



(11) **EP 4 467 665 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
27.11.2024 Bulletin 2024/48

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
C13B 10/08 (2011.01) C13B 25/04 (2011.01)
C13B 30/02 (2011.01) C13B 40/00 (2011.01)

(21) Numéro de dépôt: **24173746.9**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
C13B 10/08; C13B 25/04; C13B 30/02; C13B 40/00

(22) Date de dépôt: **02.05.2024**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA
Etats de validation désignés:
GE KH MA MD TN

(30) Priorité: **23.05.2023 FR 2305044**

(71) Demandeurs:
• **Bio en Hauts-De-France**
59133 Phalempin (FR)
• **Sucressence**
56120 Saint-Servant (FR)

(72) Inventeurs:
• **OLLIVE, Eric**
56120 SAINT-SERVANT (FR)
• **CAURIER, Philippe**
59710 AVELIN (FR)
• **DIETSCH, Catherine**
56120 SAINT-SERVANT (FR)
• **DUYCK, Aimé**
14370 MOULT CHICHEBOVILLE (FR)
• **LEMOINE, Sébastien**
59231 GOUZEAUCOURT (FR)

(74) Mandataire: **Cabinet Beau de Loménie**
Immeuble Eurocentre
179 Boulevard de Turin
59777 Lille (FR)

(54) **PROCEDE DE PRODUCTION DE SUCRE A PARTIR DE BETTERAVES**

(57) Procédé de production de sucre à partir de betteraves (B), le procédé comprenant les étapes selon lesquelles on fournit au moins un lot de betteraves ; on réalise au moins une étape de pressage des betteraves de manière à extraire un jus sucré (Js₁) ; on filtre le jus sucré à l'aide d'au moins une membrane filtrante (18); on concentre le jus sucré filtré (Js_f) par évaporation de manière à obtenir un jus filtré concentré (Js_{fc}) ayant une concen-

tration en matière sèche supérieure à un seuil de concentration prédéterminé; on réalise une étape de cristallisation dans laquelle on chauffe le jus filtré concentré sous vide afin d'évaporer le liquide résiduel contenu dans le jus filtré concentré, la chauffe étant poursuivie jusqu'à obtenir un sucre cristallisé intégral (S) ayant un taux d'humidité compris entre 0% à 10%.

EP 4 467 665 A1

DescriptionDomaine Technique

[0001] La présente invention concerne le domaine technique de la production de sucre, et plus précisément la production de sucre à partir de betteraves sucrières. Les betteraves sucrières comprennent jusqu'à 20% en masse de sucre. Le sucre obtenu à partir de betteraves est du saccharose. Il est naturellement blanc.

Technique antérieure

[0002] Les procédés traditionnels de production de sucre à partir de betteraves permettent d'obtenir un sucre blanc au goût neutre.

[0003] Selon ces procédés traditionnels, les betteraves sont coupées en cossettes avant d'être soumises à une étape de diffusion dans laquelle les cossettes circulent dans un diffuseur à contre-courant d'une eau chauffée à environ 70°C, qui se charge alors en sucre par osmose. Un jus sucré est ainsi obtenu.

[0004] Un inconvénient de cette étape de diffusion connue est qu'elle nécessite de maintenir un temps de contact important entre les cossettes et l'eau, afin d'extraire suffisamment de sucre des cossettes. Ceci implique en outre l'utilisation d'extracteurs de grande taille et contraint à chauffer une grande quantité d'eau pendant une durée importante. Cette étape de diffusion est donc particulièrement coûteuse compte-tenu du matériel spécifique devant être utilisé, mais également compte-tenu de la consommation énergétique associée au chauffage de cette grande quantité d'eau.

[0005] Après l'étape de diffusion, ces procédés connus prévoient ensuite une étape d'épuration du jus sucré par traitement à la chaux, appelé chaulage, permettant de précipiter les impuretés. L'utilisation de produits chimiques tels que la chaux n'est toutefois pas satisfaisant. Cette étape d'épuration s'accompagne en outre d'une importante génération de dioxyde de carbone et s'avère donc polluante.

[0006] Selon ces procédés traditionnels, on concentre par ailleurs le jus épuré avant de procéder à la cristallisation du jus concentré. La cristallisation est réalisée par phases successives, appelées « jets », au cours de chacune desquelles le jus concentré est chauffé etensemencé par introduction de fins cristaux de sucre de manière à déclencher la cristallisation. On obtient ainsi une « masse cuite » constituée d'un sirop, appelé mélasse, dans lequel baignent les cristaux de sucre. Cette masse cuite est ensuite centrifugée afin de séparer les cristaux de sucre de la mélasse, qui est évacuée.

[0007] Un inconvénient de cette méthode de cristallisation par jets successifs est qu'elle est particulièrement complexe et coûteuse et génère une importante consommation d'énergie. En outre, une partie des minéraux, nutriments, oligo-éléments et vitamines reste piégée dans la mélasse et sont donc évacués. Le sucre obtenu par

ce procédé traditionnel perd donc en qualité nutritive.

Exposé de l'invention

[0008] Un but de la présente invention est de proposer un procédé de production de sucre remédiant aux inconvénients précités.

[0009] Pour ce faire, l'invention porte sur un procédé de production de sucre à partir de betteraves, le procédé comprenant les étapes selon lesquelles :

- on fournit au moins un lot de betteraves ;
- on réalise au moins une étape de pressage des betteraves de manière à extraire un jus sucré ;
- on filtre le jus sucré à l'aide d'au moins une membrane filtrante ;
- on concentre le jus sucré filtré par évaporation de manière à obtenir un jus filtré concentré ayant une concentration en matière sèche supérieure à un seuil de concentration prédéterminé ; et
- on réalise une étape de cristallisation dans laquelle on chauffe le jus filtré concentré sous vide afin d'évaporer le liquide résiduel contenu dans le jus filtré concentré, la chauffe étant poursuivie jusqu'à obtenir un sucre cristallisé intégral ayant un taux d'humidité compris entre 0% à 10%.

[0010] Le procédé selon l'invention permet la production de sucre à partir de betteraves sucrières. On fournit de préférence plusieurs lots de betteraves. Il est précisé qu'avantageusement seules les racines des betteraves sucrières, de couleur blanche, sont utilisées dans ce procédé de production de sucre.

[0011] De préférence, mais de manière non limitative, on réalise une étape préliminaire de broyage des betteraves avant l'étape de pressage. Un intérêt est d'améliorer l'extraction de jus sucré lors de l'étape de pressage, ou autrement dit d'améliorer le rendement du pressage. On comprend que l'étape de pressage consiste alors à presser les betteraves broyées.

L'étape de pressage est de préférence réalisée au moyen d'une presse. Le jus sucré obtenu suite à l'étape de pressage comprend essentiellement de l'eau et du saccharose. De préférence on presse successivement plusieurs lots de betteraves. De préférence, le procédé comprend plusieurs étapes de pressage successives d'un même lot de betteraves, de sorte qu'un même lot de betteraves est pressé au moins deux fois. Un intérêt est d'en extraire davantage de jus sucré.

[0012] L'étape de pressage des betteraves du procédé selon l'invention permet de s'affranchir d'une étape de diffusion et par conséquent de l'utilisation d'un extracteur de grande taille. Le coût du matériel permettant l'extraction du jus sucré est donc moindre. La consommation d'eau et la consommation d'énergie pour chauffer l'eau sont en outre particulièrement réduites dans la mesure où le pressage ne nécessite qu'une faible quantité d'eau par rapport à une étape de diffusion classique.

[0013] L'étape de pressage produit des pulpes de betteraves contenant une quantité de sucre résiduelle. Ces pulpes peuvent être recyclées.

[0014] De manière non limitative, le procédé peut comprendre plusieurs étapes de pressage successives.

[0015] Avantagusement, l'étape de filtration permet d'obtenir un jus sucré filtré présentant une concentration en matière sèche supérieure à 50 %, encore de préférence supérieure à 60%.

[0016] L'étape de filtration du jus sucré permet de séparer des résidus filtrés, également appelés rétentats, par rapport au jus sucré filtré, également appelé perméat. Le jus sucré filtré est ainsi purifié et sa pureté, considérée comme étant le rapport entre sa concentration en sucre sur sa concentration en matière sèche est supérieure à 80%, de préférence supérieure à 90%. Cette filtration sur membrane filtrante permet de s'affranchir d'une étape d'épuration du jus sucré et donc de l'utilisation de chaux ou autres produits chimiques. La génération de dioxyde de carbone et en outre fortement réduite dans la mesure où l'invention ne met pas en oeuvre d'étape de chaulage. Le procédé selon l'invention présente donc un impact environnemental réduit.

[0017] La couleur du sucre cristallisé intégral qui sera finalement obtenu dépend notamment du seuil de coupure de la membrane filtrante.

[0018] De préférence, la filtration est une filtration tangentielle. La filtration peut mettre en oeuvre plusieurs étages de filtration successifs.

[0019] De préférence, la membrane filtrante est une membrane d'ultra-filtration. De manière non limitative, la membrane filtrante peut être une membrane filtrante organique ou une membrane filtrante minérale. La membrane filtrante présente un seuil de coupure choisi de manière à filtrer efficacement les rétentats. De préférence, le jus sucré est chauffé avant d'être filtré.

[0020] L'utilisation de membranes filtrantes minérales permet de filtrer un jus à une température plus importante, notamment supérieure 75°C, ce qui permet de limiter la prolifération de bactéries.

[0021] L'étape de concentration met avantagusement en oeuvre une technique de compression mécanique de vapeur.

[0022] Lors de l'étape de concentration, le jus sucré filtré est chauffé de manière à évaporer une partie de l'eau qu'il contient, augmentant ainsi sa concentration en matière sèche, et donc en saccharose. Par matière sèche on entend la matière restante si l'on procédait à une complète évaporation du liquide, et notamment de l'eau, contenu dans le jus sucré filtré.

[0023] On comprend que l'évaporation est poursuivie jusqu'à ce que la concentration en matière sèche atteigne le seuil de concentration prédéterminé.

[0024] Le seuil de concentration prédéterminé est choisi en fonction des besoins en entrée de l'unité de cristallisation. Plus ce seuil de concentration prédéterminé est élevé, moins le temps de chauffe au cours de l'étape de cristallisation sera important. La concentration

en matière sèche peut être mesurée par réfractométrie. Elle peut être exprimée en degrés Brix.

[0025] Le jus filtré concentré obtenu par cette étape de concentration forme un sirop. Ce jus filtré concentré est de préférence prêt à être cristallisé. La concentration en saccharose dans le jus filtré concentré est suffisante pour permettre la cristallisation sensiblement complète du sucre uniquement par chauffage, et notamment sans qu'il ne soit nécessaire d'ensemencer le sucre afin de déclencher la cristallisation.

[0026] De manière non limitative, le liquide résiduel évaporé lors de l'étape de concentration peut être essentiellement de l'eau ou exclusivement de l'eau. Les vapeurs résultant de cette étape de concentration peuvent être utilisées pour chauffer l'unité de concentration, pour la chauffe réalisée au cours de la cristallisation, ou encore pour chauffer le jus sucré avant filtration.

[0027] Lors de l'étape de cristallisation, la chauffe permet d'évaporer le liquide résiduel contenu dans le jus filtré concentré, mais également d'initier et compléter la cristallisation du sucre. Selon l'invention, la chauffe est réalisée sous vide, ou autrement dit, en plaçant le jus filtré concentré à une pression inférieure à la pression atmosphérique. Un intérêt est de créer une détente permettant d'abaisser le point d'ébullition du liquide présent dans le jus filtré concentré, et notamment de l'eau, et donc la température à laquelle il s'évapore. Dès lors, la température nécessaire et l'énergie à fournir pour évaporer le liquide résiduel sont réduites. La consommation énergétique est donc encore réduite grâce au procédé selon l'invention.

[0028] En outre, dans la mesure où le jus filtré concentré est chauffé à une température réduite, l'énergie nécessaire pour refroidir le sucre cristallisé intégral finalement obtenu est également réduite.

[0029] Par sucre cristallisé intégral on entend un sucre cristallisé obtenu en poursuivant la chauffe jusqu'à obtenir une cristallisation complète ou sensiblement complète, ou autrement dit, jusqu'à obtenir une évaporation complète ou sensiblement complète du liquide résiduel. Un sucre cristallisé intégral est un sucre conservant sa mélasse. Un sucre cristallisé intégral est également appelé sucre complet.

[0030] Selon l'invention, la chauffe est donc poursuivie jusqu'à cristalliser complètement, ou sensiblement complètement, le sucre. On comprend que la chauffe est poursuivie de manière à évaporer le liquide initialement contenu dans le jus filtré concentré, de manière et jusqu'à obtenir un sucre cristallisé intégral ayant un taux d'humidité compris entre 0% à 10%. Le liquide initialement contenu dans le jus filtré concentré est donc en grande partie évaporé au cours de l'étape de cristallisation. Le procédé selon l'invention ne s'accompagne pas d'une séparation d'une mélasse par rapport aux cristaux de sucre. Le sucre cristallisé intégral obtenu est totalement pourvu de sa mélasse. Au cours de la cristallisation, les minéraux, nutriments, oligo-éléments et vitamines initialement contenus dans le jus filtré concentré sont fixés sur les cristaux

de sucre par adsorption. Aussi, le sucre cristallisé intégral obtenu grâce au procédé selon l'invention conserve de grandes qualités nutritives.

[0031] Autrement dit, selon l'invention, le sucre cristallisé intégral est obtenu directement par la chauffe du jus filtré concentré poursuivie jusqu'à atteindre un taux d'humidité compris entre 0% et 10%. L'obtention du sucre ayant un taux d'humidité inférieur à 10% résulte de cette chauffe prolongée, et non par exemple d'une centrifugation ou autre action mécanique.

[0032] De préférence, la chauffe est poursuivie jusqu'à obtenir un sucre cristallisé dont le taux d'humidité est suffisamment faible pour qu'il soit fluide et que les cristaux de sucre ne s'agglomèrent pas. La chauffe, et donc la cristallisation, sont avantageusement poursuivie jusqu'à obtenir un taux d'humidité dans le sucre cristallisé intégral le plus faible possible.

[0033] Le sucre cristallisé intégral obtenu peut être directement consommé ou conditionné.

[0034] Le procédé selon l'invention est en outre dépourvu d'étape de centrifugation au cours ou après la cristallisation, dans la mesure où, selon l'invention, il n'y a pas de séparation de mélasse qu'il conviendrait d'évacuer. Le procédé est donc simplifié, permet une consommation d'énergie réduite et s'avère par conséquent moins coûteux.

[0035] De préférence, le procédé selon l'invention ne met pas en oeuvre d'étape de raffinage du sucre obtenu.

[0036] De manière non limitative, après l'étape de cristallisation, le procédé peut comprendre une étape de séchage complémentaire au cours de laquelle on projette de l'air sec sur le sucre cristallisé intégral obtenu. Un intérêt est de réduire encore le taux d'humidité du sucre cristallisé intégral.

[0037] Avantageusement, ledit seuil de concentration prédéterminé est compris entre 65% et 85%, de préférence environ égal à 80%. Autrement dit, on concentre le jus sucré filtré par évaporation de manière à obtenir un jus filtré concentré ayant une concentration en matière sèche avantageusement supérieure à 80%. Un intérêt est de réduire le temps de chauffe nécessaire pour initier la formation de cristaux de sucre. Aussi, la durée globale de la chauffe sous vide permettant de réaliser la cristallisation du sucre est réduite. La consommation d'énergie est donc encore réduite.

[0038] De manière avantageuse, la chauffe est poursuivie jusqu'à obtenir un sucre cristallisé intégral ayant un taux d'humidité inférieur à 7%, de préférence inférieur à 5 %. Un intérêt est d'évaporer d'autant plus de liquide résiduel et ainsi obtenir un sucre cristallisé intégral d'autant plus sec.

[0039] Préférentiellement, le sucre cristallisé intégral obtenu présente une concentration en saccharose supérieure à 85%, de préférence environ égale à 90%. Un tel sucre est particulièrement pur. Le sucre cristallisé intégral obtenu est avantageusement de couleur brune.

[0040] Avantageusement, lors de l'étape de cristallisation, on réalise une chauffe préliminaire du jus filtré con-

centré à une température d'évaporation préliminaire, sous une pression préliminaire comprise entre 250 millibars et 350 millibars, de préférence environ égale à 300 millibars, ladite température d'évaporation préliminaire étant fonction de ladite pression préliminaire.

[0041] Cette chauffe préliminaire permet d'évaporer le liquide contenu dans le jus filtré concentré jusqu'à sur-saturation de ce dernier et donc jusqu'à déclenchement spontané de la cristallisation. Il n'est pas nécessaire d'ensemencer le jus filtré concentré pour déclencher la cristallisation.

[0042] Cette chauffe préliminaire est avantageusement conduite pendant 30 à 60 minutes. Cette étape de chauffe préliminaire permet de concentrer davantage le jus filtré concentré. Cette étape de chauffe préliminaire est facultative.

[0043] A 300 millibars, la température d'évaporation préliminaire est avantageusement choisie environ égale à 75°C. Ce couple de pression et température permet de limiter la coloration du sucre cristallisé intégral finalement obtenu.

[0044] De manière préférentielle, lors de l'étape de cristallisation, on réalise une chauffe principale du jus filtré concentré à une température d'évaporation principale, sous une pression principale comprise entre 100 millibars et 200 millibars, de préférence environ égale à 150 millibars, ladite température d'évaporation principale étant fonction de ladite pression principale. Cette étape de chauffe principale permet d'évaporer l'eau liée résiduelle jusqu'à cristallisation sensiblement complète. Les paramètres de température et pression sont choisis de manière à réaliser une cristallisation la plus rapide possible, la plus complète possible et à moindre coût.

[0045] A 150 millibars, la température d'évaporation principale est avantageusement choisie environ égale à 70°C.

[0046] Selon l'invention, on comprend que la chauffe principale est poursuivie jusqu'à obtenir ledit sucre cristallisé intégral ayant un taux d'humidité compris entre 0% à 10%.

[0047] De préférence, avant l'étape de pressage des betteraves on réalise une étape de broyage desdites betteraves. On comprend alors que les betteraves broyées sont ensuite pressées. Un intérêt de faciliter le pressage des betteraves en les acheminant sous forme broyée. Ceci permet notamment d'extraire plus efficacement le jus sucré au cours du pressage.

[0048] De manière avantageuse, on agite le jus filtré concentré au cours de l'étape de cristallisation. Un intérêt est d'éviter la caramélisation du sucre et de favoriser la formation des cristaux de sucre. La cristallisation est donc d'autant plus rapide. L'agitation est de préférence maintenue de manière continue. L'agitation est de préférence réalisée à une vitesse constante.

[0049] De préférence, suite à l'étape de cristallisation, on place instantanément ledit sucre cristallisé intégral obtenu à la pression atmosphérique. La mise à la pression atmosphérique n'est donc pas progressive mais

soudaine. Un intérêt est d'éviter que le taux d'humidité du sucre cristallisé intégral obtenu n'augmente, par exemple en sortie de l'unité de cristallisation.

[0050] Avantageusement, l'étape de pressage des betteraves produit de la pulpe de betteraves, et on réalise une étape de diffusion dans laquelle on fait circuler ladite pulpe de betteraves dans un liquide de diffusion de manière à obtenir un jus de diffusion sucré. Un tel jus sucré peut ensuite être ajouté au jus sucré obtenu par le pressage des betteraves, ce mélange étant ensuite soumis à l'étape de filtration. Un intérêt est d'extraire davantage de sucre des betteraves et donc de réduire le gaspillage. Le liquide de diffusion est de préférence chauffé à une température comprise entre 60°C et 100°C.

[0051] De manière non limitative, le liquide de diffusion peut être le liquide évaporé suite à l'étape de concentration par évaporation du jus sucré filtré.

[0052] L'invention porte par ailleurs sur une installation de production de sucre à partir de betteraves comprenant :

- une presse configurée pour presser au moins un lot betteraves de manière à extraire un jus sucré ;
- au moins une membrane filtrante configurée pour filtrer le jus sucré ;
- une unité d'évaporation configurée pour concentrer le jus sucré filtré par évaporation, de manière à obtenir un jus filtré concentré ayant une concentration en matière sèche supérieure à un seuil de concentration prédéterminé;
- une unité de cristallisation comprenant une enceinte configurée pour recevoir le jus filtré concentré, une pompe à vide configurée pour faire le vide au sein de l'enceinte et un module de chauffage configuré pour chauffer le jus filtré concentré placé sous vide afin d'évaporer le liquide résiduel contenu dans le jus filtré concentré, jusqu'à obtenir un sucre cristallisé intégral ayant un taux d'humidité compris entre 0% et 10%.

[0053] De préférence, la presse est une presse à piston, encore de préférence une presse pneumatique. Elle peut être horizontale ou verticale. La presse comprend avantageusement un organe de filtration intégré.

[0054] L'unité d'évaporation est de préférence une unité d'évaporation à flots tombants. Un intérêt est de permettre une évaporation d'autant plus rapide. L'unité d'évaporation est de préférence configurée pour concentrer le jus sucré filtré sous vide.

[0055] De préférence, la membrane filtrante est une membrane d'ultrafiltration présentant un seuil de coupure compris entre 300 daltons et 15 kilodaltons. Un intérêt est de filtrer d'autant plus efficacement les molécules, et donc les rétentats, de très petite taille. Ceci permet d'obtenir un jus filtré plus clair et moins trouble, conduisant à la production d'un sucre dont la couleur est plus proche du blanc. En ajustant le seuil de coupure, on peut agir sur la coloration du sucre cristallisé intégral finalement

obtenu.

[0056] De préférence, le seuil de coupure est compris entre 0.1 μ m et 0.01 μ m.

[0057] Préférentiellement, l'unité d'évaporation comprend un évaporateur à flots tombants.

[0058] De préférence, l'unité de cristallisation comprend un agitateur configuré pour agiter le jus filtré concentré pendant que ce dernier est chauffé.

10 Brève description des dessins

[0059] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit d'un mode de réalisation de l'invention donné à titre d'exemple non limitatif, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

[Fig. 1] la figure 1 illustre un mode de mise en oeuvre du procédé de production de sucre selon l'invention ; et

[Fig. 2] la figure 2 est un graphique montrant l'évolution de la pression et de la température du jus filtré concentré au cours de l'étape de cristallisation.

Description des modes de réalisation

[0060] L'invention porte sur un procédé de production de sucre à partir de betteraves sucrières ainsi que sur une installation de production de sucre pour la mise en oeuvre de ce procédé.

[0061] La figure 1 montre un mode de mise en oeuvre, donné à titre d'exemple non limitatif, d'un procédé de production de sucre selon l'invention, au moyen d'une installation de production de sucre 10 également selon l'invention.

[0062] Tel qu'illustré en figure 1, l'installation 10 comprend un broyeur 12 configuré pour broyer des betteraves. L'installation 10 comprend également une presse 14, qui est dans cet exemple non limitatif une presse pneumatique à piston. La presse 14 est configurée pour presser des betteraves afin d'en extraire un jus sucré.

[0063] L'installation 10 comprend une unité de filtration 16 comprenant au moins une membrane filtrante 18. La membrane filtrante 18 est une membrane tangentielle. C'est une membrane d'ultra-filtration. Elle présente un seuil de coupure compris entre 300 daltons et 15 kilodaltons. La membrane filtrante 18 peut être organique ou minérale. De manière non limitative, l'unité de filtration 16 peut comprendre plusieurs étages de filtration successifs comprenant chacun une membrane filtrante.

[0064] L'installation 10 comprend par ailleurs une unité d'évaporation 20 configurée pour concentrer un jus sucré par évaporation, en chauffant ce dernier. Dans cet exemple non limitatif, l'unité d'évaporation 20 est une unité d'évaporation à flots tombants fonctionnant sous vide et mettant en oeuvre une technique de compression de vapeur. De manière non limitative, l'unité d'évaporation 20 peut être à multiple effets, de sorte qu'elle comprend une pluralité d'évaporateurs disposés en cascade. La vapeur

produite par un évaporateur est alors utilisée pour le chauffage de l'évaporateur suivant.

[0065] L'installation comprend de plus une unité de cristallisation **22** permettant de réaliser la cristallisation d'un sucre à partir d'un jus concentré en sucre, de manière à obtenir un sucre cristallisé intégral conformément à l'invention. Dans cet exemple non limitatif, l'unité de cristallisation **22** est un sécheur sous vide. Elle comprend une enceinte **24** destinée à recevoir le jus concentré en sucre. L'unité de cristallisation **22** comprend en outre une pompe à vide **26** configurée pour faire le vide au sein de l'enceinte **24**. L'unité de cristallisation **22** comprend par ailleurs un module de chauffage **28** configuré pour chauffer l'intérieur de l'enceinte **24**.

[0066] De manière non limitative, l'unité de cristallisation **22** comprend par ailleurs un agitateur **30**.

[0067] Dans cet exemple non limitatif, l'installation comprend également un extracteur **32** permettant de réaliser une étape de diffusion, notamment des pulpes **p** de betteraves issues du pressage.

[0068] L'installation est dépourvue de dispositif de centrifugation.

[0069] En référence à la figure **1**, nous allons maintenant décrire les étapes du procédé de production de sucre selon l'invention mis en oeuvre à l'aide de l'installation **10**.

[0070] Selon une première étape **S1**, on fournit un lot de betteraves sucrières **B**, et plus précisément des racines de betteraves sucrières dont les feuilles ont été retirées. Ces betteraves **B** ont de préférence été au préalable triées, lavées et pesées. Dans une deuxième étape **S2** non limitative, ces betteraves **B** sont broyées au moyen du broyeur **12**. Cette étape de broyage permettra ensuite de faciliter l'extraction du jus sucré lors du pressage.

[0071] Selon une troisième étape **S3**, on réalise le pressage des betteraves **B** broyées, au moyen de la presse **14**, de manière à extraire un jus sucré **Js₁**. Ce jus sucré **Js₁** se compose essentiellement d'eau et de saccharose. Un premier pressage permet d'extraire sensiblement 70% du jus sucré naturellement présent dans la betterave sucrière **B**. De manière non limitative, un même lot de betteraves peut être pressé à plusieurs reprises afin d'extraire d'autant plus de jus sucré.

[0072] Cette étape **S3** de pressage permet de s'affranchir d'une étape de diffusion pour extraire l'essentiel du jus sucré, et donc de l'utilisation d'un diffuseur de grande taille particulièrement coûteux. La consommation en eau et en énergie pour chauffer cette eau est particulièrement réduite. La production de dioxyde de carbone est également réduite.

[0073] L'étape de pressage produit des pulpes **p** de betteraves contenant encore une petite quantité de sucre. Dans cet exemple non limitatif, on réalise une étape de diffusion à partir des pulpes **p** de betteraves issues du pressage, afin de collecter une partie du sucre résiduel. Ces pulpes sont placées dans l'extracteur **32** où l'on fait circuler à contre-courant un liquide de diffusion

L chauffé, ici de l'eau. Ce liquide de diffusion peut être issu de l'évaporation du liquide lors de l'étape de concentration selon le procédé, appliquée à un lot de betteraves précédent. Ce liquide de diffusion **L** se charge alors en sucre par diffusion de sorte qu'on obtient un jus de diffusion sucré **Js₂** en sortie de l'extracteur **32**. Ce jus de diffusion sucré **Js₂** peut être ajouté au jus sucré **Js₁** obtenu après pressage. Un intérêt est d'augmenter le rendement du procédé en extrayant davantage de sucre des betteraves.

[0074] Les pulpes appauvries résultant de cette étape de diffusion peuvent être utilisées en biscuiterie, en panification ou en tant que complément alimentaire.

[0075] Le jus sucré **Js₁** extrait par pressage, auquel on a ici ajouté, de manière non limitative, le jus de diffusion **Js₂**, est acheminé vers l'unité de filtration **16**.

[0076] On réalise alors une étape de filtration **S4** au moyen de la ou des membrane(s) filtrante(s) **18** de l'unité de filtration **16**, de manière à obtenir un jus sucré filtré **Jsf**. Le jus sucré est ici chauffé à environ 75°C avant d'être filtré. La filtration réalisée est une ultra-filtration tangentielle, permettant de clarifier et purifier le jus sucré en retenant les molécules dont la dimension est supérieure au seuil de coupure de ladite membrane filtrante **18**. De manière non limitative, l'étape de filtration **S4** peut être répétée à plusieurs reprises afin de purifier encore davantage le jus sucré filtré **Jsf**.

[0077] Le jus sucré filtré **Jsf** obtenu suite à l'étape de filtration **S4** présente une concentration en matière sèche avantageusement supérieure à 60 % et sa pureté, considérée comme étant le rapport entre sa concentration en sucre sur sa concentration en matière sèche, est avantageusement supérieure à 80%. L'étape de filtration **S4** constitue une étape de purification du jus sucré. Grâce à l'invention, il n'est pas nécessaire de purifier le jus sucré au moyen de chaux. Le procédé selon l'invention ne met pas en oeuvre de produits chimiques et permet également de réduire la production de dioxyde de carbone. La pureté du jus sucré filtré est suffisante pour permettre sa concentration par évaporation.

[0078] Le jus sucré filtré **Jsf** est ensuite acheminé vers l'unité d'évaporation **20** et on réalise une cinquième étape **S5** de concentration du jus sucré filtré **Jsf**, par évaporation, à l'aide de ladite unité d'évaporation **20**. Au sein de l'unité d'évaporation, le jus sucré filtré **Jsf** est chauffé, de préférence sous vide, de manière à évaporer une partie du liquide qu'il contient. Le jus sucré filtré **Jsf** est maintenu en circulation à l'intérieur de l'unité d'évaporation tout au long de l'étape de concentration. Une partie du liquide, notamment de l'eau, contenu initialement dans le jus sucré filtré s'évapore jusqu'à obtenir un jus filtré concentré **Jsf_c** ayant une concentration en matière sèche supérieure à un seuil de concentration prédéterminé. Dans cet exemple non limitatif, le seuil de concentration prédéterminé est environ égal à 80%, soit une concentration en matière sèche supérieure à 80%. Le jus filtré concentré **Jsf_c** forme un sirop.

[0079] Le jus filtré concentré **Jsf_c** est alors amené

dans l'enceinte **24** de l'unité de cristallisation. L'enceinte **24** est placée sous vide à l'aide de la pompe à vide **26**, à une pression inférieure à la pression atmosphérique. On réalise alors une sixième étape **S6** de cristallisation dans laquelle on chauffe, au moyen du module de chauffage **28**, le jus filtré concentré **Jsfc** sous vide afin d'évaporer le liquide résiduel contenu dans le jus filtré concentré et réaliser la cristallisation du sucre, jusqu'à obtention d'un sucre cristallisé intégral **C**. Le liquide évaporé est essentiellement de l'eau. De manière non limitative, la chauffe est réalisée par l'intermédiaire d'un fluide chauffé à une température de consigne, par exemple de l'eau ou de la vapeur d'eau.

[0080] De préférence, le jus filtré concentré **Jsfc** est agité à l'aide de l'agitateur **30** pendant qu'il est chauffé, de préférence de manière continue et tout au long de la cristallisation.

[0081] Un exemple d'étape **S6** de cristallisation selon l'invention va être décrit en référence à la figure **2**. Cette figure **2** est un graphique illustrant, en points blancs, l'évolution de la température **T** du jus filtré concentré **Jsfc** et, en points noirs, l'évolution de la pression **P** au sein de l'enceinte **24** en fonction du temps **t**, au cours de l'étape de cristallisation.

[0082] Tel qu'on le constate sur ce graphique, on réalise d'abord une chauffe préliminaire du jus filtré concentré **Jsfc** pendant une période **t1** d'une durée d'environ 35 minutes. Le jus filtré concentré est chauffé par l'intermédiaire d'une eau chauffée maintenue à une température de consigne d'environ 100°C. Pendant cette chauffe préliminaire, l'enceinte est placée sous vide à une pression préliminaire **P** d'environ 300 millibars de sorte que le jus filtré concentré **Jsfc** est amené à une température d'évaporation préliminaire d'environ 76°C. En se plaçant sous vide, la température d'ébullition du liquide et notamment de l'eau contenue dans le jus filtré concentré **Jsfc** est abaissée. La consommation d'énergie nécessaire à l'évaporation de l'eau résiduelle est donc réduite. Cette étape de chauffe préliminaire permet de concentrer davantage le jus filtré concentré **Jsfc** jusqu'à déclenchement de la cristallisation. Le couple de pression **P** et température **T** appliqué lors de cette étape de chauffe préliminaire permet en outre de réduire la coloration du sucre cristallisé intégral **C** finalement obtenu.

[0083] Durant une deuxième période **t2** illustrée en figure **2**, allant des minutes 35 à 45, le jus filtré concentré **Jsfc** est amené à sursaturation et la cristallisation débute de manière spontanée, sans qu'il ne soit nécessaire de l'ensemencer.

[0084] Dans une troisième période **t3** de la cristallisation, allant dans cet exemple non limitatif des minutes 45 à 55, on baisse la pression **P**, de sorte que la température **T** du jus filtré concentré **Jsfc** est abaissée également. Durant cette troisième étape **t3**, on réalise une chauffe principale du jus filtré concentré à une pression principale d'environ 150 millibars, le jus filtré concentré étant à une température d'évaporation principale d'environ 70°C.

[0085] Durant cette étape de chauffe principale, la cris-

tallisation se poursuit et se complète. Selon l'invention, la chauffe, et donc ici l'étape de chauffe principale, est poursuivie jusqu'à obtenir un sucre cristallisé intégral **C** ayant un taux d'humidité compris entre 0% à 10%, de préférence inférieur à 7%, encore de préférence inférieur à 5%. Autrement dit, la chauffe est poursuivie jusqu'à cristalliser complètement, ou sensiblement complètement, le sucre. Le liquide initialement contenu dans le jus filtré concentré **Jsfc** est donc en grande partie évaporé au cours de l'étape de cristallisation. Le procédé selon l'invention, et notamment l'étape de cristallisation, conduit directement à la formation d'un sucre cristallisé intégral **C** et ne s'accompagne pas d'une séparation d'une mélasse par rapport aux cristaux de sucre. Il n'y a donc pas lieu de réaliser une étape finale de centrifugation. Les minéraux, nutriments, oligo-éléments et vitamines initialement contenus dans le jus filtré concentré sont fixés sur les cristaux de sucre par adsorption. Aussi, le sucre cristallisé intégral obtenu grâce au procédé selon l'invention conserve de grandes qualités nutritives.

[0086] Au cours de l'étape de cristallisation, la formation de cristaux de sucre est sensiblement linéaire au cours du temps.

[0087] Suite à cette troisième période **t3** et donc lorsque la cristallisation est terminée, on place instantanément ledit sucre cristallisé intégral **C** obtenu à la pression atmosphérique, afin d'éviter que son taux d'humidité n'augmente. Un air sec peut être soufflé sur le sucre cristallisé intégral. Le sucre cristallisé intégral **C** peut alors être conditionné et consommé.

Revendications

1. Procédé de production de sucre à partir de betteraves (B), le procédé comprenant les étapes selon lesquelles :

- on fournit au moins un lot de betteraves ;
- on réalise au moins une étape de pressage des betteraves de manière à extraire un jus sucré (J_{s1}) ;
- on filtre le jus sucré à l'aide d'au moins une membrane filtrante (18) ;
- on concentre le jus sucré filtré (J_{sf}) par évaporation de manière à obtenir un jus filtré concentré (J_{sfc}) ayant une concentration en matière sèche supérieure à un seuil de concentration prédéterminé ; et
- on réalise une étape de cristallisation dans laquelle on chauffe le jus filtré concentré sous vide afin d'évaporer le liquide résiduel contenu dans le jus filtré concentré, la chauffe étant poursuivie jusqu'à obtenir un sucre cristallisé intégral (S) ayant un taux d'humidité compris entre 0% à 10%.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit

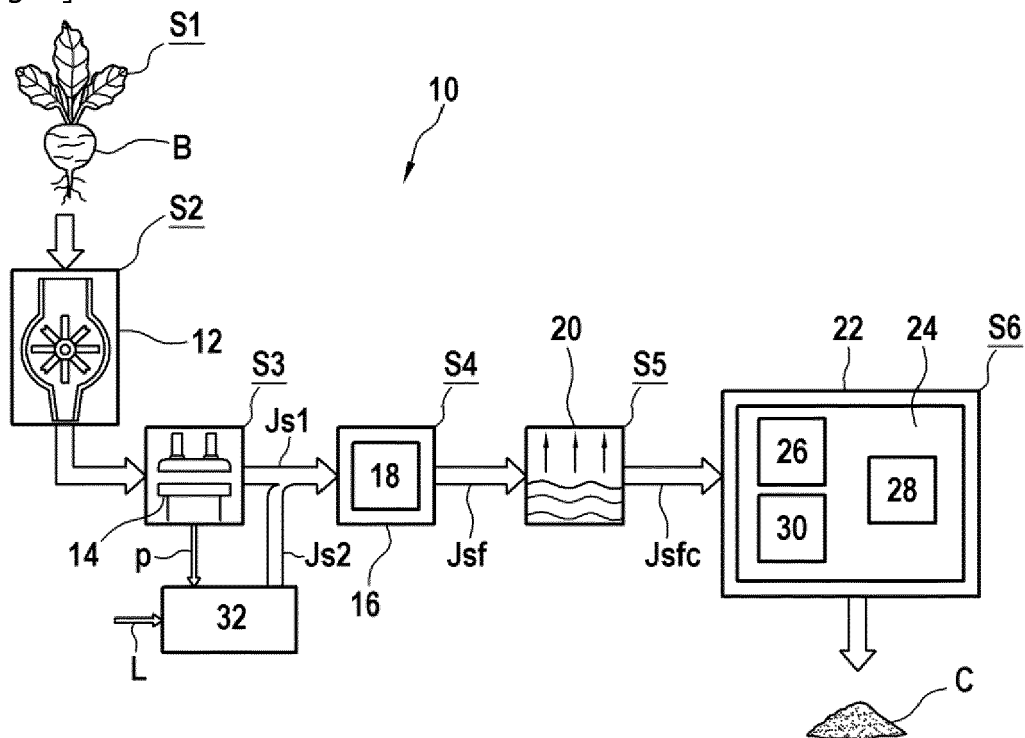
seuil de concentration prédéterminé est compris entre 65% et 85%, de préférence environ égal à 80%.

3. Procédé de selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la chauffe est poursuivie jusqu'à obtenir un sucre cristallisé intégral (S) ayant un taux d'humidité inférieur à 7%, de préférence inférieur à 5 %. 5
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le sucre intégral cristallisé (S) obtenu présente une concentration en saccharose supérieure à 85%, de préférence environ égale à 90%. 10
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel lors de l'étape de cristallisation, on réalise une chauffe préliminaire du jus filtré concentré (Jsfc) à une température d'évaporation préliminaire, sous une pression préliminaire comprise entre 250 millibars et 350 millibars, de préférence environ égale à 300 millibars, ladite température d'évaporation préliminaire étant fonction de ladite pression préliminaire. 15 20
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel, lors de l'étape de cristallisation, on réalise une chauffe principale du jus filtré concentré (Jsfc) à une température d'évaporation principale, sous une pression principale comprise entre 100 millibars et 200 millibars, de préférence environ égale à 150 millibars, ladite température d'évaporation principale étant fonction de ladite pression principale. 25 30
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel avant l'étape de pressage des betteraves (B) on réalise une étape de broyage des dites betteraves. 35
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel on agite le jus filtré concentré (Jsfc) au cours de l'étape de cristallisation. 40
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel, suite à l'étape de cristallisation, on place instantanément ledit sucre cristallisé intégral obtenu (S) à la pression atmosphérique. 45
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel l'étape de pressage des betteraves produit de la pulpe (p) de betteraves, dans lequel on réalise une étape de diffusion dans laquelle on fait circuler ladite pulpe de betteraves dans un liquide de diffusion (L) de manière à obtenir un jus de diffusion sucré (Js₂). 50 55
11. Installation (10) de production de sucre à partir de betteraves comprenant :

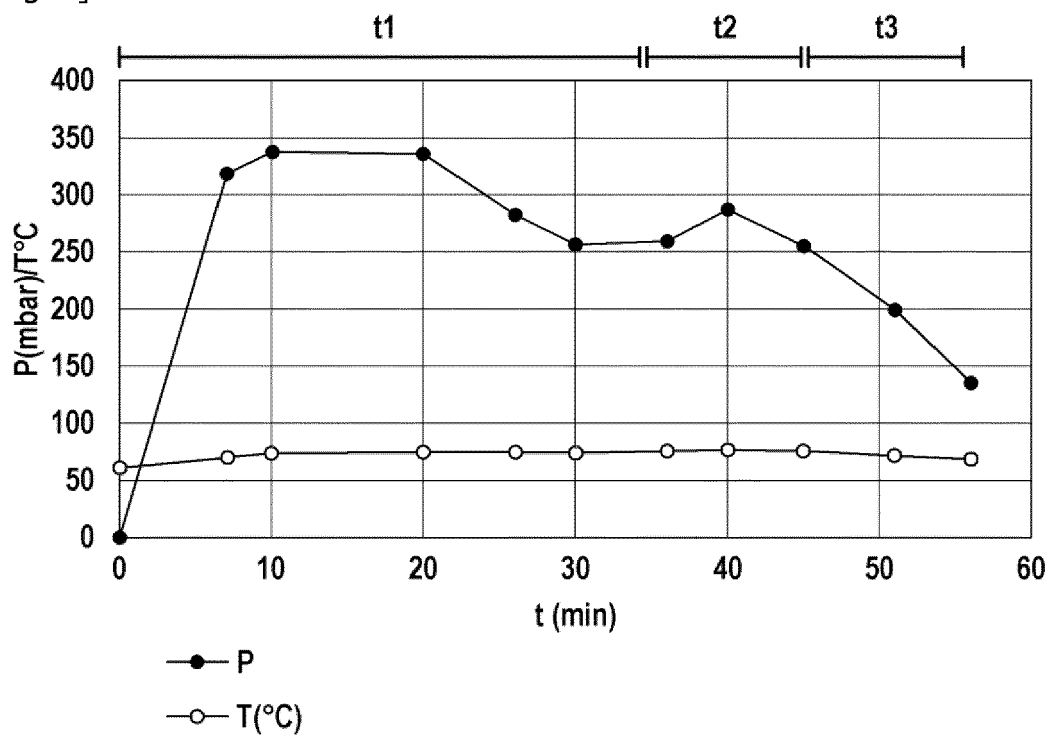
- une presse (14) configurée pour presser au moins un lot betteraves (B) de manière à extraire un jus sucré (Js₁);
- au moins une membrane filtrante (18) configurée pour filtrer le jus sucré ;
- une unité d'évaporation (20) configurée pour concentrer le jus sucré filtré (Js_f) par évaporation, de manière à obtenir un jus filtré concentré (Jsfc) ayant une concentration en matière sèche supérieure à un seuil de concentration prédéterminé;
- une unité de cristallisation (22) comprenant une enceinte (24) configurée pour recevoir le jus filtré concentré, une pompe à vide (26) configurée pour faire le vide au sein de l'enceinte et un module de chauffage (28) configuré pour chauffer le jus filtré concentré placé sous vide afin d'évaporer le liquide résiduel contenu dans le jus filtré concentré, jusqu'à obtenir un sucre cristallisé intégral (S) ayant un taux d'humidité compris entre 0% et 10%.

12. Installation de production de sucre selon la revendication 11, dans laquelle la membrane filtrante (18) est une membrane d'ultrafiltration présentant un seuil de coupure compris entre 300 daltons et 15 kilodaltons.
13. Installation de production de sucre selon la revendication 11 ou 12, dans laquelle l'unité d'évaporation (20) comprend un évaporateur à flots tombants.
14. Installation de production de sucre selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, dans laquelle l'unité de cristallisation (22) comprend un agitateur (30) configuré pour agiter le jus filtré concentré (Jsfc) pendant que ce dernier est chauffé.

[Fig. 1]



[Fig. 2]





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 17 3746

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2004/231663 A1 (CARTER MELVIN PAUL [DK] ET AL) 25 novembre 2004 (2004-11-25) * abrégé * * revendications 1,13 * * alinéas [0005], [0025], [0109], [0110] * * exemples * -----	1-6,9,10,12	INV. C13B10/08 C13B25/04 C13B30/02 C13B40/00
X	US 6 406 547 B1 (DONOVAN MICHAEL [GB] ET AL) 18 juin 2002 (2002-06-18) * abrégé * * exemples 1e, 2a * * summary of the invention * -----	1,2,5,6,9,12	
X	JP 4 530342 B2 (TSUKISHIMA KIKAI CO) 25 août 2010 (2010-08-25) * abrégé * * alinéas [0022] - [0042] * * revendications 1-8 * -----	1-9,11-13,14	
Y			
A	CN 108 315 500 A (INNER MONGOLIA BIOHYMN NEW AGRICULTURE TECH CO LTD; SUN TIEJUN) 24 juillet 2018 (2018-07-24) * abrégé * * exemple 2 * * revendications 1,3 * -----	1-14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) C13B
A	WO 2009/125088 A2 (ECOPSI [FR]; TIERNY JEAN-BENOIT [FR]) 15 octobre 2009 (2009-10-15) * abrégé * * page 8, ligne 25 - page 12, ligne 21 * * revendication 1 * -----	1-14	
Y	CN 106 119 430 A (UNIV GUANGXI) 16 novembre 2016 (2016-11-16) * abrégé * * revendications 1-3 * -----	14	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 2 octobre 2024	Examineur de La Tour, Camille
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 24 17 3746

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

02-10-2024

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2004231663 A1	25-11-2004	AT E384142 T1	15-02-2008
		AU 2002333199 A1	10-03-2003
		CA 2456257 A1	06-03-2003
		DE 60224680 T2	15-01-2009
		DK 1419278 T3	07-07-2008
		EP 1419278 A2	19-05-2004
		ES 2297041 T3	01-05-2008
		JP 2005500078 A	06-01-2005
		US 2004231663 A1	25-11-2004
		WO 03018848 A2	06-03-2003
US 6406547 B1	18-06-2002	AUCUN	
JP 4530342 B2	25-08-2010	JP 4530342 B2	25-08-2010
		JP 2006020521 A	26-01-2006
CN 108315500 A	24-07-2018	AUCUN	
WO 2009125088 A2	15-10-2009	CA 2718617 A1	15-10-2009
		CN 102084008 A	01-06-2011
		EG 26636 A	14-04-2014
		EP 2255018 A2	01-12-2010
		FR 2928817 A1	25-09-2009
		MA 32220 B1	01-04-2011
		RU 2010142638 A	27-04-2012
		UA 104419 C2	10-02-2014
		US 2011039011 A1	17-02-2011
		WO 2009125088 A2	15-10-2009
CN 106119430 A	16-11-2016	AUCUN	

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82