

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
11 janvier 2007 (11.01.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/003763 A2

(51) Classification internationale des brevets :
G01N 21/27 (2006.01) **B07C 5/342** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2006/001513

(22) Date de dépôt international : 29 juin 2006 (29.06.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0506742 30 juin 2005 (30.06.2005) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **SFERIS**
[FR/FR]; 2, place Pierre Viala, F-34000 Montpellier (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
BERNARD, Nicolas [FR/FR]; 8, rue du Four de la

Caux, F-34570 Pignan (FR). **LARCHEVEQUE, Boris**
[FR/FR]; 12, rue Tapie, F-30320 Bezouce (FR). **ZEBIC,**
Olivier, Bertrand, Daniel [FR/FR]; Mas Brugas-Chemin
d'Argelliers, F-34250 La Boissière (FR).

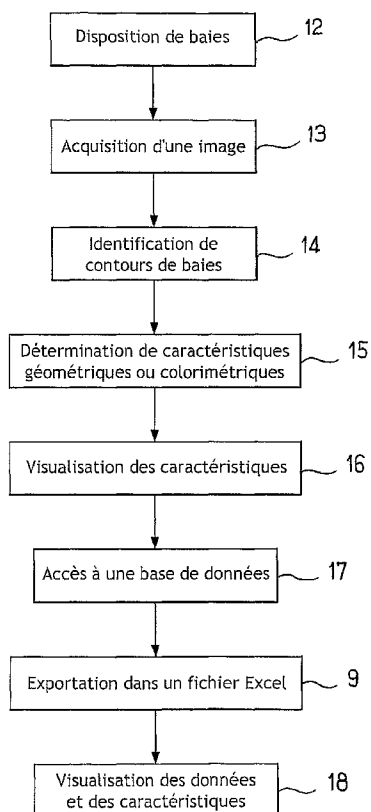
(74) Mandataire : **MAZABRAUD, Xavier**; Pontet Allano &
Associés SELARL, 25, rue Jean Rostand, Parc Club Orsay
Université, F-91893 Orsay Cedex (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU,
LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ANALYSING BERRIES

(54) Titre : PROCÉDE ET DISPOSITIF D'ANALYSE DE BAIES



(57) Abstract: The invention relates to a method for analysing berries, said method being characterised in that: berries are arranged on an analysis plate, an image of the berries is recorded, said image consisting of pixels of at least one component of an elementary colour, the contours of the berries are identified, and geometric and/or colorimetric characteristics of the berries are determined. The number of berries can then be determined, or a volume, a surface area, a surface area to volume ratio, and a characteristic concentration for each berry can be determined, in addition to an average, for all of the pixels inside the contour of a defined berry, of the values of a component of an elementary colour of a component of interest. The invention also relates to a device for implementing said method. The invention especially relates to viticulture and to the analysis of the maturity of the grape.

(57) Abrégé : Procédé d'analyse de baies, caractérisé en ce qu'il comprend : - une disposition de baies sur un plateau d'analyse, - une acquisition d'une image des baies disposées, ladite image des baies étant composée de pixels d'au moins une composante de couleur élémentaire, - une identification de contours des baies, et - une détermination de caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques des baies. On peut alors déterminer le nombre de baies, ou pour chaque baie un volume, une superficie, un rapport superficie sur volume, une concentration caractéristique, ainsi qu'une moyenne, sur tous les pixels à l'intérieur du contour d'une baie considérée, des valeurs d'une composante de couleur élémentaire ou d'intérêt. L'invention concerne aussi un dispositif mettant en œuvre ce procédé. Application notamment à la viticulture et à l'analyse de la maturité du raisin.

WO 2007/003763 A2



(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

«Procédé et dispositif d'analyse de baies»

Domaine technique

La présente invention concerne un procédé d'analyse de baies. Elle
5 vise également un dispositif d'analyse de baies mettant en œuvre ce procédé.

L'analyse de baies permet notamment d'en évaluer la maturité et l'hétérogénéité. Le domaine de l'invention est plus particulièrement celui de la viticulture et de l'analyse de la maturité du raisin.

10

Etat de la technique antérieure

Il est essentiel, pour une bonne vinification, de déterminer la maturité optimale du raisin.

La maturation est un phénomène complexe, dans lequel interviennent
15 biosynthèses, transports, stockages et transformations de différents éléments comme des sucres et des acides organiques, des phénols ou des précurseurs d'arômes. De nombreuses techniques permettent aujourd'hui d'évaluer la maturité du raisin.

Citons par exemple des techniques comme la mesure de la
20 concentration en sucres ou en acides de baies de raisin par dosage chimique. Le rapport sucres sur acides, appelé indice de maturation, ne permet pas de conclure de manière affirmative sur la maturité de baies de raisin, il faut aussi s'intéresser aux valeurs des deux composantes de ce rapport, et considérer ce rapport dans une échelle spécifique à chaque
25 cépage.

On peut aussi citer des techniques comme la dégustation de baies, qui comporte un caractère subjectif et limité en échantillonnage, ou l'étude du rapport entre la concentration en acide tartrique et en acide malique.

Toutes ces techniques ne permettent pas d'appréhender de manière
30 complète la maturité du raisin, ni de suivre la maturation dans sa complexité.

Le but de la présente invention est de proposer un procédé et un dispositif d'analyse de baies, notamment de baies de raisin, non pas à partir de dosages chimiques, mais à partir de caractéristiques visuelles de

baies. L'avantage du suivi d'une caractéristique visuelle telle que le volume des baies est qu'il permet de tracer directement des cinétiques de volume de baies, et qu'il permet ainsi de prévoir ou constater par exemple un flétrissement des baies.

5

Exposé de l'invention

Cet objectif est atteint avec un procédé d'analyse de baies, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une disposition de baies sur un plateau d'analyse,
- 10 - une acquisition d'une image des baies disposées, ladite image des baies étant composée de pixels d'au moins une composante de couleur élémentaire,
- une identification de contours des baies, et
- une détermination de caractéristiques géométriques et/ou
- 15 colorimétriques des baies.

Le procédé selon l'invention peut comprendre en outre un éclairage des baies selon des conditions d'éclairement prédéterminées.

- Le procédé selon l'invention peut comprendre en outre un étalonnage géométrique de l'image des baies, ou une correction des couleurs de l'image
- 20 des baies.

L'identification de contours des baies peut comprendre :

- une transformation de l'image des baies en une image seuillée, sur laquelle on distingue des blocs de baies,
- une suppression d'impuretés de l'image seuillée, et
- 25 - une segmentation des blocs de baies en baies aux contours définis.

La transformation en image seuillée peut comprendre un seuillage de l'image des baies selon un seuil de valeur d'une composante de couleur élémentaire.

- La suppression d'impuretés peut comprendre une succession d'érosions
- 30 et de dilatations des blocs de baies ou un algorithme de bouchage de trous par propagation.

La segmentation des blocs de baies peut comprendre :

- une transformation de l'image seuillée en une image de niveaux de gris,

- un seuillage par logique floue de l'image de niveaux de gris,
- une utilisation d'un opérateur d'érosion jusqu'à obtenir un centre de gravité par baie, et
- une expansion autour des centres de gravité, jusqu'à obtention des contours des baies.

5

Le procédé selon l'invention peut comprendre en outre une détermination du nombre de baies sur l'image de baies.

La détermination de caractéristiques peut comprendre une détermination d'un volume par baie, ainsi que d'une moyenne et d'un facteur d'hétérogénéité du volume de toutes les baies. La détermination de caractéristiques peut aussi comprendre une détermination d'une superficie par baie, ainsi que d'une moyenne et d'un facteur d'hétérogénéité de la superficie de toutes les baies. La détermination de caractéristiques peut aussi comprendre une détermination d'un rapport d'une superficie sur un volume par baie, ainsi que d'une moyenne et d'un facteur d'hétérogénéité du rapport d'une superficie sur un volume de toutes les baies. Cette détermination de caractéristiques peut aussi comprendre, pour chaque baie et au moins une composante de couleur élémentaire, un calcul d'une moyenne, sur tous les pixels de l'image des baies à l'intérieur du contour d'une baie considérée, des valeurs d'une composante de couleur élémentaire considérée. Dans le cas où la composante de couleur élémentaire est située dans l'infrarouge, le procédé selon l'invention peut comprendre en outre une détermination, par spectrophotométrie infrarouge et chimiométrie, d'au moins une concentration caractéristique par baie, ainsi qu'une détermination d'une moyenne et d'un facteur d'hétérogénéité d'au moins d'une des concentrations caractéristiques de toutes les baies. Les concentrations caractéristiques peuvent par exemple consister en une quantité de sucre, une acidité, une concentration en azote, une concentration en anthocyanes, ou une concentration en polyphénols. De plus, cette détermination de caractéristiques peut aussi comprendre, pour chaque baie et au moins une composante de couleur d'intérêt, un calcul d'une moyenne, sur tous les pixels de l'image des baies à l'intérieur du contour d'une baie considérée, des valeurs d'une composante de couleur d'intérêt considérée, à partir des moyennes de valeurs d'une composante de

10

15

20

25

30

couleur élémentaire. Enfin, cette détermination de caractéristiques peut aussi comprendre un calcul d'une moyenne et d'un facteur d'hétérogénéité des moyennes des valeurs d'une composante de couleur élémentaire ou d'intérêt de toutes les baies. On peut entendre par facteur d'hétérogénéité
5 un coefficient de dispersion calculé par un rapport d'un écart type avec une moyenne.

Dans un premier mode de réalisation appliqué à des baies de raisin blanc, les composantes de couleurs d'intérêts peuvent être le jaune et le vert.

10 Dans un second mode de réalisation appliqué à des baies de raisin rouge, les composantes de couleurs d'intérêts peuvent être le rouge et le noir.

Le procédé selon l'invention peut comprendre en outre un accès à une base de données comprenant notamment d'autres résultats d'analyses de
15 baies obtenus à l'aide d'un procédé quelconque. Ces résultats d'analyses peuvent donc aussi bien être des caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques obtenues à l'aide d'un procédé selon l'invention, que d'autres types de données comme des concentrations par baie, tels que l'acidité ainsi que le dosage de sucres, qui, couplé au volume donne le taux
20 de chargement en sucres.

Le procédé selon l'invention peut comprendre en outre une visualisation des caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques déterminées et/ou d'autres données. Il peut aussi comprendre en outre une visualisation d'une évolution temporelle de caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques
25 déterminées selon l'invention et/ou d'autres données. Parmi les exemples d'autres données, on peut citer des données issues d'une base de données ou d'une autre source quelconque.

Il peut aussi comprendre en outre un export, dans un fichier d'un tableur, des caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques, et/ou
30 d'autres résultats d'analyses de baies obtenus à l'aide d'un procédé quelconque. Dans un mode préférentiel de réalisation, le fichier est un fichier Excel.

Le procédé selon l'invention peut comprendre en outre une réitération du procédé selon l'invention sur le même type de baies. Le procédé selon

l'invention peut alors comprendre en outre une analyse temporelle des caractéristiques géométriques et colorimétriques des baies.

Selon un autre aspect de l'invention, il est proposé un dispositif
5 d'analyse de baies mettant en œuvre le procédé précédent, caractérisé en ce qu'il comprend:

- un plateau d'analyse,
- des moyens pour acquérir une image de baies disposées sur le plateau d'analyse, ladite image étant composée de pixels d'au moins
10 une composante de couleur élémentaire, et
- des moyens pour déterminer des caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques des baies.

Le dispositif selon l'invention peut comprendre en outre des moyens pour éclairer des baies disposées sur le plateau d'analyse. Il peut alors
15 comprendre en outre une surface de verre dépoli située entre les moyens pour éclairer et le plateau d'analyse, et située en amont des moyens pour acquérir une image de baies. De cette manière, l'éclairage du plateau d'analyse est plus homogène, et les moyens pour acquérir une image ne voient pas à travers le verre dépoli.

20 Le plateau d'analyse peut être d'une couleur se démarquant de la couleur des baies.

Le plateau d'analyse peut comprendre des renforcements espacés.

Les moyens pour acquérir une image de baies peuvent comprendre un appareil d'imagerie numérique possédant des pixels de trois composantes
25 de couleurs élémentaires: rouge, vert, et bleu. On aurait aussi pu imaginer une caméra multispectrale réalisant une acquisition d'une image de baies dans un domaine du visible et/ou un domaine de l'infrarouge, pour permettre en plus l'acquisition directe d'une concentration caractéristique telle que une quantité de sucre, une acidité, une concentration en azote,
30 une concentration en anthocyanes, ou une concentration en polyphénols.

Le dispositif selon l'invention peut comprendre en outre des moyens pour étalonner géométriquement l'image de baies. Ces moyens pour étalonner géométriquement l'image de baies peuvent comprendre un objet de référence aux dimensions connues.

Le dispositif selon l'invention peut comprendre en outre des moyens pour corriger les couleurs de l'image de baies. Ces moyens pour corriger les couleurs de l'image de baies peuvent comprendre une mire de couleur. Dans un premier mode de réalisation, la mire est une mire bicolore
5 circulaire noir et blanc. Dans un deuxième mode de réalisation, la mire est une mire couleur de type "Macbeth".

Les moyens pour déterminer des caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques peuvent comprendre des moyens de traitement d'image, comme un ordinateur et un logiciel de traitement d'image.

10 Le dispositif selon l'invention peut comprendre en outre des moyens pour accéder à une base de données comprenant notamment d'autres résultats d'analyses de baies obtenus à l'aide d'un dispositif quelconque. Ces résultats d'analyses peuvent donc aussi bien être des caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques obtenues à l'aide d'un dispositif selon
15 l'invention, que d'autres types de données comme des dosages de sucres.

Le dispositif selon l'invention peut comprendre en outre des moyens pour visualiser les caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques déterminées et/ou d'autres données. Il peut aussi comprendre en outre des moyens pour visualiser une évolution temporelle de caractéristiques
20 géométriques et/ou colorimétriques déterminées selon l'invention et/ou d'autres données.

Le dispositif selon l'invention peut comprendre en outre des moyens pour exporter, dans un fichier d'un tableur, des caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques, et/ou d'autres résultats d'analyses de
25 baies obtenus à l'aide d'un dispositif quelconque. Dans un mode préférentiel de réalisation, le fichier est un fichier Excel.

Description des figures et modes de réalisation

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à
30 l'examen de la description détaillée de mises en œuvre nullement limitatives, et des dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1A et 1B illustrent un dispositif d'analyse de baies selon l'invention,

- la figure 2 est un organigramme d'un mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention,
- la figure 3A illustre une image de baies disposées sur un plateau d'analyse de manière désordonnée, et acquise à l'aide d'un dispositif selon l'invention,
- 5 - la figure 3B illustre une image de baies disposées sur un plateau d'analyse de manière ordonnée, et acquise à l'aide d'un dispositif selon l'invention,
- les figures 4A à 4H illustrent une identification de contours de baies sur une image selon l'invention :
 - la figure 4A illustre une méthode de calcul d'un seuil de valeur
 - 10 d'une composante de couleur,
 - la figure 4B illustre une transformation d'une image de baies en une image seuillée,
 - la figure 4C illustre une suppression de petites impuretés d'une image seuillée,
 - 15 • la figure 4D illustre une suppression d'impuretés type reflets lumineux d'une image seuillée,
 - la figure 4E illustre une transformation d'une image seuillée en une image de niveaux de gris,
 - la figure 4F illustre un seuillage par logique flou d'une image de
 - 20 niveaux de gris,
 - la figure 4G illustre une image baie par baie,
 - la figure 4H illustre une image numérique d'une baie au contour défini,
- la figure 5 illustre une visualisation de caractéristiques de baies
- 25 déterminées selon l'invention, et
- la figure 6 illustre une visualisation de l'évolution d'une caractéristique de baies déterminée selon l'invention, en fonction du temps.

On va tout d'abord décrire, en référence aux figures 1A et 1B, un

30 exemple de dispositif 1 d'analyse de baies selon l'invention. La figure 1A est une vue générale et la figure 1B est une vue de coupe de profil du dispositif 1. Un tel dispositif comprend un plateau 2 d'analyse de baies, sur lequel on peut disposer des baies. Il comprend aussi sous sa partie supérieure 3 des moyens 4 pour éclairer des baies disposées sur le plateau comprenant un

tube néon circulaire, et des moyens 5 pour acquérir une image numérique, sensiblement focalisés sur le plateau d'analyse. Il comprend de plus un panel PC 6 comprenant une unité centrale d'un ordinateur, un logiciel de traitement d'images qui permet d'extraire d'une image numérique de baies
5 des caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques desdites baies, des moyens de connexion à une base de données, et un écran à dalle tactile 8 de visualisation. L'écran de visualisation permet notamment de visualiser les caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques extraites, ou d'autres données, comme des évolutions temporelles de caractéristiques
10 géométriques et/ou colorimétriques déterminées selon l'invention, ou des données issues d'une base de données ou d'une autre source quelconque. Il permet aussi une interaction avec un utilisateur.

Le dispositif 1 comprend en outre un dépoli 7 entre les moyens 4 pour éclairer et le plateau 2, ceci afin d'homogénéiser la lumière au niveau
15 du plateau.

Le plateau 2 d'analyse peut avoir à sa surface des renforcements espacés.

Dans un mode préférentiel de réalisation, le plateau 2 d'analyse est d'une couleur se démarquant de la couleur des baies, par exemple bleu
20 dans le cas de baies de raisin.

Un tel dispositif peut aussi comprendre des moyens 10 pour corriger les couleurs de l'image numérique ou des moyens 11 pour étalonner géométriquement l'image. Pour corriger les couleurs, on peut par exemple imaginer une mire bicolore circulaire noir et blanc située sur le plateau 2.
25 Cette mire, spécialement conçue pour étalonner les systèmes restituant la couleur, est constituée d'un disque blanc sur un disque noir deux fois plus grand, aux proportions de couleurs élémentaires rouge, vert, et bleu connues. On aurait aussi pu imaginer une mire de type "Macbeth" située sur le plateau 2. Cette mire, aussi conçue pour étalonner les systèmes
30 restituant la couleur, est constituée d'un pluralité de cases de différentes couleurs, aux proportions de couleurs élémentaires rouge, vert, et bleu connues. Pour étalonner géométriquement l'image, on peut utiliser un objet de référence aux dimensions connues, telle qu'une mire graduée. Il est cependant astucieux d'utiliser comme objet de référence aux dimensions

connues le plateau de positionnement 2. L'étalonnage géométrique est obligatoire pour connaître la taille d'un pixel d'une image en millimètres, utile lors d'un calcul d'un volume d'une baie. Les moyens 10 pour corriger les couleurs et les moyens 11 pour étalonner géométriquement l'image ne sont cependant pas nécessaires dans le cas où les moyens 4 pour éclairer, ainsi que la position relative des moyens 4 pour éclairer par rapport au plateau 2, ne changent pas, car dans ce cas là le dispositif peut être étalonné une unique fois lors de sa fabrication.

10 Nous allons maintenant décrire, en référence à la figure 2, un organigramme d'un mode de mise en œuvre du procédé d'analyse de baies selon l'invention. On commence par une disposition 12 des baies sur un plateau d'analyse. On fait ensuite une acquisition 13 d'une image des baies sur le plateau, succédée par une identification 14 de contours des baies
15 présentes sur l'image. L'image est composée de pixels d'une pluralité de composantes de couleurs élémentaires, classiquement rouge, vert et bleu. Un exemple d'identification de contours est détaillé sur les figures suivantes. Cette identification de contours permet une détermination 15 de caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques, telles que :

- 20 - des rayons caractéristiques ou un périmètre pour chaque baie,
- un volume pour chaque baie,
- une moyenne et un facteur d'hétérogénéité du volume de toutes les baies,
- une superficie pour chaque baie,
- 25 - une moyenne et un facteur d'hétérogénéité de la superficie de toutes les baies,
- un rapport superficie sur volume pour chaque baie,
- une moyenne et un facteur d'hétérogénéité du rapport superficie sur volume de toutes les baies,
- 30 - une moyenne, sur tous les pixels à l'intérieur du contour d'une baie considérée, des valeurs d'une composante de couleur élémentaire considérée, et

- une moyenne, sur tous les pixels à l'intérieur du contour d'une baie considérée, des valeurs d'une composante de couleur d'intérêt considérée.
- une moyenne et un facteur d'hétérogénéité des moyennes des valeurs d'une composante de couleur élémentaire ou d'intérêt de toutes les baies.

On peut entendre par facteur d'hétérogénéité un coefficient de dispersion calculé par un rapport d'un écart type avec une moyenne.

Au cours de la détermination du contour de chaque baie, on labellise chaque baie, et on détermine ainsi de plus le nombre de baies.

Après avoir déterminé des caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques des baies, on peut procéder à la visualisation de ces caractéristiques. Cette visualisation peut comprendre l'affichage de statistiques, sur les baies analysées, des caractéristiques déterminées. Ces statistiques peuvent comprendre des courbes, des histogrammes, ou des grandeurs telles que des moyennes ou des facteurs d'hétérogénéité.

Un accès à une base de données permet de plus de sauvegarder les caractéristiques déterminées, et de comparer ces caractéristiques avec des données issues d'autres analyses :

- réalisées selon un procédé selon l'invention ou selon un procédé quelconque tel que par exemple un dosage chimique de sucres,
- réalisées le même jour ou non,
- réalisées sur des baies provenant d'une même parcelle ou non,
- réalisées sur des baies d'un même cépage, ou non,
- réalisées pour le compte d'un même client ou non,
- réalisées sur des baies provenant d'une parcelle appartenant à la même structure ou non.

Un export dans un fichier d'un tableur comme Excel permet de sauvegarder des caractéristiques déterminées selon l'invention et/ou des résultats d'analyses de baies obtenues par des procédés quelconques, et permet ainsi de travailler sur ces données dans un système extérieur.

Une visualisation permet d'étudier, de corrélérer, de comparer ou faire le suivi dans le temps de toutes ces données et caractéristiques.

Le procédé selon l'invention peut comprendre en outre un étalonnage géométrique de l'image ou une correction des couleurs de l'image.

La figure 3A illustre une image de baies 20 disposées sur un plateau 19 d'analyse de manière désordonnée, et acquise à l'aide d'un dispositif selon l'invention. L'image est acquise sous format numérique, et possède des pixels de trois composantes de couleurs élémentaires: rouge, vert et bleu.

La figure 3B illustre une image de baies 22 disposées sur un plateau 21 d'analyse de manière ordonnée, et acquise à l'aide d'un dispositif selon l'invention. Ce plateau 21 d'analyse possède à sa surface des renforcements espacés, ce qui permet de disposer facilement les baies de raisin de manière ordonnée. L'image est acquise sous format numérique, et possède des pixels de trois composantes de couleurs élémentaires : rouge, vert et bleu. Les baies sont disposées de manière régulière horizontalement et verticalement, formant ainsi une sorte de quadrillage de baies.

Nous allons maintenant décrire, en référence aux figures 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F, 4G et 4H, une identification de contours de baies sur une image selon l'invention, appliquée au cas particulier de baies de raisin blanc et d'une image numérique composée de pixels de trois composantes de couleurs élémentaires : rouge, vert et bleu.

Après avoir acquis une image numérique telle que celles illustrées sur les figures 3A ou 3B, on commence par seuiller l'image numérique. Le seuillage est effectué selon un certain seuil de valeur d'une composante de couleur élémentaire. Dans le cas particulier de baies de raisin, il est astucieux d'utiliser un plateau d'analyse bleu se démarquant des baies. Dans ce cas, le seuillage est effectué selon un certain seuil de valeur de la composante bleue.

La figure 4A illustre une explication graphique d'une méthode de calcul d'un tel seuil de valeur de la composante bleue. On trace la courbe 23 du nombre de pixels en fonction de la valeur de la composante bleue desdits pixels, ainsi que la droite 24 passant par le maximum de la courbe

23 et par l'origine. Le seuil 25 correspond à la valeur pour laquelle la distance verticale entre la droite 24 et la courbe 23 est la plus importante.

Une fois le seuil déterminé, on seuille l'image numérique: si la composante bleue d'un pixel de l'image numérique est supérieure ou égale
5 au seuil, le pixel correspondant dans l'image seuillée est mis à 0, sinon il est mis à 1. On obtient alors une image seuillée sur laquelle apparaissent plusieurs baies en blocs ou séparées. La figure 4B illustre une image seuillée, sur laquelle on distingue un bloc 26 de trois baies. Cette image seuillée est un fragment d'une image comprenant de nombreuses baies
10 isolées ou en blocs. On distingue de plus de petites impuretés 28 en dehors du bloc 26, des impuretés 29A, 29B et 29C à l'intérieur du bloc 26 dues à des reflets de l'éclairage sur les baies, et une grosse impureté 27 provenant d'un pédoncule d'une baie. Pour délimiter distinctement et précisément le contour des baies sur l'image seuillée, il reste à éliminer les impuretés de
15 l'image seuillée, et séparer les blocs de baies.

Pour éliminer les petites impuretés et les pédoncules, on utilise un opérateur d'ouverture en morphologie mathématique, comprenant un ensemble d'une érosion suivie d'une dilatation, réitéré plusieurs fois. La figure 4C illustre le résultat d'un tel opérateur appliqué sur l'image seuillée
20 de la figure 4B. On y distingue toujours un bloc de baies 30, ainsi que des impuretés 31A, 31B et 31C à l'intérieur du bloc 30 dues à des reflets de l'éclairage sur les baies.

Pour éliminer les impuretés à l'intérieur du bloc de baies, on utilise un algorithme de bouchage de trous par propagation. La figure 4D illustre le
25 résultat d'un tel algorithme appliqué sur l'image seuillée de la figure 4C. On y distingue toujours un bloc 32 de trois baies qu'il reste à séparer.

Pour séparer les baies, on commence par transformer l'image seuillée de la figure 4D en une image de niveaux de gris pour laquelle chaque pixel a pour valeur le nombre de pixels de l'image seuillée n'appartenant pas au
30 plateau d'analyse sur un cercle centré sur le pixel correspondant de l'image seuillé. Typiquement, ce cercle a un rayon paramétrable dont la valeur par défaut est d'environ un centième de la taille du bloc de baie. La figure 4E illustre une telle image en niveaux de gris obtenue à partir de l'image seuillée de la figure 4D. On y distingue un bloc de trois baies en niveaux de

gris comprenant trois lobes 33A, 33B et 33C. On effectue ensuite un seuillage par logique floue de l'image en niveaux de gris. La figure 4F illustre le résultat d'un tel seuillage, obtenu à partir de l'image en niveaux de gris de la figure 4E. On distingue sur la figure 4F trois lobes 34, 35 et 36, soit un lobe par baie. On utilise ensuite sur l'image obtenue un opérateur d'érosion en morphologie mathématique pour calculer une érodée ultime, et ainsi obtenir le centre de gravité de chaque baie, ce qui permet de labelliser chaque baie et de calculer une boîte englobante pour chaque baie. Finalement, par extension autour des centres de gravité de chaque baie et par effet calque avec l'image seuillée de départ illustrée sur la figure 4B, on obtient une image baie par baie, sur laquelle on distingue le contour de chaque baie. La figure 4G illustre une image baie par baie obtenue à partir de l'image illustrée sur la figure 4F. On distingue sur la figure 4G trois formes distinctes de baies 37A, 37B et 37C.

On superpose ensuite le contour de chaque baie précédemment déterminé à l'image numérique dont on a fait l'acquisition. On obtient alors une image numérique en couleur sur laquelle le contour de chaque baie est déterminé. La figure 4H est un fragment d'une telle image numérique couleur, sur laquelle on distingue notamment une baie 38, son contour 39, et son pédoncule 40 à l'extérieur de son contour, parmi un groupe de trois baies.

Notons que dans le cas où les baies sont disposées de manière ordonnée sur un plateau d'analyse, cela évite de devoir séparer des blocs de baies en baies bien distinctes.

25

On peut appliquer une identification de contours de baies selon l'invention sur une image comprenant des centaines de baies en blocs ou isolées. On peut ensuite déterminer des caractéristiques géométriques comme :

- 30 - des rayons caractéristiques ou un périmètre pour chaque baie,
- un volume V pour chaque baie. On peut par exemple utiliser la formule :

$$V = \frac{4}{3} \pi R r^2$$

avec r la plus petite distance entre le centre de gravité et le contour de la baie, et R la plus grande distance entre le centre de gravité et le contour de la baie,

- une moyenne et un facteur d'hétérogénéité du volume de toutes les baies,
- une superficie S pour chaque baie. On entend par superficie la surface de la baie dans l'espace, et non pas la surface à l'intérieur du contour de la baie et contenue dans le plan de l'image numérique. On peut par exemple utiliser la formule :

$$S = \pi \left(2r^2 + \frac{R^2}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2}}} \ln \left(\frac{1 + \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2}}}{1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2}}} \right) \right)$$

avec r la plus petite distance entre le centre de gravité et le contour de la baie, et R la plus grande distance entre le centre de gravité et le contour de la baie,

- une moyenne et un facteur d'hétérogénéité de la superficie de toutes les baies,
- un rapport superficie sur volume pour chaque baie, et
- une moyenne et un facteur d'hétérogénéité du rapport superficie sur volume de toutes les baies.

Puisqu'on peut déterminer ces caractéristiques pour toutes les baies de l'image, on peut bien évidemment déterminer le nombre de baies. Notons de plus que l'acquisition d'une image en noir et blanc est suffisante pour la détermination des caractéristiques géométriques précédemment listées.

Dans le cas où on a effectué une acquisition d'une image numérique composée de pixels de trois composantes de couleurs élémentaires rouge, vert et bleu, on peut aussi déterminer des caractéristiques colorimétriques comme :

- une moyenne, sur tous les pixels à l'intérieur du contour d'une baie considérée, des valeurs de la composante élémentaire rouge,
- une moyenne, sur tous les pixels à l'intérieur du contour d'une baie considérée, des valeurs de la composante élémentaire verte,

- une moyenne, sur tous les pixels à l'intérieur du contour d'une baie considérée, des valeurs de la composante élémentaire bleue,
- une moyenne, sur tous les pixels à l'intérieur du contour d'une baie considérée, des valeurs d'une composante de couleur d'intérêt, et
- une moyenne et un facteur d'hétérogénéité des moyennes des valeurs d'une composante de couleur élémentaire ou d'intérêt de toutes les baies.

Dans le cas d'une analyse de baies de raisin blanc, le jaune et le vert sont des couleurs d'intérêts particulièrement pertinentes. En effet, au fur et à mesure de sa maturation, une baie de raisin blanc à tendance à dorer, passant du vert au jaune. L'analyse de ces deux couleurs peut alors donner une information sur la maturité des baies de raisin blanc.

Dans le cas d'une analyse de baies de raisin rouge, le rouge et le noir sont des couleurs d'intérêts particulièrement pertinentes. En effet, au fur et à mesure de sa maturation, une baie de raisin rouge à tendance à foncer. L'analyse de ces deux couleurs peut alors donner une information sur la maturité des baies de raisin rouge.

Dans le cas où on a effectué une acquisition d'une image de baies dont une composante de couleur élémentaire est située dans l'infrarouge, on peut aussi déterminer une caractéristique colorimétrique comme une moyenne, sur tous les pixels à l'intérieur du contour d'une baie considérée, des valeurs de la composante de couleur dans l'infrarouge. On peut alors en déduire, par spectrophotométrie infrarouge et chimiométrie, des concentrations caractéristiques par baie, ainsi qu'une moyenne et un facteur d'hétérogénéité d'au moins une concentration caractéristique de toutes les baies. Les concentrations caractéristiques peuvent par exemple consister en une quantité de sucre, une acidité, une concentration en azote, une concentration en anthocyanes, ou une concentration en polyphénols.

La figure 5 illustre une visualisation de caractéristiques de baies déterminées selon l'invention, à partir d'une image numérique composée de pixels de trois composantes de couleurs élémentaires rouge, vert et bleu, de baies de raisin blanc. Y est représenté le nombre de baies, en pourcent,

en fonction de la moyenne par baie des valeurs de la composante de couleur élémentaire rouge (courbe en grand pointillé 42), vert (courbe en pointillé 43), et bleue (courbe pleine 41). On aurait pu de même tracer le nombre de baies, en pourcent, en fonction de n'importe laquelle des caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques listées au paragraphe précédent. Un accès à une base de données permet de sauvegarder des caractéristiques déterminées. Cet accès permet par exemple de suivre l'évolution temporelle de ces caractéristiques en réalisant le procédé selon l'invention plusieurs fois de manière espacée dans le temps. Cet accès permet aussi de corrélérer ces caractéristiques avec des données issues d'autres analyses comme un dosage de sucres.

La figure 6 illustre une visualisation d'une caractéristique de baies, le volume moyen des baies, déterminée selon l'invention, en fonction du temps. On y distingue 4 courbes 44, 45, 46, et 47, représentant le volume moyen des baies de quatre parcelles différentes de raisin blanc, entre un sept septembre et un trente septembre. Comme dans le cas de la figure 5, on aurait pu tracer l'évolution temporelle de n'importe quelle autre caractéristique géométrique ou colorimétrique déterminée. Une des données les plus pertinentes est notamment le rapport entre la superficie et le volume des baies.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention. En particulier, on peut imaginer de nombreuses variations quant à la manière d'identifier les contours des baies.

REVENDECATIONS

- 1.** Procédé d'analyse de baies, caractérisé en ce qu'il comprend :
- une disposition de baies sur un plateau d'analyse,
 - 5 - une acquisition d'une image des baies disposées, ladite image des baies étant composée de pixels d'au moins une composante de couleur élémentaire,
 - une identification de contours des baies, et
 - une détermination de caractéristiques géométriques et/ou
 - 10 colorimétriques des baies.
- 2.** Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un éclairage des baies selon des conditions d'éclairement prédéterminées.
- 15 **3.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un étalonnage géométrique de l'image des baies.
- 20 **4.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une correction des couleurs de l'image des baies.
- 25 **5.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'identification de contours des baies comprend :
- une transformation de l'image des baies en une image seuillée, sur laquelle on distingue des blocs de baies,
 - une suppression d'impuretés de l'image seuillée, et
 - une segmentation des blocs de baies en baies aux contours définis.
 - 30
- 6.** Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la transformation en image seuillée comprend un seuillage de l'image des baies selon un seuil de valeur d'une composante de couleur élémentaire.
- 35

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 6, caractérisé en ce que la suppression d'impuretés comprend une succession d'érosions et de dilatations des blocs de baies.
- 5 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que la suppression d'impuretés comprend un algorithme de bouchage de trous par propagation.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que la segmentation des blocs de baies comprend:
- 10 - une transformation de l'image seuillée en une image de niveaux de gris,
- un seuillage par logique floue de l'image de niveaux de gris,
- une utilisation d'un opérateur d'érosion jusqu'à obtenir un centre de gravité par baie, et
- 15 - une expansion autour des centres de gravité, jusqu'à obtention des contours des baies.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une détermination du nombre de baies sur l'image de baies.
- 20 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la détermination de caractéristiques comprend une détermination d'un volume par baie, ainsi que d'une moyenne et d'un facteur d'hétérogénéité du volume de toutes les baies.
- 25 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la détermination de caractéristiques comprend une détermination d'une superficie par baie, ainsi que d'une moyenne et d'un facteur d'hétérogénéité de la superficie de toutes les baies.
- 30 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la détermination de caractéristiques comprend une détermination d'un rapport d'une superficie sur un volume par
- 35

baie, ainsi que d'une moyenne et d'un facteur d'hétérogénéité du rapport d'une superficie sur un volume de toutes les baies.

- 5 **14.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la détermination de caractéristiques comprend, pour chaque baie et au moins une composante de couleur élémentaire, un calcul d'une moyenne, sur tous les pixels de l'image des baies à l'intérieur du contour d'une baie considérée, des valeurs d'une composante de couleur élémentaire considérée.
- 10 **15.** Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que la composante de couleur élémentaire est située dans l'infrarouge, et en ce qu'il comprend en outre une détermination, par spectrophotométrie infrarouge et chimiométrie, d'au moins une
- 15 concentration caractéristique par baie, ainsi qu'une détermination d'une moyenne et d'un facteur d'hétérogénéité d'au moins d'une des concentrations caractéristiques de toutes les baies.
- 20 **16.** Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que la détermination de caractéristiques comprend, pour chaque baie et au moins une composante de couleur d'intérêt, un calcul d'une moyenne, sur tous les pixels de l'image des baies à l'intérieur du contour d'une baie considérée, des valeurs d'une composante de
- 25 couleur d'intérêt considérée, à partir des moyennes de valeurs d'une composante de couleur élémentaire.
- 30 **17.** Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce que la détermination de caractéristiques comprend un calcul d'une moyenne et d'un facteur d'hétérogénéité des moyennes des valeurs d'une composante de couleur élémentaire ou d'intérêt de toutes les baies.
- 35 **18.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 16 à 17, caractérisé en ce qu'il est appliqué à des baies de raisin blanc, et en ce que les composantes de couleurs d'intérêts sont le jaune et le vert.

- 5 **19.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 16 à 17, caractérisé en ce qu'il est appliqué à des baies de raisin rouge, et en ce que les composantes de couleurs d'intérêts sont le rouge et le noir.
- 10 **20.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un accès à une base de données comprenant notamment d'autres résultats d'analyses de baies obtenus à l'aide d'un procédé quelconque.
- 15 **21.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une visualisation des caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques déterminées et/ou d'autres données.
- 20 **22.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un export, dans un fichier d'un tableur, des caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques, et/ou d'autres résultats d'analyses de baies obtenus à l'aide d'un procédé quelconque.
- 25 **23.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une réitération du procédé selon l'invention sur le même type de baies, et en ce qu'il comprend en outre une analyse temporelle des caractéristiques géométriques et colorimétriques des baies.
- 30 **24.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une visualisation d'une évolution temporelle de caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques déterminées selon l'invention et/ou d'autres données.
- 35 **25.** Dispositif d'analyse de baies mettant en œuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend :

- un plateau d'analyse,
- des moyens pour acquérir une image de baies disposées sur le plateau d'analyse, ladite image étant composée de pixels d'au moins une composante de couleur élémentaire, et
- 5 - des moyens pour déterminer des caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques des baies.

10 **26.** Dispositif selon la revendication 25, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour éclairer des baies disposées sur le plateau d'analyse.

15 **27.** Dispositif selon la revendication 26, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une surface de verre dépolie située entre les moyens pour éclairer et le plateau d'analyse, et située en amont des moyens pour acquérir une image de baies.

20 **28.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 25 à 27, caractérisé en ce que le plateau d'analyse est d'une couleur se démarquant de la couleur des baies.

29. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 25 à 28, caractérisé en ce que le plateau d'analyse comprend des renforcements espacés.

25 **30.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 25 à 29, caractérisé en ce que les moyens pour acquérir une image de baies comprennent un appareil d'imagerie numérique possédant des pixels de trois composantes de couleurs élémentaires : rouge, vert, et bleu.

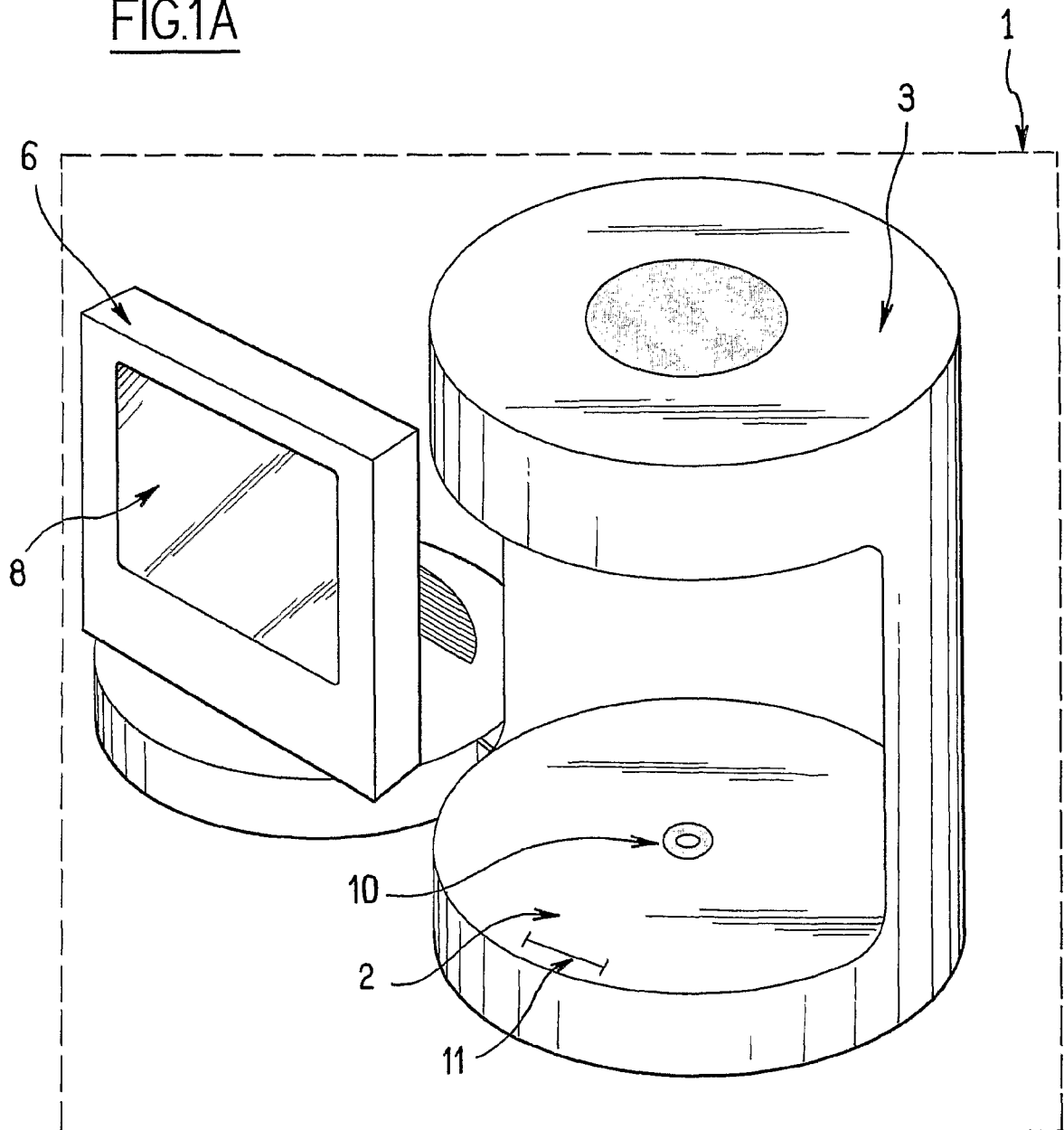
30 **31.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 25 à 29, caractérisé en ce que les moyens pour acquérir une image de baies comprennent une caméra multispectrale réalisant une acquisition d'une image de baies dans un domaine du visible et/ou un domaine de l'infrarouge.

- 32.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 25 à 31, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour étalonner géométriquement l'image de baies.
- 5 **33.** Dispositif selon à la revendication 32, caractérisé en ce que les moyens pour étalonner géométriquement l'image de baies comprennent un objet de référence aux dimensions connues.
- 10 **34.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 25 à 33, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour corriger les couleurs de l'image de baies.
- 15 **35.** Dispositif selon la revendication 34, caractérisé en ce que les moyens pour corriger les couleurs de l'image de baies comprennent une mire de couleur.
- 20 **36.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 25 à 35, caractérisé en ce que les moyens pour déterminer des caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques comprennent des moyens de traitement d'image.
- 25 **37.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 25 à 36, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour accéder à une base de données comprenant notamment d'autres résultats d'analyses de baies obtenus à l'aide d'un dispositif quelconque.
- 30 **38.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 25 à 37, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour visualiser les caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques déterminées et/ou d'autres données.
- 35 **39.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 25 à 38, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour visualiser une évolution temporelle de caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques déterminées selon l'invention et/ou d'autres données.

- 5 **40.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 25 à 39, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour exporter, dans un fichier d'un tableur, des caractéristiques géométriques et/ou colorimétriques, et/ou d'autres résultats d'analyses de baies obtenus à l'aide d'un dispositif quelconque.

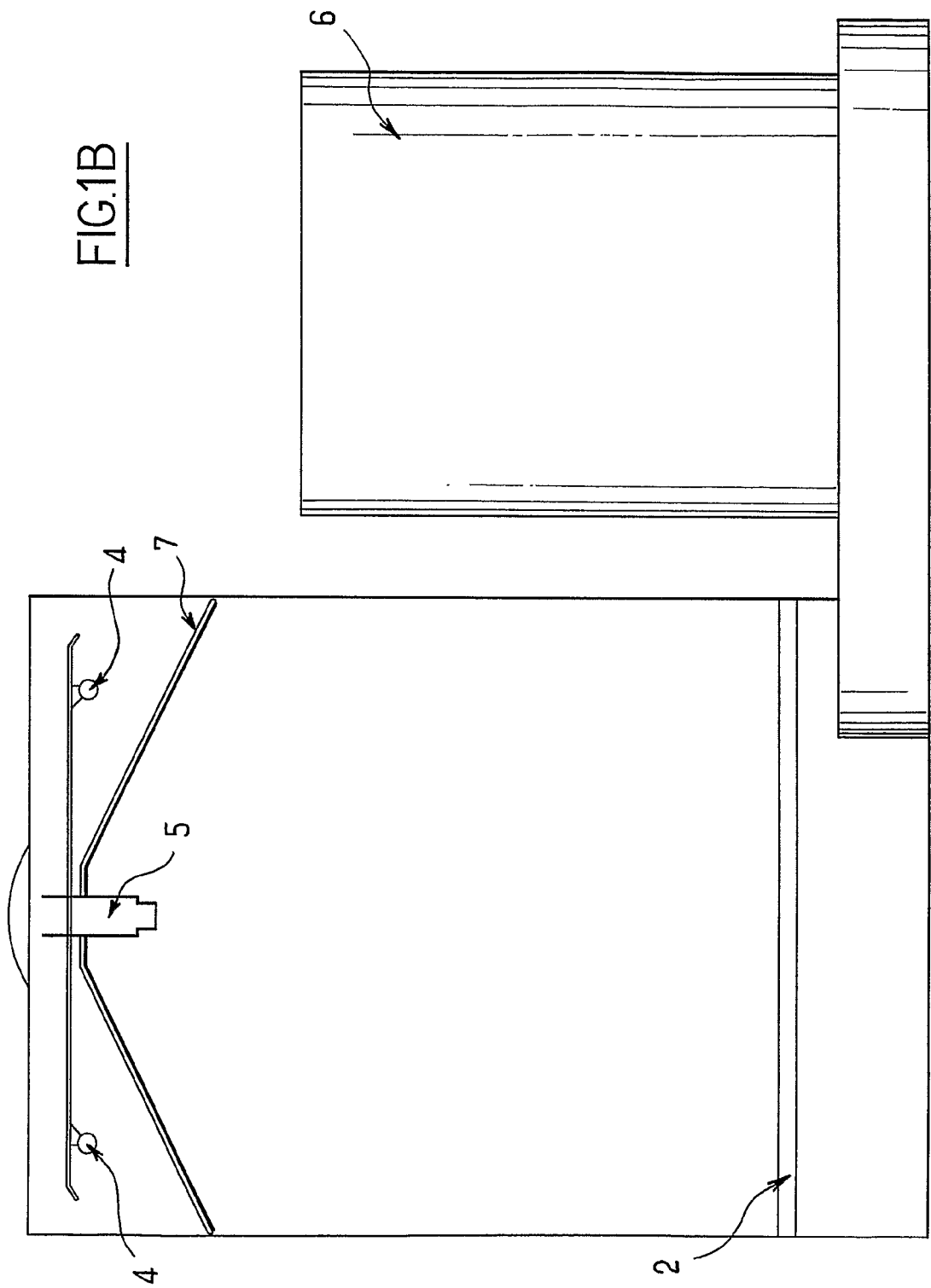
1/6

FIG.1A

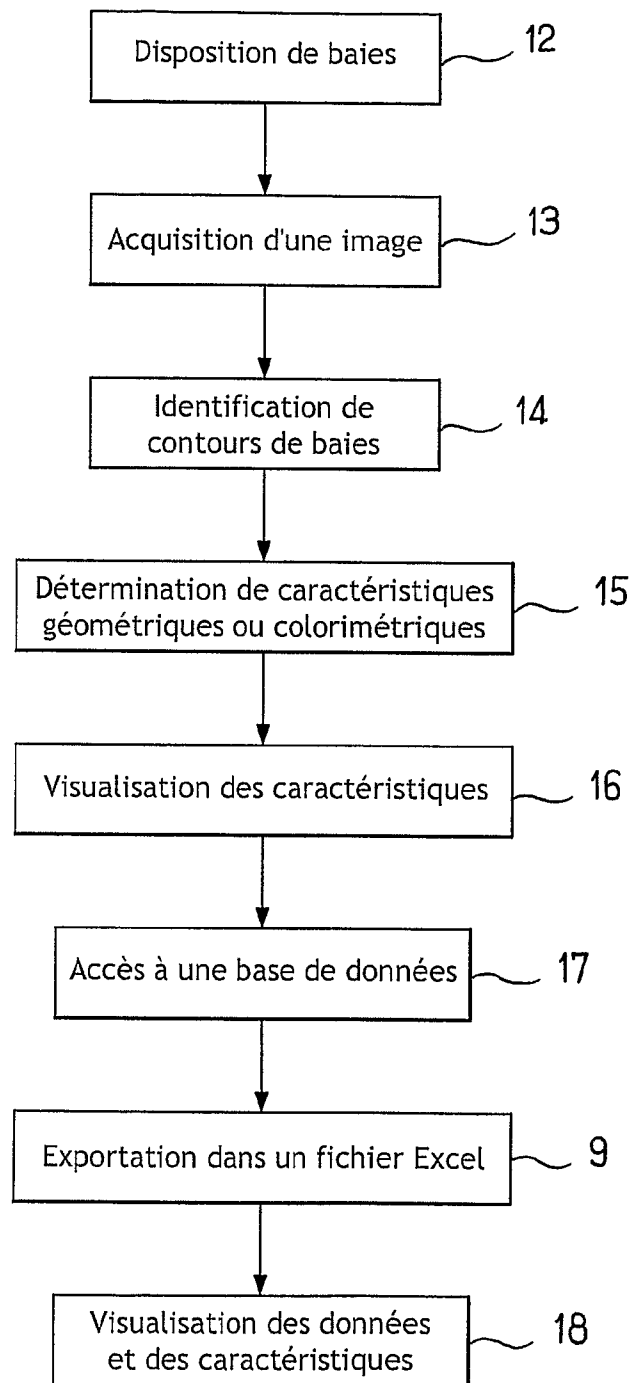


2 / 6

FIG.1B



3 / 6

FIG.2

4 / 6

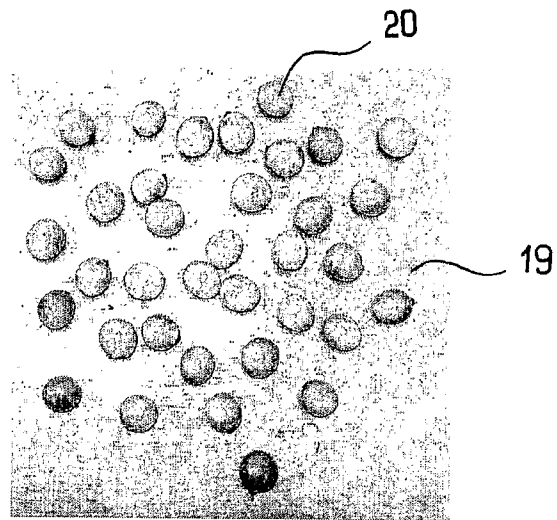


FIG. 3A

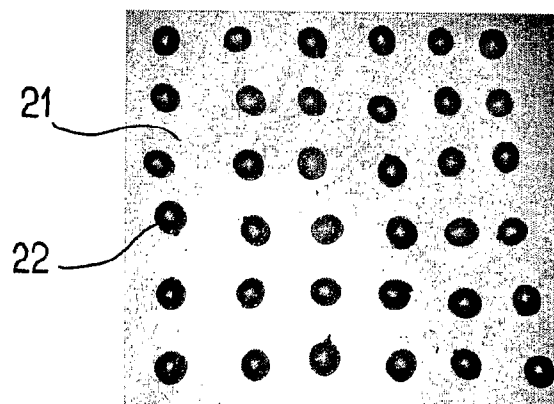


FIG. 3B

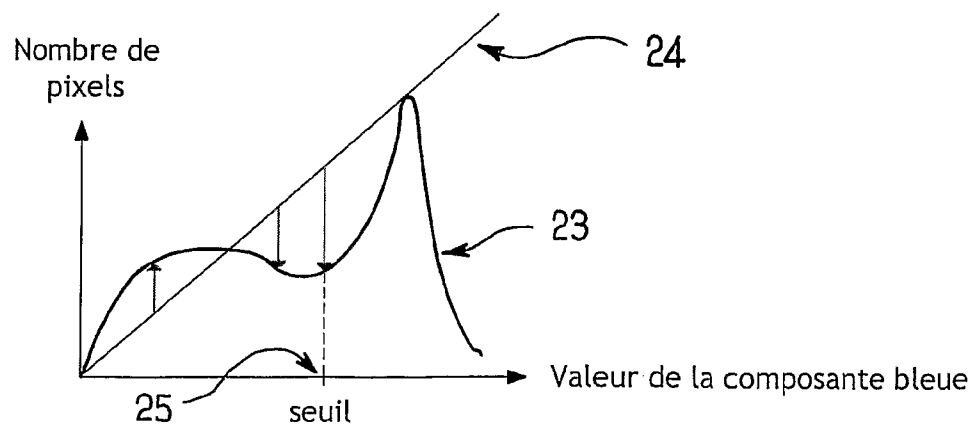


FIG. 4A

5 / 6

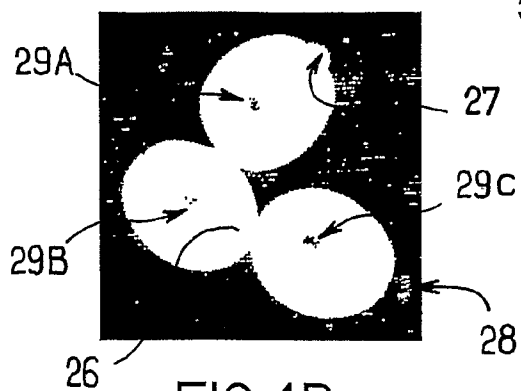


FIG. 4B

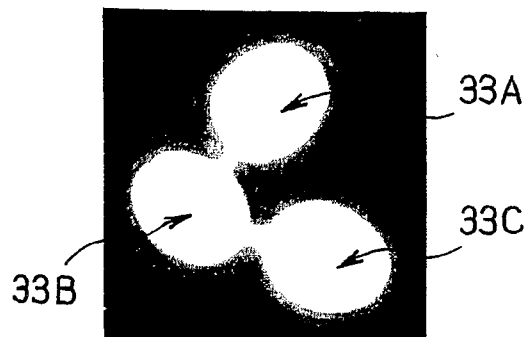


FIG. 4E

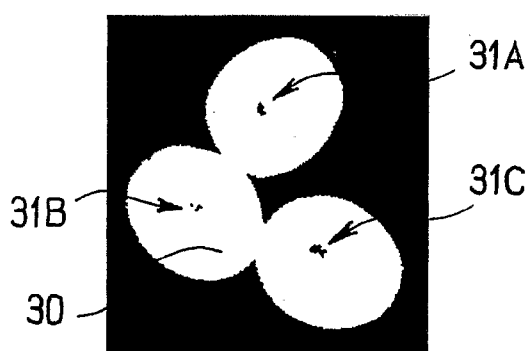


FIG. 4C

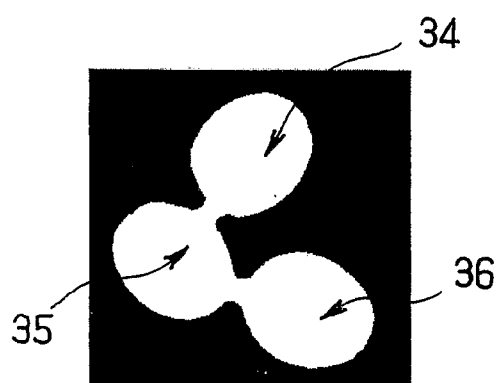


FIG. 4F

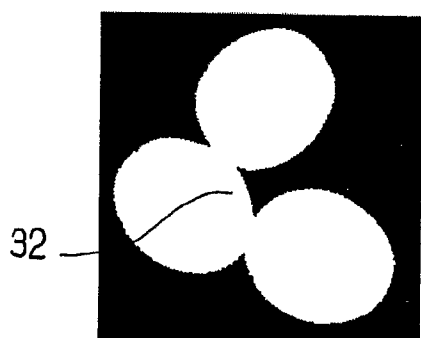


FIG. 4D

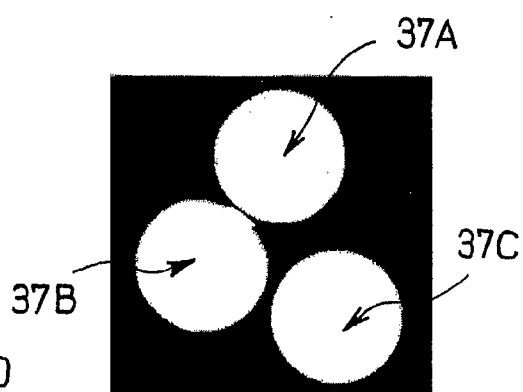


FIG. 4G

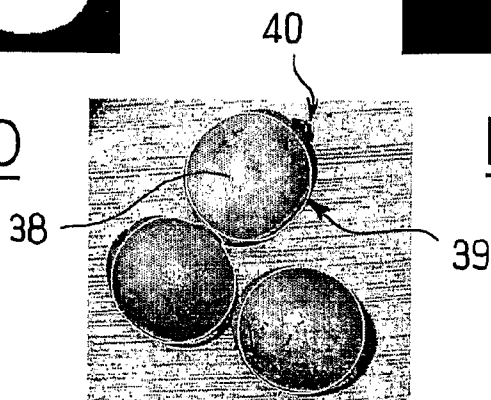
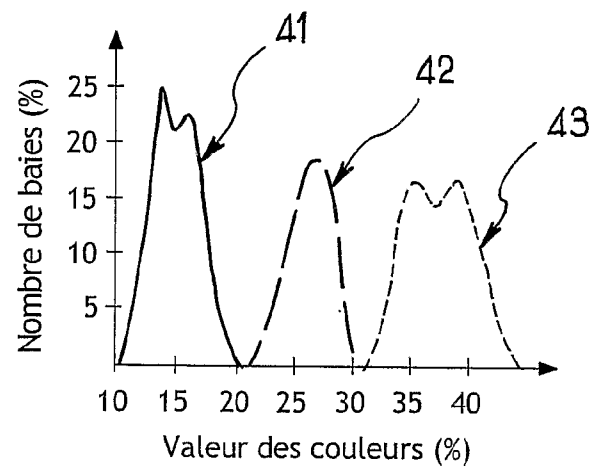
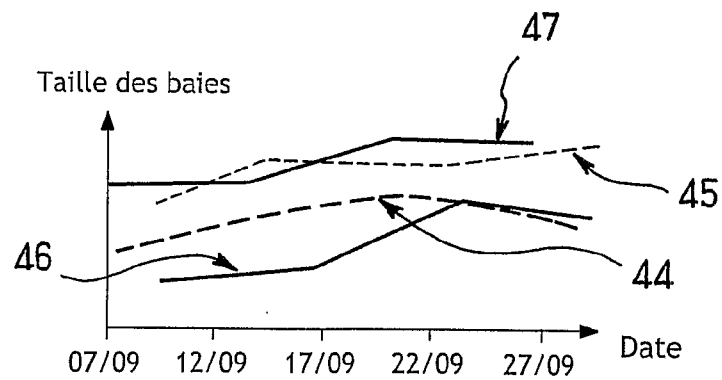


FIG. 4H

6 / 6

FIG.5FIG.6