** Procédé selon l'une des revendications 11 à 13, dans lequel :
- la composition de fructose produite contient une proportion massique de fructose, par rapport à la matière sèche totale, supérieure ou égale à 95 %, de préférence supérieure ou égale à 98 % ; ou
  - une partie de la composition intermédiaire est prélevée avant l'étape de purification et ajoutée à l'extrait avant l'étape de concentration de l'extrait, la composition de fructose produite contenant de préférence une proportion massique de fructose, par rapport à la matière sèche totale, de 50 à 60 %, de préférence encore de 54 à 56 % ; et le rapport volumique de la partie de composition intermédiaire prélevée sur la composition intermédiaire totale étant de préférence de 0,4 à 0,6, de préférence encore de 0,45 à 0,55, de préférence de 0,49.
- 25
- 30
- 35
- 15.** Procédé selon l'une des revendications 11 à 14, comprenant l'injection d'eau en tant qu'éluant dans l'étape de purification, le rapport du débit massique d'éluant sur le débit massique de matière sèche de composition de fructose produite étant de 0,5 à 1,3, de préférence de 0,6 à 1,2.

1 / 2

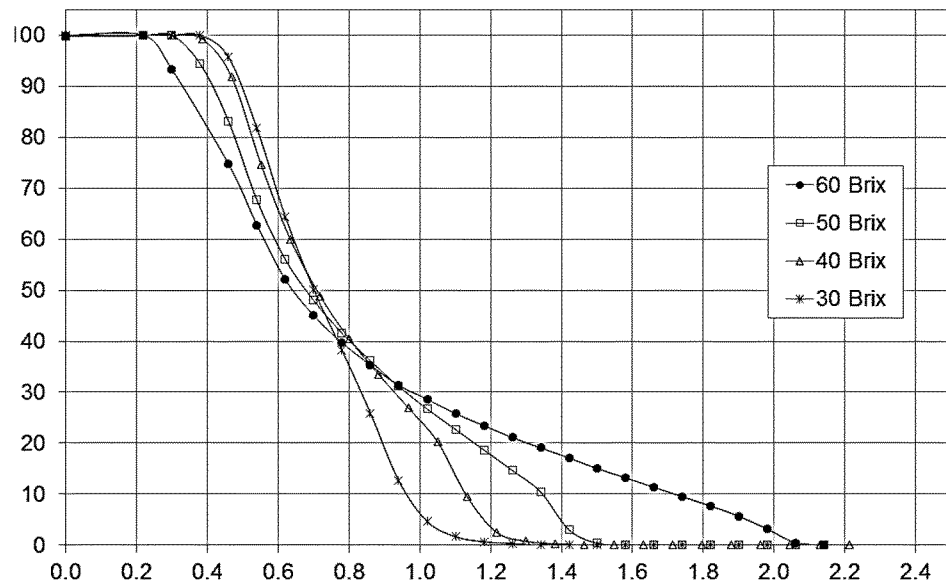


Fig. 1

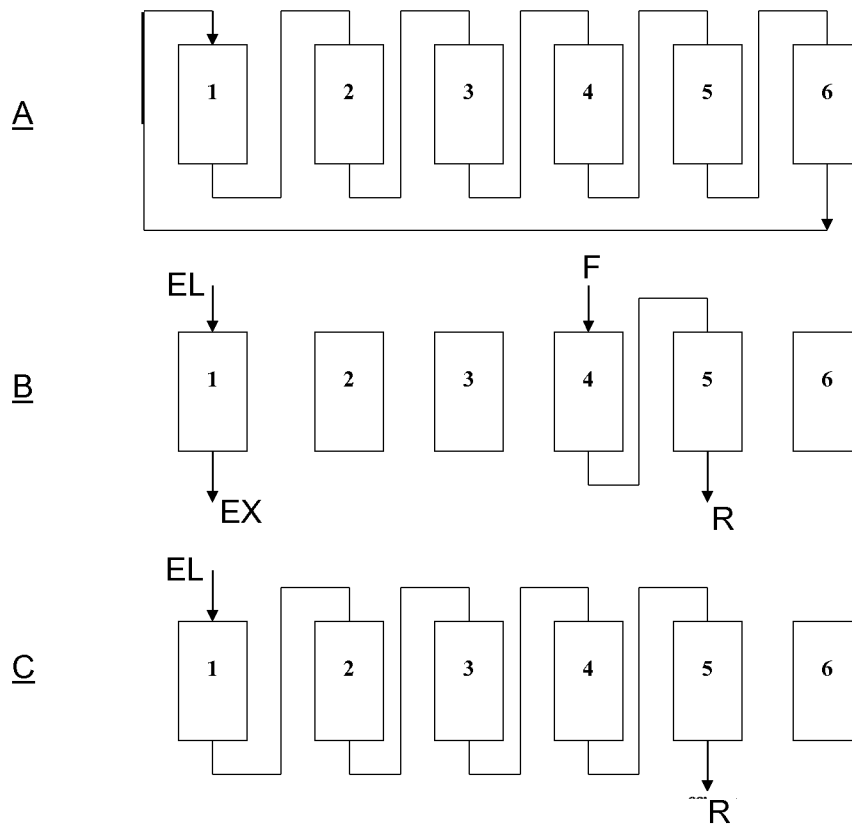


Fig. 2

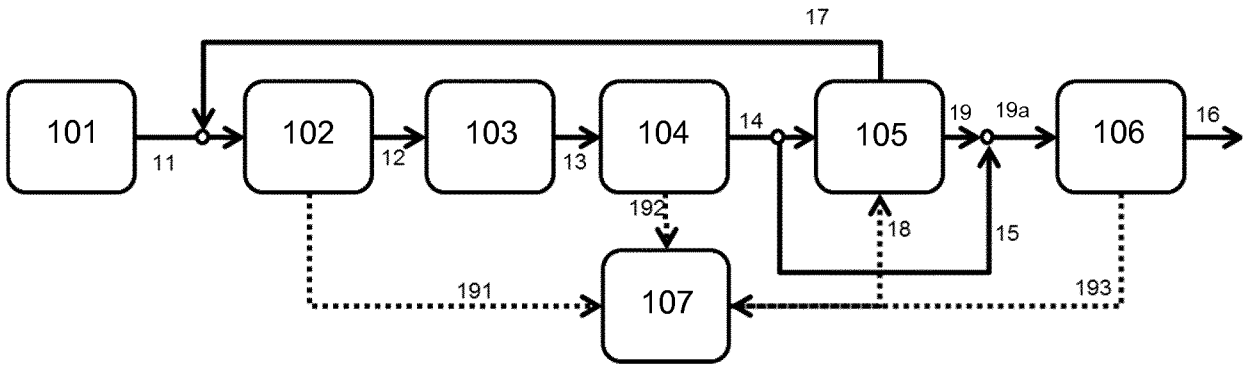


Fig. 3

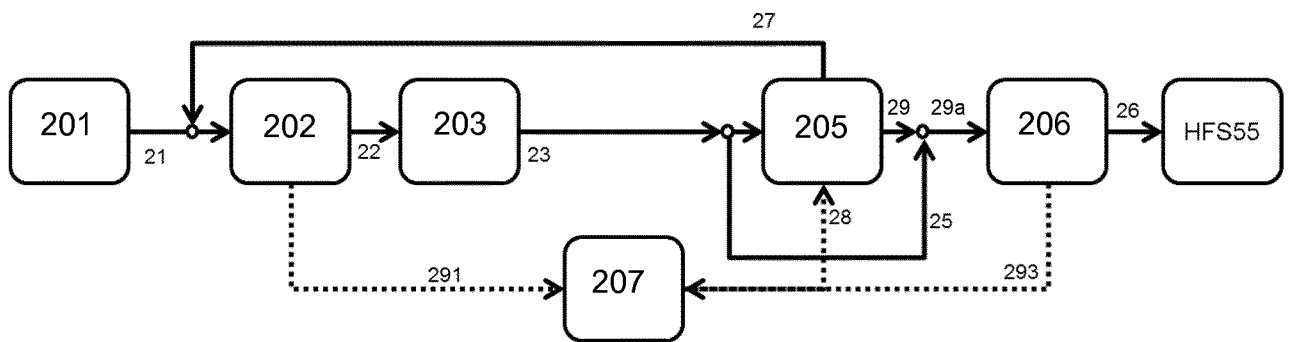


Fig. 4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/060255**

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>   |  |   |
|--|--|---|
| <b><i>B01D 15/18</i></b> (2006.01)i; <b><i>B01D 15/36</i></b> (2006.01)i; <b><i>C13B 20/14</i></b> (2011.01)i; <b><i>C13K 1/00</i></b> (2006.01)i; <b><i>C13K 11/00</i></b> (2006.01)i   |  |   |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC  |  |   |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b>  |  |   |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>B01D; C13B; C13K  |  |   |
| 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)<br>EPO-Internal   |  |   |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>  |  |   |
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.   |
| X  | US 2017304745 A1 (BINDER THOMAS [US] ET AL) 26 October 2017 (2017-10-26)<br>paragraph [0041] - paragraph [0043]; figures 1-3<br>paragraph [0049] - paragraph [0054]  | 1-15  |
| X  | FR 2668775 A1 (XYROFIN OY [FI]) 07 May 1992 (1992-05-07)<br>page 4, line 7 - line 18<br>page 5, line 10 - line 26<br>page 6, line 28 - page 7, line 3; examples      | 1-15  |
| X  | FR 2377827 A1 (STALEY MFG CO A E [US]) 18 August 1978 (1978-08-18)<br>page 9, line 22 - page 10, line 12<br>page 16, line 6 - line 13; figure 5                      | 1-10  |
| X  | WO 2015034643 A1 (DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC [US]; ROHM & HAAS [US])<br>12 March 2015 (2015-03-12)<br>page 1, line 16 - line 26<br>page 5, line 22 - page 6, line 7 | 1,11  |
| A  | US 5221478 A (DHINGRA YOG R [US] ET AL) 22 June 1993 (1993-06-22)<br>column 11, line 29 - column 12, line 23; example 1.B.   | 1-15  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.  |  |   |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"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)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"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<br>"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<br>"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<br>"&" document member of the same patent family |  |   |
| Date of the actual completion of the international search<br><b>28 June 2019</b>   |  | Date of mailing of the international search report<br><b>11 July 2019</b> |
| Name and mailing address of the ISA/EP<br><b>European Patent Office<br/>p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk<br/>Netherlands</b><br>Telephone No. (+31-70)340-2040<br>Facsimile No. (+31-70)340-3016  |  | Authorized officer<br><b>Fourgeaud, Damien</b><br><br>Telephone No.       |



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2019/060255**

| Patent document cited in search report |            |    | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) |              |    | Publication date (day/month/year) |
|--|------------|----|-----------------------------------|-------------------------|--------------|----|-----------------------------------|
| US                                     | 2017304745 | A1 | 26 October 2017                   | BR                      | 112017007743 | A2 | 30 January 2018                   |
|  |            |    |                                   | CL                      | 2017000905   | A1 | 15 December 2017                  |
|  |            |    |                                   | EP                      | 3206771      | A1 | 23 August 2017                    |
|  |            |    |                                   | JP                      | 2017533817   | A  | 16 November 2017                  |
|  |            |    |                                   | KR                      | 20170067851  | A  | 16 June 2017                      |
|  |            |    |                                   | PE                      | 08312017     | A1 | 04 July 2017                      |
|  |            |    |                                   | PH                      | 12017500691  | A1 | 09 October 2017                   |
|  |            |    |                                   | US                      | 2017304745   | A1 | 26 October 2017                   |
|  |            |    |                                   | WO                      | 2016061037   | A1 | 21 April 2016                     |
| FR                                     | 2668775    | A1 | 07 May 1992                       | AT                      | 126831       | T  | 15 September 1995                 |
|  |            |    |                                   | DE                      | 69112415     | D1 | 28 September 1995                 |
|  |            |    |                                   | DE                      | 69112415     | T2 | 07 March 1996                     |
|  |            |    |                                   | EP                      | 0553126      | A1 | 04 August 1993                    |
|  |            |    |                                   | ES                      | 2079078      | T3 | 01 January 1996                   |
|  |            |    |                                   | FI                      | 905069       | A  | 16 April 1992                     |
|  |            |    |                                   | FR                      | 2668775      | A1 | 07 May 1992                       |
|  |            |    |                                   | GR                      | 3017212      | T3 | 30 November 1995                  |
|  |            |    |                                   | WO                      | 9207097      | A1 | 30 April 1992                     |
| FR                                     | 2377827    | A1 | 18 August 1978                    | AR                      | 220529       | A1 | 14 November 1980                  |
|  |            |    |                                   | AU                      | 516437       | B2 | 04 June 1981                      |
|  |            |    |                                   | BE                      | 863269       | A  | 24 July 1978                      |
|  |            |    |                                   | CA                      | 1119102      | A  | 02 March 1982                     |
|  |            |    |                                   | DE                      | 2802711      | A1 | 27 July 1978                      |
|  |            |    |                                   | FI                      | 780194       | A  | 25 July 1978                      |
|  |            |    |                                   | FR                      | 2377827      | A1 | 18 August 1978                    |
|  |            |    |                                   | GB                      | 1548543      | A  | 18 July 1979                      |
|  |            |    |                                   | IN                      | 147581       | B  | 26 April 1980                     |
|  |            |    |                                   | IT                      | 1102806      | B  | 07 October 1985                   |
|  |            |    |                                   | JP                      | S53114779    | A  | 06 October 1978                   |
|  |            |    |                                   | MX                      | 6742         | E  | 18 June 1986                      |
|  |            |    |                                   | NL                      | 7800772      | A  | 26 July 1978                      |
|  |            |    |                                   | NZ                      | 186255       | A  | 21 February 1980                  |
| WO                                     | 2015034643 | A1 | 12 March 2015                     | CN                      | 105452490    | A  | 30 March 2016                     |
|  |            |    |                                   | EP                      | 3041961      | A1 | 13 July 2016                      |
|  |            |    |                                   | JP                      | 2016531584   | A  | 13 October 2016                   |
|  |            |    |                                   | KR                      | 20160048847  | A  | 04 May 2016                       |
|  |            |    |                                   | TW                      | 201517965    | A  | 16 May 2015                       |
|  |            |    |                                   | US                      | 2016194727   | A1 | 07 July 2016                      |
| WO                                     | 2015034643 | A1 | 12 March 2015                     |                         |              |    |                                   |
| US                                     | 5221478    | A  | 22 June 1993                      | NONE                    |              |    |                                   |
| US                                     | 2004231662 | A1 | 25 November 2004                  | BR                      | 0103406      | A  | 04 May 2004                       |
|  |            |    |                                   | EP                      | 1417354      | A1 | 12 May 2004                       |
|  |            |    |                                   | JP                      | 2004537326   | A  | 16 December 2004                  |
|  |            |    |                                   | US                      | 2004231662   | A1 | 25 November 2004                  |
|  |            |    |                                   | WO                      | 03016577     | A1 | 27 February 2003                  |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2019/060255

| A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE<br>INV. B01D15/18 B01D15/36 C13B20/14 C13K1/00 C13K11/00<br>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<br>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)<br>B01D C13B C13K   |   |                               |
| 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)<br>EPO-Internal  |   |                               |
| C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS   |   |                               |
| Catégorie*   | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents  | no. des revendications visées |
| X  | US 2017/304745 A1 (BINDER THOMAS [US] ET AL) 26 octobre 2017 (2017-10-26)<br>alinéa [0041] - alinéa [0043]; figures 1-3<br>alinéa [0049] - alinéa [0054]<br>-----   | 1-15                          |
| X  | FR 2 668 775 A1 (XYROFIN OY [FI])<br>7 mai 1992 (1992-05-07)<br>page 4, ligne 7 - ligne 18<br>page 5, ligne 10 - ligne 26<br>page 6, ligne 28 - page 7, ligne 3;<br>exemples<br>-----   | 1-15                          |
| X  | FR 2 377 827 A1 (STALEY MFG CO A E [US])<br>18 août 1978 (1978-08-18)<br>page 9, ligne 22 - page 10, ligne 12<br>page 16, ligne 6 - ligne 13; figure 5<br>-----<br>-/--   | 1-10                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents   |   |                               |
| <input checked="" type="checkbox"/> 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<br>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date<br>"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)<br>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens<br>"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<br>"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<br>"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<br>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets |                               |
| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée<br><br>28 juin 2019  | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale<br><br>11/07/2019  |                               |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale<br>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016   | Fonctionnaire autorisé<br><br>Fourgeaud, Damien   |                               |

| 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   | <p>WO 2015/034643 A1 (DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC [US]; ROHM &amp; HAAS [US])<br/>                     12 mars 2015 (2015-03-12)<br/>                     page 1, ligne 16 - ligne 26<br/>                     page 5, ligne 22 - page 6, ligne 7</p> <p style="text-align: center;">-----</p> | 1,11                          |
| A   | <p>US 5 221 478 A (DHINGRA YOG R [US] ET AL)<br/>                     22 juin 1993 (1993-06-22)<br/>                     colonne 11, ligne 29 - colonne 12, ligne 23; exemple 1.B.</p> <p style="text-align: center;">-----</p>  | 1-15                          |
| A   | <p>US 2004/231662 A1 (DE MENDONCA FERREIRA JOAO AFON [BR] ET AL)<br/>                     25 novembre 2004 (2004-11-25)<br/>                     alinéa [0034] - alinéa [0035];<br/>                     revendications</p> <p style="text-align: center;">-----</p>                           | 1-15                          |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2019/060255

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |               | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|---|---------------|------------------------|---|------------------------|
| US 2017304745                                   | A1            | 26-10-2017             | BR 112017007743                         | A2 30-01-2018          |
|   |               |                        | CL 2017000905                           | A1 15-12-2017          |
|   |               |                        | EP 3206771                              | A1 23-08-2017          |
|   |               |                        | JP 2017533817                           | A 16-11-2017           |
|   |               |                        | KR 20170067851                          | A 16-06-2017           |
|   |               |                        | PE 08312017                             | A1 04-07-2017          |
|   |               |                        | PH 12017500691                          | A1 09-10-2017          |
|   |               |                        | US 2017304745                           | A1 26-10-2017          |
|   |               |                        | WO 2016061037                           | A1 21-04-2016          |
| -----   |               |                        |   |                        |
| FR 2668775                                      | A1            | 07-05-1992             | AT 126831                               | T 15-09-1995           |
|   |               |                        | DE 69112415                             | D1 28-09-1995          |
|   |               |                        | DE 69112415                             | T2 07-03-1996          |
|   |               |                        | EP 0553126                              | A1 04-08-1993          |
|   |               |                        | ES 2079078                              | T3 01-01-1996          |
|   |               |                        | FI 905069                               | A 16-04-1992           |
|   |               |                        | FR 2668775                              | A1 07-05-1992          |
|   |               |                        | GR 3017212                              | T3 30-11-1995          |
|   |               |                        | WO 9207097                              | A1 30-04-1992          |
| -----   |               |                        |   |                        |
| FR 2377827                                      | A1            | 18-08-1978             | AR 220529                               | A1 14-11-1980          |
|   |               |                        | AU 516437                               | B2 04-06-1981          |
|   |               |                        | BE 863269                               | A 24-07-1978           |
|   |               |                        | CA 1119102                              | A 02-03-1982           |
|   |               |                        | DE 2802711                              | A1 27-07-1978          |
|   |               |                        | FI 780194                               | A 25-07-1978           |
|   |               |                        | FR 2377827                              | A1 18-08-1978          |
|   |               |                        | GB 1548543                              | A 18-07-1979           |
|   |               |                        | IN 147581                               | B 26-04-1980           |
|   |               |                        | IT 1102806                              | B 07-10-1985           |
|   |               |                        | JP S53114779                            | A 06-10-1978           |
|   |               |                        | MX 6742                                 | E 18-06-1986           |
|   |               |                        | NL 7800772                              | A 26-07-1978           |
| NZ 186255                                       | A 21-02-1980  |                        |   |                        |
| -----   |               |                        |   |                        |
| WO 2015034643                                   | A1            | 12-03-2015             | CN 105452490                            | A 30-03-2016           |
|   |               |                        | EP 3041961                              | A1 13-07-2016          |
|   |               |                        | JP 2016531584                           | A 13-10-2016           |
|   |               |                        | KR 20160048847                          | A 04-05-2016           |
|   |               |                        | TW 201517965                            | A 16-05-2015           |
|   |               |                        | US 2016194727                           | A1 07-07-2016          |
| WO 2015034643                                   | A1 12-03-2015 |                        |   |                        |
| -----   |               |                        |   |                        |
| US 5221478                                      | A             | 22-06-1993             | AUCUN                                   |                        |
| -----   |               |                        |   |                        |
| US 2004231662                                   | A1            | 25-11-2004             | BR 0103406                              | A 04-05-2004           |
|   |               |                        | EP 1417354                              | A1 12-05-2004          |
|   |               |                        | JP 2004537326                           | A 16-12-2004           |
|   |               |                        | US 2004231662                           | A1 25-11-2004          |
|   |               |                        | WO 03016577                             | A1 27-02-2003          |
| -----   |               |                        |   |                        |