

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 02.03.21.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 09.09.22 Bulletin 22/36.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : ARISTA CEREAL TECHNOLOGIES
PTY LTD Australian Proprietary Company, Limited By
Shares — AU.

⑦② Inventeur(s) : BERBEZY Pierre, FOURES Véro-
nique et ROUCHON William.

⑦③ Titulaire(s) : ARISTA CEREAL TECHNOLOGIES PTY
LTD Australian Proprietary Company, Limited By
Shares.

⑦④ Mandataire(s) : Plasseraud IP.

⑤④ Procédé de meunerie industrielle à rendement augmenté, farines obtenues par ce procédé, produits
notamment de panification fabriqués à partir de ces farines.

⑤⑦ L'invention concerne un procédé de meunerie à ren-
dement augmenté, quels que soient la pureté et le type de
la farine; de façon industrielle, simple et économique, sans
accroître le taux de cendres de la farine; sans nuire aux pro-
priétés de panification de la farine; sans réduire la durée de
conservation de la farine de haute valeur meunière et com-
merciale. Dans ce procédé, on met en œuvre des grains de
blé comprenant de l'amidon à haute teneur en amylose. Ces
grains de blé sont soumis, avant mouture (étape -4-), à un
traitement de mouillage dans lequel ces grains de blé sont :-
1- hydratés jusqu'à un taux d'humidité supérieur ou égal à
14 % et inférieur ou égal à 20 %, de préférence compris
entre 15 et 18 % ;

-1.0- éventuellement mis au repos à température am-
biente ou 6°C; -2.1- chauffés à une température T_c comprise
entre 50 et 85°C, de préférence entre 55 et 80°C, et, plus
préférentiellement encore, entre 60 et 75°C; -2.2- éventuel-
lement, maintenus à cette température T_c pendant au plus
20 heures, de préférence pendant 1 à 16 heures, et, plus
préférentiellement encore pendant 1,5 à 8 heures; -3- éven-
tuellement mis au repos à température ambiante ou 6°C.



Description

Titre de l'invention : Procédé de meunerie industrielle à rendement augmenté, farines obtenues par ce procédé, produits notamment de panification fabriqués à partir de ces farines

Domaine technique

- [0001] L'invention relève du domaine de la meunerie industrielle.
- En particulier, l'invention se rapporte à un procédé de meunerie à rendement augmenté, à partir de grains de blé à haute teneur en amylose.
- L'invention a également pour objet la farine obtenue à partir de ce procédé.

Arrière-plan technologique de l'invention

- [0002] Un procédé de meunerie comprend 3 étapes principales : le nettoyage, le mouillage et la mouture conduisant à la farine. Le mouillage des grains de blé consiste à porter leur teneur en humidité entre 15 et 18 pour cent. Ce mouillage peut être suivi d'une étape de repos à température ambiante, pendant 24 à 48 heures.
- Il est connu que l'étape de mouillage est cruciale pour faciliter la séparation entre, d'une part, les enveloppes, et, d'autre part, l'amande farineuse et accessoirement le germe, des grains de blé.
- Cette séparation est ainsi déterminante pour le rendement meunier.
- Ce paramètre économique est naturellement l'objet de toutes les attentions des minotiers, qui cherchent toujours à augmenter leur rendement, sans que cela ne porte préjudice à la viabilité économique de la filière et aux qualités des farines.

Objectifs de l'invention

- [0003] Dans ce contexte, l'invention vise à satisfaire au moins l'un des objectifs suivants :
- fournir un procédé de meunerie permettant d'augmenter le rendement meunier quels que soient la pureté et le type de la farine;
 - fournir un procédé de meunerie permettant d'augmenter le rendement meunier, en particulier pour du blé à haute teneur en amylose, dont le rendement est usuellement plus faible que celui du blé standard ;
 - fournir un procédé de meunerie permettant d'augmenter le rendement meunier, de façon industrielle, simple et économique ;
 - fournir un procédé de meunerie permettant d'augmenter le rendement meunier de farine, sans accroître le taux de cendres de la farine ;
 - fournir un procédé de meunerie permettant d'augmenter le rendement meunier, sans nuire aux propriétés de panification de la farine ;
 - fournir un procédé de meunerie permettant d'augmenter le rendement meunier, sans réduire la durée de conservation de la farine ;

- fournir un procédé de meunerie permettant d'augmenter la valeur meunière d'une farine;
- fournir une farine de blé de haute valeur meunière, de haute valeur boulangère et de haute valeur commerciale.

Brève description de l'invention

- [0004] L'invention satisfait à au moins l'un des objectifs ci-dessus et concerne, selon un premier aspect, un procédé de meunerie à rendement augmenté,
- dans lequel on met en œuvre des grains de blé comprenant de l'amidon dont le taux d'amylose exprimé en % en poids, par rapport à la quantité totale d'amidon, est :
- supérieur ou égal à, dans un ordre croissant de préférence, 20 ; 30 ; 40 ; 45 ;
 - et, mieux encore, compris entre 50 et 90 ; et idéalement entre 60 et 85;
- caractérisé en ce que ces grains de blé sont soumis, avant mouture (étape -4-), à un traitement de mouillage dans lequel ces grains de blé sont :
- 1- hydratés jusqu'à un taux d'humidité supérieur ou égal à 14 % et inférieur ou égal à 20 %, de préférence compris entre 15 et 18 % ;
 - 1.0- éventuellement mis au repos à température ambiante ou inférieure, de préférence 6°C;
 - 2.1- chauffés à une température Tc comprise entre 50 et 85°C, de préférence entre 55 et 80°C, et, plus préférentiellement encore, entre 60 et 75°C ;
 - 2.2- éventuellement, maintenus à cette température Tc pendant au plus 20 heures, de préférence pendant 1 à 16 heures, et, plus préférentiellement encore pendant 2 à 14 heures ;
 - 3- éventuellement mis au repos, par exemple à température ambiante ou à une température inférieure à la température ambiante :e.g. 6°C.
- [0005] Selon l'invention, les étapes 1 et 2.1 du mouillage sont au moins en partie concomitantes ou successives, de préférence concomitantes.
- [0006] Ce procédé est remarquable en ce qu'il permet d'augmenter, de manière surprenante et significative, le rendement meunier, sans augmenter le taux de cendres de la farine et sans affecter la valeur boulangère de la farine.
- [0007] Les inventeurs ont mis en évidence le fait que le traitement thermique -2.1- sur blé mouillé se conjugue avantageusement avec un blé doté du caractère phénotypique « taux d'amylose élevé » ou « High Amylose Wheat : HAW », qui confère à ce blé une excellente réponse au traitement thermique -2.1-.

Ce résultat est d'autant plus surprenant que le fait de soumettre des grains de blé à des températures supérieures à 50 °C, est connu pour avoir des conséquences dommageables sur les qualités boulangères d'une farine obtenue à partir de ces grains de blé chauffés. On se reportera à cet égard à la bibliographie suivante: "Schofield et al.: The Effect of Heat on Wheat Gluten and the Involvement of Sulphydryl-Disulfide In-

terchange Reactions, Journal of Cereal Science, 1, 1983, 241-253“

[0008] Selon un deuxième de ses aspects, l'invention concerne la farine obtenue par ce procédé.

[0009] Selon un troisième de ses aspects, l'invention concerne les produits obtenus à partir de cette farine.

Brève description des dessins

[0010] Les exemples donnés dans cette description font référence aux figures dans lesquelles :

Fig. 1

[0011] [Fig.1] montre un diagramme de flux d'un moulin pilote type Bühler MLU202 laboratory mill. B break roll, C Reduction roll, W wire, XXX flour sieve, susceptibles d'être mis en œuvre pour l'étape 4 de mouture du procédé selon l'invention et utilisé dans les exemples illustrant l'invention., d'après : “Roller milling fractionation of green gram (*Vigna radiata*) : optimization of milling conditions and chemical characterization of millstreams; Suresh D. Sakhare et al., December 2014, Journal of Food Science and Technology -Mysore- 51(12)”

Fig. 2

[0012] [Fig.2] est une courbe illustrant le principe de fonctionnement du Mixolab®, donnant le couple en Newton mètres et la température, en fonction de la durée de malaxage.

Fig. 3

[0013] [Fig.3] montre des histogrammes donnant le rendement meunier en % en poids, en fonction de la température Tc de chauffage à cœur, selon l'étape -2.1-, de grains mouillés, selon l'étape -1-, du procédé selon l'invention, et de grains témoins, en illustration de l'exemple 1 donné ci-après.

Fig. 4

[0014] [Fig.4] montre des histogrammes des taux de fibres TDF (« *Total Dietary Fiber* » fibres diététiques totales) IDF (« *Insoluble Dietary Fiber* » fibres diététiques insolubles), SDFP (« *Soluble Dietary Fiber Precipitated* » fibres diététiques solubles précipités ou de haut poids moléculaire), SDF (« *soluble Dietary Fibers* » fibres diététiques solubles ou de faible poids moléculaire) pour les farines de l'exemple 1.

Fig. 5

[0015] [Fig.5] montre des photographies de pains laboratoires obtenus à partir de farines fabriquées par le procédé selon l'invention (exemple 2) avec des grains de blé à haute teneur en amylose.

Fig. 6

[0016] [Fig.6] montre les courbes d'évolution des températures Tc au cœur des grains, en illustration de l'exemple 3 donné ci-après.

Fig. 7

[0017] [Fig.7] montre des histogrammes de moyennes de rendements meuniers et de moyennes de taux de cendres pour les essais E13.1 témoin ; E13.2 ; E13.3 ; E13.4, en illustration de l'exemple 3 donné ci-après.

Fig. 8

[0018] [Fig.8] montre des histogrammes de moyennes de rendements meuniers et de moyennes de taux de cendres pour les essais E6 témoin ; E10 témoin ; E9 ; E7 ; E8, en illustration de l'exemple 3 donné ci-après.

Fig. 9

[0019] [Fig.9] montre des histogrammes de moyennes de pourcentages de farine de broyage, de farine de convertisseur 2, de farine de remoulage, de sons fins et de sons gros pour les essais E6 ; E7 ; E8 ; E10 ; E13.1 ; E13.3, en illustration de l'exemple 3 donné ci-après.

Fig. 10

[0020] [Fig.10] montre des courbes MIXOLAB® qui expriment le comportement rhéologique d'une pâte à pain produite avec des farines obtenues par le procédé de meunerie selon l'invention, par une fonction de mesure de la résistance au pétrissage (couple en Newton par mètre du mélangeur) d'une pâte obtenue par hydratation d'une farine, et soumise à un gradient de température au cours du temps exprimée en minutes.

Fig. 11

[0021] [Fig.11] montre des histogrammes de paramètres du comportement de la pâte lors de la panification (lissage, consistance pâte, élasticité pétrissage, extensibilité pétrissage, collant pétrissage, élasticité façonnage, extensibilité façonnage, collant façonnage & tenue, pour les essais E13.1 ; E13.2 ; E13.3 ; E13.4 ; E14.4 ; en illustration de l'exemple 4 donné ci-après.

Fig. 12

[0022] [Fig.12] montre des histogrammes de paramètres de comportement de la pâte lors de la panification (lissage, consistance pâte, élasticité pétrissage, extensibilité pétrissage, collant pétrissage, élasticité façonnage, extensibilité façonnage collant façonnage & tenue, pour les essais E6 ; E7 ; E8 ; E9 ; E10 ; en illustration de l'exemple 5 donné ci-après.

Fig. 13

[0023] [Fig.13] montre des photographies de pains de mie obtenus à partir de farines fabriquées par le procédé selon l'invention (exemple 6).

Fig. 14

[0024] [Fig.14] montre des histogrammes d'évolution de rendements meuniers pour les

essais E11.1 ; E11.2 ; E11.3 ; E12.4 ; E14.3 comparés à leurs contrôles respectifs, E11.0 ; E12.1 ; E14.1 de l'exemple 7.

Fig. 15

[0025] [Fig.15] montre des histogrammes d'évolution de rendements meuniers pour les essais E7 ; E8 ; E12.4 ; E13.3 ; E14.3 et E14.4 comparés à leurs contrôles respectifs, E6 ; E10 ; E12.1 ; E13.1 ; E14.1 et E14.4 de l'exemple 8.

Description détaillée de l'invention

[0026] *PROCEDE*

[0027] L'une des étapes clés de ce procédé est l'étape 2.1 de chauffage des grains hydratés à l'étape -1- à la température Tc, choisie de manière judicieuse et avantageuse, selon un compromis alliant économie d'énergie et rendement meunier.

[0028] Suivant l'invention, Tc est comprise entre 50 et 80°C, de préférence entre 55 et 80 °C, plus préférentiellement encore entre 60 et 75°C, et mieux encore, Tc est égale à 65 +/- 3°C.

[0029] Cette température Tc de chauffe des grains de blé est avantageusement la température mesurée au cœur de la masse des grains de blé soumise au traitement thermique -2.1-.

[0030] Conformément à une caractéristique remarquable de l'invention, le taux d'humidité TH des grains de blé reste sensiblement constant avant (THi) et après (THf) traitement thermique -2.1-. De préférence, THi = THf +/- 2 %, de préférence +/- 1%.

[0031] *Matières premières :*

[0032] Conformément à l'invention, au moins une partie des grains de blé utilisés comme matière première dans le procédé de meunerie, comprennent un amidon dont le taux d'amylose exprimé en % en poids, par rapport à la quantité totale d'amidon, supérieur ou égal à 40, de préférence supérieur ou égal à 45, et, plus préférentiellement encore, compris entre 50 et 90, ou mieux encore entre 60 et 85.

Ces blés sont dénommés blés à haute teneur en amylose ou High Amylose Wheat (HAW).

[0033] Dans un mode particulier de mise en œuvre de l'invention, les grains HAW sont obtenus à partir d'une plante de blé, comprenant de l'amidon, où la proportion d'amylose dans l'amidon de la graine est d'au moins 50 %, ladite graine comprenant un niveau réduit de protéine SBella, d'activité enzymatique SBEIIA ou les deux, dans l'endosperme par rapport à une graine de type sauvage, et comprenant une variation génétique qui conduit à une réduction du niveau d'expression de gène SBella, d'activité enzymatique SBEIIA dans l'endosperme ou les deux par rapport à une graine de type sauvage, variation génétique qui comprend une mutation d'un gène SBella.

[0034] De préférence, ces grains présentent par ailleurs, au moins l'un des groupes de carac-

téristiques suivantes :

(C1) le niveau de protéine SBEIIA, d'activité enzymatique SBEIIA ou les deux dans l'endosperme est réduit d'au moins 50 % par rapport à des grains de type sauvage.

(C2) la variation génétique comprend une mutation dans un gène SBEIIa qui conduit à un niveau réduit de protéine SBEIIA, d'activité enzymatique SBEIIA ou les deux, dans l'endosperme par rapport à des grains de type sauvage.

(C3) les grains de blé tendre comprennent une mutation nulle dans au moins les deux copies d'un gène SBEIIa d'un des trois génomes, A, B ou D dans le cas d'un blé tendre hexaploïde.

(C4) les grains de blé sont des grains de blé dur tétraploïde.

En particulier, les grains de blé peuvent être ceux décrits dans les demandes de brevet suivantes : WO2012/058730 (cf p.12, 1.27 à 32 ; p. 14, 1.12 à 28) ; WO2013/063653 (cf p.168, rev.1) et obtenus selon le procédé décrit dans lesdites demandes et synthétisé ci-après.

- [0035] Sur la base de la connaissance de la séquence génétique du gène SBEIIa, du blé High Amylose a pu être développé par identification de lignées de blé dans lesquelles ce gène est peu ou non fonctionnel.
- [0036] Le criblage des collections de blé disponibles (données publiques, de partenaires [e.g. CSIRO] ou internes à Limagrain), y compris les populations mutagènes, a été entrepris. Le blé tendre est une espèce hexaploïde comportant trois génomes A, B et D ce qui signifie que chaque gène possède 6 copies (deux par génome). Le principe pour obtenir du blé HAW repose donc sur l'identification de lignées comportant un gène SBE2a peu ou non fonctionnel dans chacun des trois génomes et de les combiner par croisements successifs pour obtenir les 6 copies du gène SBE2a réprimées.
- [0037] Des mutants SBE2a ont été identifiés dans des populations mutagènes obtenues par bombardement d'ions lourds (Heavy Ion Bombardment, HIB). Au sein de cette population mutagénisée constituée de lignées de délétion, les mutants SBE2a ont été identifiés en identifiant une délétion du gène SBE2a dans chacun des trois génomes. Une fois les mutants des trois génomes identifiés, des croisements ont été effectués pour combiner les mutations afin d'obtenir le phénotype HAW. Les mutants doubles SBE2a HIB, délétions du gène SBE2a sur deux génomes, présentent un bon comportement agronomique, il est cependant lorsque le gène SBE2a est délété sur les trois génomes, SBE2a HIB triple mutant, il est impossible d'obtenir des plantes fertiles.
- [0038] Pour résoudre ce problème, il a été décidé d'opter pour une population TILLING, dans laquelle les mutations sont des substitutions de paires de bases, des mutations ponctuelles, dont on estime qu'elles sont moins préjudiciables du point de vue de la charge de mutation que les mutations basées sur de larges délétions. Limagrain possède une population TILLING Apache et, après criblage de cette population,

plusieurs mutants dans les séquences du gène SBE2a ont été identifiés. Parmi les bons candidats présumés, deux catégories principales ont été identifiées. Les mutations STOP et les mutations d'épissage. Les mutants nommés STOP ont une modification de séquence correspondant à un codon stop dans la séquence d'exon déclenchant la fin de la transcription du gène SBE2a. Cela conduit soit à une protéine SBEA tronquée fonctionnelle ou non fonctionnelle (selon la longueur de la protéine restante), soit à l'absence de la protéine SBE2A. L'autre type de mutants, les mutants d'épissage, a donné un ARNm altéré empêchant une biosynthèse de la protéine pleinement active. Il faut noter que dans la population criblée, aucun mutant de Tilling dans le génome A n'a été identifié comme bon candidat.

[0039] Dans une approche, et parce que les mutants doubles SBE2a HIB donnaient des plantes saines, il a été décidé de les croiser avec le mutant complémentaire SBE2a Tilling pour obtenir, de la manière la plus rapide possible, un mutant triple nul SBE2a afin d'évaluer si la répression du gène SBE2a sur les trois génomes pouvait conduire à des plantes HAW fertiles. Les premiers mutants de Tilling sélectionnés pour ces croisements étaient les plus prometteurs, c'est-à-dire ceux qui codent pour une altération de la séquence du gène déclenchant la présence d'un codon STOP dans les génomes B et D. Ces mutants ont donc été croisés avec, soit une combinaison de double mutation HIB AD ou HIB AB. Les mutants résultants, identifiés comme des mutants double HIB/STOP Tilling, ont réussi à donner des plantes saines et fertiles produisant des grains de blé ayant le phénotype haute teneur en amylose avec plus de 75 % d'amylose, contre 30 % dans le contrôle.

La combinaison de mutants HIB doubles avec des mutants STOP Tilling dans le gène SBE2a a conduit à des lignées de blé conventionnelles avec un phénotype d'amidon à haute teneur en amylose.

[0040] Selon une variante, des lignées de blé conventionnelles sans gène SBE2a fonctionnel ont été développées par mutagenèse en croisant des lignées présentant une délétion et une mutation ponctuelle dans le gène BE2a. Ces croisements ont donné de multiples combinaisons, associant une à deux mutations Tilling dans le gène SBE2a à deux ou une mutations HIB dans le gène SBE2a, dont certaines présentaient une protéine SBE2A inactive.

[0041] **Méthodologie**

[0042] Mouillage - Etapes -1-, -1.0-, -2.1-, -2.2-, -3-

Etape -1- : Hydratation

Etape -1.0- : Repos facultatif

Etape -2.1- : Chauffage

Etape -2.2- : Maintien au chaud facultatif

Etape -3- : Repos facultatif

[0043] Mouture : Etape -4-

[0044] Suivant une forme de mise en œuvre, l'étape -1- d'hydratation peut comprendre les sous étapes suivantes :

-SsE1- mesure de l'humidité du grain

-SsE2- calcul de la quantité d'eau pour amener les grains au pourcentage d'humidité cible,

-SsE3- ajout de la quantité d'eau calculée aux grains et homogénéisation.

[0045] Le mouillage des grains de blé est une opération de préparation du grain, effectuée avant la mouture des grains en farine, ayant pour but une meilleure séparation du péricarpe et de l'endosperme (amande) des grains de blé.

[0046] Suivant l'invention, cette opération consiste à amener le grain à une humidité donnée, de préférence, comprise entre 15 et 18% en poids, par exemple égale à de 16,5% en poids, pour rendre le péricarpe plus souple et l'endosperme moins cassant.

[0047] -SsE1- Le mouillage d'un lot de grains donné jusqu'à un taux d'humidité cible THf, tout d'abord consisté à mesurer le taux d'humidité initial des grains THi.

[0048] Suivant une modalité remarquable de l'invention, la méthode utilisée pour la détermination du taux d'humidité initial THi des grains de blé, est, par exemple la méthode proche infrarouge INFRATEC 1241 FOSS, modèle prédictif (calibration) fourni par le constructeur FOSS.

[0049] -SsE2- Connaissant THi et la masse de grains de blé à mouiller, on détermine ensuite, par exemple, par calcul la quantité d'eau à ajouter pour amener le taux d'humidité des grains, à THf, par exemple égal à 15,5 ; 16 ; 16,5 ; 17 ou 17,5 % en poids, par rapport à la masse totale des grains de blé du lot considéré.

[0050] -SsE3- Avantagusement, le mouillage est réalisé à l'aide de dispositifs connus en soi permettant la répartition homogène de l'eau d'hydratation au sein des grains de blé. Ces dispositifs sont, par exemple, des conteneurs rotatifs (e.g. mélangeur CHOPIN TECHNOLOGIES ou « BI-MIX » ou « HYGROS-TEC III » de GOLFETTO SANGATI)^o ou des vis mouilleuses. A l'échelle laboratoire le grain est placé e.g. dans un bidon et la quantité d'eau nécessaire est rajoutée. Le bidon est fermé hermétiquement et placé sur un mélangeur rotatif pendant 30 minutes permettant une homogénéisation du mélange eau/grains. Le grain ainsi hydraté est mis au repos à température ambiante pendant 24h. A l'échelle industrielle, les grains passent d'un silo de stockage à un silo de repos avant mouture par l'intermédiaire de vis sans fin et sont mouillés par aspersion durant le transfert.

[0051] L'étape -1.0- facultative consiste en un temps de repos des grains hydratés pour permettre une bonne pénétration de l'eau. Cette étape se déroule pendant plusieurs heures, par exemple entre 2 et 24 heures.

Selon une possibilité, la mise au repos selon l'étape -1.0- a une durée comprise entre

0,5 à 3,5 heures, de préférence comprise entre 1 et 3 heures.

L'étape -1.0 – est réalisée soit à température ambiante, soit température inférieure à la température ambiante : par exemple à 6°C.

La mise au repos, à une température inférieure à la température ambiante, par exemple dans une enceinte réfrigérée (e.g. à 6°C) est à privilégier, dès lors que les durées de repos sont supérieures 24 heures, par exemple comprise entre 24 et 48 heures pour éviter tout développement microbologique.

[0052] Etapes 2.1 & 2.2 : Chauffage et Maintien à température Tc (incubation)

Les grains de blé hydratés, c'est-à-dire amenés au taux d'humidité ciblé THf, et éventuellement reposés, sont soumis avant et/ou pendant et/ou après -de préférence pendant- l'hydratation (-Etape -1.0-) à un chauffage (ou incubation) (Etape -1-) visant à les porter à une température Tc.

[0053] Ce traitement thermique peut être effectué dans tout appareillage approprié, comme par exemple une enceinte thermorégulée. Outre, la mesure de température par thermomètres, des capteurs de mesure de température peuvent être notamment disposés, de manière à mesurer la température régnant au cœur de la masse de grains en cours d'incubation.

[0054] Dans un mode de mise en œuvre remarquable du procédé selon l'invention, c'est cette température à cœur qui correspond à Tc.

[0055] À titre d'exemple, on peut citer un appareillage comprenant des conteneurs pour les grains de blé disposés dans une enceinte thermorégulée type Mapimpianti et les sondes de températures des enregistreurs miniatures de température au format clé USB (type F184ED Française d'instrumentation).

[0056] Il est judicieux, selon l'invention, de maintenir les grains à une humidité constante telle que prédéfinie, au cours du traitement thermique (étapes -2.1- et/ou -2.2-). A cette fin, les grains sont, de préférence, disposés dans un conteneur hermétique, lui-même introduit dans une enceinte de chauffage, ou placé dans un bain marie, ou tout autre moyen de chauffage approprié.

En fonction de la Tc voulue, on fixe une température de consigne pour l'appareillage de chauffage.

Par exemple, pour Tc = 65°C, la température de consigne = 65°C.

[0057] Plusieurs possibilités sont ouvertes s'agissant du profil de montée en température des grains, lors de cette étape de chauffage 2.1. Ainsi, la vitesse de montée à la température Tc des grains de blé, peut-elle être notamment comprise entre 1 à 10°C/h, de préférence entre 3 et 8 °C/h, et, plus préférentiellement encore, entre 4 et 6 °C/h.

[0058] La durée de séjour des grains de blé à la température Tc, lors de l'étape 2.2, est avantageusement comprise entre 1 et 24 heures, de préférence entre 4 et 14 heures.

[0059] Etape -3- facultative : Repos

[0060] Avantageusement, la mise au repos selon l'étape -3- se déroule à température ambiante (par exemple comprise entre 15 et 35°C) ou à une température inférieure, par exemple comprise entre 1 et 7°C.

Selon une possibilité, la mise au repos selon l'étape -3- se déroule à une température inférieure à 10°C.

[0061] Suivant une caractéristique préférée de l'invention, la durée de la mise repos peut s'étendre jusqu'à 48 heures, 24 heures, ou 15 heures. Cette durée peut notamment être comprise entre 10 et 14 heures.

Selon une possibilité, la mise au repos selon l'étape -3- a une durée comprise entre 4 à 8 heures, de préférence comprise entre 5 et 7 heures.

[0062] Mouture : Etape -4-

[0063] Cette étape 4 consiste en un broyage des grains de blé à l'aide de différents outils, dont notamment des cylindres cannelés et lisses ou des meules.

[0064] Dans un mode de mise en œuvre particulier du procédé selon l'invention, le broyage est suivi de 3 opérations qui sont le blutage, le claquage et le convertissage.

[0065] Le blutage réalisé au moyen d'un « plansichter » permet de séparer la farine, les semoules, les fins sons et les gros sons.

[0066] Les semoules obtenues sont plus ou moins fines et plus ou moins lourdes et sont tamisées sur les plansichters pour être redistribuées sur les convertisseurs, par exemple des cylindres lisses à contact, pour être écrasées (claqueurs) et être réduites en farine.

À l'issue de la mouture, sont récupérés les gros sons, les fins sons, le remoulage bis, le remoulage blanc, la farine et éventuellement les germes, généralement groupés avec les fins sons.

[0067] Dans un autre mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, cette étape de mouture 4 est effectuée à l'aide d'un moulin pilote type Bühler MLU202 produisant des farines d'essais représentatives de la mouture industrielle d'un blé tendre. Le moulin Buhler MLU-202 est approuvé par la American Association of Cereal Chemists (AACC) à titre de matériel normalisé pour l'évaluation de la qualité du blé (AACC Approved International Method 26-10.02 Experimental Milling et AACC Approved International Method 26-21.02 Experimental Milling -Buhler Method for Hard Wheat).

Le diagramme de ce moulin Bühler est montré sur la [Fig.1] annexée.

[0068] Dans un autre mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, cette étape de mouture 4 est effectuée à l'aide d'un moulin pilote type Moulin Chopin Dubois CD1 produisant des farines dont la composition biochimique des farines est très proche de celles des farines industrielles (pureté, granulométrie, composition histologique, endommagement de l'amidon, qualité et quantité des protéines). Il comprend une partie broyage et une partie convertissage. Le moulin CD1 répond à la norme AACC

26-70.01 qui décrit son utilisation lors des moutures d'essai. Il répond également à la norme NF EN ISO 27971 qui décrit la méthodologie de la mouture d'essai pour l'analyse à l'Alvéographe (comparaisons interlaboratoires, transactions commerciales de blé).

[0069] **Farines obtenues**

[0070] Qualité boulangère

[0071] Le procédé selon l'invention peut également être défini par les qualités de la farine obtenue et, en particulier, par le gluten de cette farine, dont la qualité est mesurée par le test normé Mixolab®, et par des tests de panifications, permettant d'estimer la qualité boulangère des farines issus des traitements. Cette qualité boulangère est comparable à celle d'une farine témoin obtenue par un procédé témoin de meunerie comprenant les étapes 1 & 4, à l'exclusion des étapes 2.1 & 2.2 du procédé selon l'invention ; ces étapes 1 et 4 étant réalisées à partir d'une même quantité de grains de blé identiques, aussi bien pour la farine obtenue par le procédé selon l'invention que pour la farine témoin obtenue par le procédé témoin.

Selon une possibilité, le gluten de la farine a une stabilité (mesurée en minutes dans le test normé Mixolab®) supérieure ou égale à celle d'une farine témoin obtenue par un procédé de meunerie dans lequel le mouillage comprend au moins l'étape 1, à l'exclusion des étapes 2.1 & 2.2 du procédé selon l'invention; le mouillage et l'étape - 4- de mouture étant réalisés à partir d'une même quantité de grains de blé identiques.

Selon une possibilité, la farine obtenue par le procédé selon l'invention est caractérisée par une stabilité du gluten (mesurée en minutes dans le test normé Mixolab®) supérieure ou égale, de préférence supérieure, et, plus préférentiellement encore supérieure de 1 à 10 %, à la stabilité du gluten d'une farine témoin obtenue par un procédé de meunerie comprenant les étapes 1 & 4, à l'exclusion des étapes 2.1 & 2.2 du procédé selon l'invention, ces étapes 1 et 4 étant réalisées à partir d'une même quantité de grains de blé identiques.

Cela signifie que le procédé selon l'invention préserve suffisamment le gluten de la farine produite pour maintenir la valeur boulangère de la farine.

[0072] Le test normé Mixolab® mesure la consistance d'une pâte soumise à la double contrainte du pétrissage et dont le profil de température consiste en une augmentation de la température jusqu'à un plateau puis une redescende de celle-ci. Il analyse la qualité des protéines et de l'amidon à partir d'un échantillon de 50 g de farine. Cet appareil est utilisé en contrôle qualité et permet de qualifier les farines. Le Mixolab® est constitué d'un pétrin dont la température est contrôlée par une circulation d'eau. La température du pétrin comme celle de la pâte est mesurée en continu. L'utilisation de cet appareil est reconnue par "International Association for Cereal Science and Technology" (ICC) au travers de la méthode ICC Standard Method N°173 ("Whole

Meal and Flour from T.aestivum -Determination of Rheological Behavior as a Function of Mixing and Temperature Increase”), mais aussi par la “Cereal and Grains Association” anciennement l’ “American Association of Cereal Chemist” sous la méthode AACCC Method 54-60.01 : “Determination of Rheological Behavior as a Function of Mixing and Temperature Increase in Wheat Flour and Whole Wheat Meal by Mixolab® ”.

[0073] Le Mixolab® est l’appareil de mesure dédié à la mesure du test normé précédemment défini. Il analyse la qualité des protéines et de l’amidon à partir d’un échantillon de 50g de farine. Cet appareil est utilisé en contrôle qualité et permet de qualifier les farines. Le Mixolab® est constitué d’un pétrin dont la température est contrôlée par une circulation d’eau. La température du pétrin comme celle de la pâte est mesurée en continu.

[0074] L’appareil Mixolab® comprend un outil de traduction (Profiler) des courbes obtenues au Mixolab® permettant une interprétation simple et dynamique des résultats, spécialement développé pour les besoins en contrôle qualité des industries céréalières, en se basant sur l’analyse standard en protocole Chopin+. Comme l’indique la [Fig.2] annexée, la courbe du Mixolab® comporte 5 phases successives. Chaque phase apporte une information sur un ou plusieurs aspects relatifs à la qualité du produit analysé :

- Le pétrissage correspondant au développement du gluten (phase 1, température stable à 30 °C)
- La résistance du gluten à l’augmentation de la température (phase 2, entre 30 et 60 °C)
- La gélatinisation de l’amidon (phase 3, entre 60 et 80 °C environ)
- La résistance aux amylases (phase 4, à température élevée et stable)
- La rétrogradation de l’amidon (phase 5, associée au refroidissement)

Le Profiler est un calculateur qui étudie chaque phase individuellement attribue au produit 6 notes comprises entre 0 et 9 appelées indices :

1. Indice d'absorption d'eau
2. Indice de pétrissage
3. Indice gluten+
4. Indice de viscosité
5. Indice de résistance à l’attaque amylasique (indice amylolyse)
6. Indice de rétrogradation

Ces indices sont calculés à partir de modèles mathématiques développés par l’analyse statistique de plus de 700 échantillons de toutes provenances. Ces modèles combinent notamment des valeurs de couples (tels que C1, C2...), des variations de couple en fonction du temps (tels que alpha, bêta, gamma...), des durées, des températures, etc.

[0075] Rendement meunier

[0076] Les performances du procédé de meunerie selon l'invention se révèlent, en outre, et de manière extrêmement intéressante, au travers du rendement meunier.

Le rendement meunier (ou taux d'extraction) est déterminé de manière pondérale, en mesurant le poids des fractions de farine obtenues et combinées entre elles, rapporté au poids de grains incluant l'eau ajoutée lors du mouillage, utilisés pour la mouture.

Le résultat de ce rapport est un pourcentage d'extraction, rendement meunier ou rendement mouture.

[0077] Taux de cendres/ Taux de fibres

[0078] Les farines produites par le procédé selon l'invention sont aussi caractérisées :

- par un taux de cendres (mesuré en % en poids dans le test normé NF EN ISO 2171 Juin 2010) inférieur ou égal à +/- 2% au taux de cendres d'une farine témoin obtenue par un procédé de meunerie comprenant les étapes 1 & 4, à l'exclusion des étapes 2.1 & 2.2 du procédé selon l'invention, ces étapes 1 et 4 étant réalisées à partir d'une même quantité de grains de blé identiques ; et/ou

- par un taux de fibres solubles, insolubles et totales (en % en poids mesuré selon la méthode AOAC 2011-25) supérieur ou égal pour des farines de blé High Amylose à 15, de préférence à 20, et, plus préférentiellement encore, compris entre 25 et 50.

- par un taux de fibres totales (en % en poids mesuré selon la méthode AOAC 985-43) supérieur ou égal à 4, de préférence à 6, et, plus préférentiellement encore, compris entre 4 et 8.

Selon une autre possibilité, les farines produites par le procédé selon l'invention sont aussi caractérisées par un taux d'amidon résistant (en % en poids mesuré selon la méthode AOAC 2002-02) est supérieur ou égal à 10, de préférence à 15, et, plus préférentiellement encore, compris entre 20 et 40.

[0079] **Produits obtenus à partir des farines selon l'invention**

[0080] L'invention a également pour objet des produits dont la composition peut contenir de la farine, en particulier des pains, des pâtes (de quelque type que ce soit : nouilles, spaghettis etc.), des pâtisseries (de quelque type que ce soit : gâteaux, etc.), fabriqués à partir des farines obtenues par le procédé selon l'invention ou des farines selon l'invention telles que définies ci-dessus.

Ces produits peuvent également être des pains sans levain, des céréales pour le petit déjeuner, des produits à grignoter et tout autre produit à base de farine (par exemple des sauces).

Exemples

[0081] *MATIERES PREMIERES*

3 types de grains de blé : Apache / Mouture Mélange Maquette Boulangère- (MB) / HAW.

[0082] * Apache : Variété commerciale de blé tendre adaptée à la panification, teneur en amylose dans l'amidon de 34,19%, produite et commercialisée par LIMAGRAIN LG Semences.

[0083] * MB « Mouture Mélange Maquette Boulangère » mélange variétal courant en boulangerie industrielle qui évolue chaque année en fonction de la récolte et de la qualité boulangère réelle par rapport à celle voulue industriellement. La maquette utilisée est constituée d'un mélange de Blé Pour la Meunerie Française (BPMF) comprenant les variétés suivantes, récoltées en 2019, au pourcentages indiqués, 40% Apache, 25% Fructidor, 20% Symoisson, 15% BPMF meunier. Le BPMF meunier est constitué d'un mélange de variétés issues de queue de récolte 2019 d'un d'organisme stockeur permettant de compléter un manque de variété pure dans la maquette. Il est considéré qu'à une proportion de 15% de BPMF meunier dans la maquette, l'équilibre de celle-ci n'est pas mis en cause.

Toutes les variétés incluses dans la maquette sont des variétés BPMF.

Les variétés « BPMF » sont des blés qui, en mélange, garantissent une qualité adaptée aux utilisations en meunerie : panification, blés de force, biscuiterie ou blés biologiques. Elles sont évaluées sur la base de 2 années d'études avant inscription au catalogue officiel. Les nouvelles inscriptions au catalogue n'apparaissent pas dans les listes BPMF afin de permettre aux meuniers de les tester. Seules les variétés dont les superficies nationales cultivées sont significatives figurent sur la liste des BPMF panifiables.

[0084] * HAW : Blé à haute teneur en amylose supérieure à 50% (teneur en amylose dans l'amidon de 63,36%) -introgressé dans le fond génétique Apache et obtenu comme décrit ci-dessus p. 6 à 8.

[0085] *APPAREILLAGES ET METHODOLOGIE*

[0086] Mouillage - Etapes -1-,-1.0-,-2.1-,-2.2-,-3- :

[0087] - Etape 1 : Hydratation :

Mélangeur rotatif avec bidons et vis CHOPIN TECHNOLOGIES

[0088] - Etape 1.0 : Repos

* Repos à température ambiante : une étape de repos peut être effectuée en plaçant les bidons fermés contenant les grains à la température ambiante.

* Repos à température de 4-6°C : une étape de repos peut être effectuée en plaçant les bidons fermés dans une chambre froide à 4-6°C.

[0089] - Etapes 2.1 & 2.2 : Chauffage/Incubation :

Etuve thermorégulée Mapimpianti

Bouteilles au bain-marie : verre borosilicaté Schott Duran® 2 litres

Sonde de température : La température est mesurée au moyen d'un thermomètre ou d'une sonde de température placé dans le contenant.

Enregistreur miniature de température -40°C à 70°C et d'humidité, au format clé USB.

Ref : F184ED Française d'instrumentation.

Le FI 84ED est un nouveau concept d'enregistreur de température et d'humidité performant et très simple d'utilisation. Il se présente sous la forme d'une clé USB permettant de contrôler les fluctuations de température et d'humidité avec précision, afin de détecter les variations les plus infimes. Le FI 84ED permet de calculer le point de rosée à partir des acquisitions effectuées, propose une mémoire pour le stockage des données et son logiciel standard offre un environnement simple et intuitif pour la programmation des conditions d'acquisition, de programmation des seuils et l'affichage graphique des résultats.

[0090] - Etape 3 : Repos

* Repos à température ambiante : Après traitement thermique, une étape de repos peut être effectuée en plaçant les bidons fermés contenant les grains à la température ambiante.

* * Repos à température de 4-6°C après traitement thermique : une étape de repos peut être effectuée en plaçant les bidons fermés dans une chambre froide à 4-6°C.

[0091] Mouture : Etape -4- :

La mouture consiste à séparer l'amande (endosperme) de l'enveloppe (sons) du grain par une série de broyages et de tamisages successifs. Les différentes fractions obtenues se répartissent en plusieurs types de farines et de sons. Les types de farines sont des farines de broyage, de convertissage et de remoulage. Cette dernière est obtenue en passant les remoulages sur une brosse à sons les séparant en farine de remoulage et en fins sons. Les types de sons se répartissent en fins sons et gros sons. Dans les travaux décrits les moutures sont effectuées sur un moulin pilote type Bühler MLU202 ou sur un moulin CD1 de production de farines d'essai représentatives de la mouture industrielle - blé tendre, fabriquée et commercialisée par la société Chopin Technologies.

[0092] *METHODES DE MESURE_TESTS D'EVALUATION*

[0093] Mouillage : Etapes -1-, -1.0-, -2.1-, -2.2-, -3- :

[0094] - Etape 1 : Hydratation :

* Méthode de mesure du taux d'humidité des grains de blé : Analyseur de céréales Infratec™ 1241 de marque FOSS. Courbe étalonnage humidité fournie par constructeur.

* Méthode de détermination du rendement de meunerie :

Le rendement meunier est évalué de manière pondérale, en mesurant le poids des fractions farine obtenues et combinées entre elles, rapporté au poids de grains, incluant l'eau ajoutée pour le mouillage, utilisés pour la mouture Bühler (exemple 3) ou Chopin (exemples 1 & 2).

[0095] Mouture : Etape -4- :

[0096] - Évaluation farine

- * Test normé Mixolab® : Appréciation de la qualité boulangère de la farine.
- * Mesure du taux de cendres selon la méthode normée NF EN ISO 2171 Juin 2010.
- * Mesure du taux de fibres solubles, insolubles et totales selon la méthode AOAC 2011-25 ou adaptée.
- * Méthode d'évaluation de la qualité boulangère de la farine par production de pains de laboratoire ou de pains de mie.

[0097] **Exemple 1 : Essais laboratoires 1 Comparatif à 8**

[0098] Ces essais montrent l'impact du procédé selon l'invention pour des grains de blé Apache et de grains de blé HAW, sur le rendement meunier et sur la qualité nutritionnelle pour le blé HAW (taux de fibres par exemple) des farines obtenues à partir de ces grains.

Pour ce faire, ces grains de blé Apache et HAW sont soumis aux étapes suivantes :

[0099] Mouillage - Etapes -1-, -1.0-, -2.1-, -2.2-, -3- :

[0100] - Etape 1 : Hydratation : Huit échantillons constitués de 600g de grains sont pesés, placés dans 8 bidons et hydratés à une humidité de 16%.

Suivant leur humidité initiale THi, une quantité d'eau est ajoutée aux 600g de grains pour atteindre une humidité de 16% (voir tableau 1). Les bidons sont ensuite placés dans un mélangeur rotatif Chopin Technologies MR-2L, afin d'assurer une répartition homogène de l'eau ajoutée.

- Etape 1.0 : Repos

A température ambiante pendant environ 16 à 24h.

Après repos les grains sont transférés dans des bouteilles Schott hermétiquement fermées.

[0101] - Etapes 2.1 & 2.2 : Chauffage/Incubation :

Les bouteilles Schott hermétiquement fermées, sont incubées, dans un bain marie pendant 2 heures à des températures comprises entre 60 et 80°C pour les grains de HAW et 60°C pour le blé Apache (tableau 1).

Les températures de chauffage/d'incubation des grains sont mesurées à l'aide d'un thermomètre introduit à l'intérieur des bouteilles Schott et s'échelonnent entre 50 et 77°C.

[0102] - Etape 3 :

A la fin de l'incubation des étapes 2.1 & 2.2, les échantillons sont refroidis jusqu'à atteindre la température ambiante, avant d'être passés en mouture.

[0103] Mouture : Etape -4- :

[0104] La mouture est effectuée au moyen d'un moulin Chopin CD1 destiné à la production de farines d'essai représentatives de la mouture industrielle - blé tendre. Le moulin CD1 répond à la norme AACC 26-70.01 qui décrit son utilisation lors des moutures

d'essai.

[0105] De manière surprenante, une augmentation du rendement mouture qui, de 53% pour des grains HAW non traités thermiquement, atteint jusqu'à 60% est observée pour des grains traités à 67 et 77°C ([Fig.3]). Cette augmentation de rendement meunier est d'autant plus surprenante que le traitement thermique de 60°C sur des grains de blé standard entraîne au contraire une diminution de 15 % de ce rendement (tableau 1).

[0106] Résultats :

[0107] – Rendement meunier :

Le Tableau 1 ci-dessous et la [Fig.3] annexée montrent l'évolution du rendement meunier pour les grains mis en œuvre dans ces essais, en fonction du traitement thermique appliqué à ces grains.

[0108] [Tableaux1]

N° Essais	Code échantillon	Eau ajoutée à 600g grains pour 16% humidité (g)	Température dans les grains (°C)	Perte d'eau pendant l'incubation (g)	Rendement meunier (%)
1 Comparatif	HAW HT 0	42,85	na	na	53,28
2	HAW HT 60	42,85	50	0,2	53,65
3	HAW HT 65	42,85	55	0,25	55,56
4	HAW HT 70	42,85	60	0,1	57,84
5	HAW HT 70.1	41,42	67	0,5	60,01
6	HAW HT 80	41,42	77	0	59,45
7 Comparatif	STD HT 0	33,56	na	na	68,38
8	STD HT 60	33,56	50	0,15	58,42

[0109] **Tableau 1 :**

Les codes échantillons HAW et STD correspondent aux grains, respectivement, HAW et Apache.

Dans le code HT X, « X » correspond à la température de consigne (en °C) utilisée pour le chauffage/d'incubation des grains lors de l'étape -2.1-

[0110] – Taux de fibres :

Des mesures de fibres, AOAC 985.43 et 2011.25, sont effectuées sur les farines
Les résultats sont donnés dans le Tableau 2 ci-dessous et sur la [Fig.4] annexée

[0111] [Tableaux2]

Code échantillon	Température grains (°C)	TDF AOAC 985.29 (%)	TDF AOAC 2011.25			
			TDF (%)	IDF (%)	SDFP (%)	SDF (%)
HAW HT 0	25	6,2	34,2	16,5	8,3	9,4
HAW HT 60	50	5,9	31,8	20,7	5	6,1
HAW HT 65	55	6,4	37,2	25,2	5,3	6,7
HAW HT 70	60	6,4	35,5	24,1	4,9	6,5
HAW HT 75	67	6,2	33,9	22,3	5,2	6,4
HAW HT 80	77	6,4	29,8	17,8	5,9	6,1
STD HT 0	25	3	4,7	2,1	0,5	2,6
STD HT 60	50	2,8	4	0,7	0,8	2,5

[0112] **Tableau 2** : Mesure des taux de fibres, méthodes AOAC 985.29 et 2011.25, sur farines issues de grains de blé HAW et standard traités thermiquement.

TDF : Fibres totales ; IDF : Fibres Insolubles ; SDFP : Fibres Solubles de Haut poids moléculaire ; SDF : Fibres Solubles de Bas Poids Moléculaire.

[0113] Ces mesures montrent que le procédé selon l'invention n'a pas d'incidence sur la quantité totale de fibres dans ces farines, qui reste similaire aux contrôles respectifs, HAW et standard, non traités (tableau 2). On peut observer, dans les farines HAW, une différence au niveau de la répartition des fibres solubles et insolubles mesurées avec la méthode AOAC 2011.25 : les fibres insolubles augmentent dans les farines HAW obtenues par le procédé selon l'invention par rapport à la référence HAW non traitée thermiquement.

[0114] **Exemple 2 : Essais laboratoires Nos 9 Comparatif à 15**

[0115] Ces essais montrent l'impact du procédé selon l'invention pour des grains de blé de HAW, sur le rendement meunier et sur la qualité boulangère des farines obtenues à partir de ces grains.

Pour ce faire, ces grains de HAW sont soumis aux étapes suivantes :

[0116] Mouillage : Etapes -1-,-1.0-,-2.1-,-2.2-,-3- :

[0117] *Etape 1 : Hydratation* : Cinq échantillons constitués de 600g de grains sont pesés dans des bidons pouvant fermer et sont hydratés à une humidité de 17%.

Les grains étant à une humidité initiale de 11,3%, 33,56g d'eau ont été rajoutés aux 600g de grains pour atteindre une humidité de 17%. Les bidons sont ensuite placés sur un mélangeur rotatif Chopin Technologies pendant 30 minutes afin d'assurer une répartition homogène au sein des grains de l'eau ajoutée.

[0118] Etape 1.0 : Repos

Après repos à température ambiante pendant 16h, les grains sont transférés dans des bouteilles Schott hermétiquement fermées.

[0119] *Etapes 2.1 & 2.2 : Chauffage/Incubation :*

Les bouteilles Schott hermétiquement fermées, sont incubées, dans un bain marie pendant une durée de 2 ou 6 heures à la température de 65 °C. Les températures au niveau des grains sont mesurées à l'aide d'un thermomètre introduit à l'intérieur des bouteilles et indiquent que les grains sont à 60°C après 2 heures et à 64°C après 6 heures d'incubation à 65°C.

[0120] *Etape 3 : Repos*

A la fin de l'incubation des étapes 2.1 & 2.2, les échantillons N°9 comparatif, N°10 et N°12 sont passés en mouture immédiatement après le traitement thermique. Les échantillons N°11 et N°13 sont refroidis jusqu'à température ambiante, pendant 16 heures, avant d'être passés en mouture.

[0121] *Mouture : Etape -4- :*

[0122] La mouture est effectuée au moyen d'un moulin Chopin CD1 destiné à la production de farines d'essai représentatives de la mouture industrielle - blé tendre. Le moulin CD1 répond à la norme AACC 26-70.01 qui décrit son utilisation lors des moutures d'essai.

[0123] *Résultats :*

[0124] *LES FARINES*

Le tableau 3 ci-dessous donne les caractéristiques des grains mouillés, de la farine et des sons, ainsi que le rendement meunier obtenu pour les essais N°9 comparatif à N°13.

Les grains lorsqu'ils sont passés en mouture immédiatement après le traitement thermique à 65°C sont à une température de 58,7°C après 2 heures de traitement thermique et à 64,2°C après une incubation à 65°C de 6 heures.

Le tableau 3 ci-dessous donne les conditions les essais N°9 comparatif à N°13 et les caractéristiques des grains mouillés durant le traitement et de la farine obtenue, ainsi que le rendement meunier obtenu pour les essais N°9 comparatif à N°13.

[0125] [Tableaux3]

N° Essais	Code échantillons	Traitement des Grains HAW				Caractérisation Farine HAW							
		Température Traitement (°C)	Durée incubation 65°C (h)	Température des grains après traitement (°C)	Température des grains à la mouture (°C)	Rendement Meunier (%)	Gros sons (g)	Fins sons (g)	Sons Totaux (g)	Augmentat° du Rendement Meunier (%)	Humidité (%)	Cendres (%MS)	Activité Amylasique (%)
9 Comparatif	Reference	20	-	21,1	21,4	46	169	148,16	317,39	Reference	16,1	0,74	33
10	H65_2	65	2	58,7	58,7	60	174	69,09	242,95	29	15,7	0,81	34
11	H65_2_d		2	59,2	21,5	54	167	71,2	238,57	17	16,1	0,72	31
12	H65_6		6	64,2	64,2	56	179	76,66	255,19	21	15,7	0,74	28
13	H65_6_d		6	63,8	21,16	63	173	54,08	227,3	37	15,9	0,75	27

[0126] Tableau 3 paramètres moutures grains HAW et caractérisation des farines obtenues
 Essai N°9 Comparatif : Echantillon grains HAW avec référence : hydratation à 16% puis incubation 16h à température ambiante

Essai N°10_H65_2 : Echantillon grains HAW : hydratation à 16% puis incubation 16h à température ambiante puis incubation 2 heures à 65°C puis mouture immédiate

Essai N°11_H65_2_d : Echantillon grains HAW : hydratation à 16% puis incubation 16h à température ambiante incubation 2 heures à 65°C, puis mouture 16h plus

tardEssai N°12_H65_6 :Echantillon grains HAW : hydratation à 16% puis incubation 16h à température ambiante puis incubation 6 heures à 65°C puis mouture immédiate

Essai N°13_H65_6_d : Echantillon grains HAW : hydratation à 16% puis incubation 16h à température ambiante puis incubation 6 heures à 65°C puis mouture 16h plus

[0127] Les rendements meuniers calculés sont améliorés de manière très significative par les traitements thermiques à 65°C de 2 heures, +29% (essai N°10) et +17% (essai N°11) ou 6h, +21% (essai N°12) et 37% (essai N°13). Le pourcentage d'amélioration est calculé en faisant la différence entre le rendement meunier obtenu après traitement et celui de la référence (N°9 comparatif) divisé par le rendement référence (N°9 comparatif) l'ensemble multiplié par 100.

Par exemple : $\left[\frac{\text{rendement H65_2} - \text{rendement 9 comparatif}}{\text{rendement 9 comparatif}} \right] \times 100$.

[0128] Les fractions de sons issus des grains traités à 65°C sont moins importantes en poids

et sont d'un aspect visuel plus sombres, donc avec moins de fraction de l'amande, que ceux issus des grains non traités. Cela suggère une meilleure séparation entre l'amande et le péricarpe au cours du process mouture lorsque les grains sont incubés à une température de 65°C avec pour conséquence une augmentation du rendement meunier (tableau 3).

- [0129] Un taux de cendres identique entre les farines issues de grains traités thermiquement et la farine référence confirme que l'augmentation du rendement mouture n'est pas due à une contamination par des sons, dont l'origine serait une abrasion trop forte de ces derniers, mais bien à une amélioration de la séparation amande péricarpe.

Les résultats de rendement meunier indiquent une amélioration significative de celui-ci par une incubation des grains HAW à 65°C dès deux heures de traitement.

- [0130] LES PAINS FABRIQUES A PARTIR DE CES FARINE

- [0131] A partir des farines obtenues des pains laboratoires sont élaborés comme suit :

Ajout de 43g d'eau à 50g de farine avec 1g de sel et 1g de levure.

Le pétrissage est effectué sur un pétrin à spirale KitchenAid, 1 minute à vitesse 3 et 5 minutes à vitesse 5.

Le pâton est sorti, puis boulé sur la paillasse pour constituer une boule bien lisse avant d'être mis dans un moule cuisine en papier (caissette cuisine papier blanc WORDIA, diamètre 54mm, hauteur 40mm).

La pâte est mise à lever dans une étuve à 37 °C pendant 40 minutes.

La pâte levée est cuite pendant 15 minutes dans le four préchauffé à 200 °C

Après cuisson, le pain laboratoire est laissé à refroidir 1h à température ambiante.

- [0132] L'évaluation des pains laboratoires n'a montré aucun impact sur le process ou la qualité des pains obtenus à partir de farine de grains de HAW ([Fig.5]). Une altération de gluten aurait montré des pains ayant perdu de la hauteur en raison d'une plus faible résistance du réseau gluténique, face au dégagement gazeux issus de la fermentation. Cette observation est surprenante puisqu'elle révèle un maintien de l'intégrité du gluten dans ces farines en dépit d'un traitement des grains à une température susceptible de l'altérer ([Fig.5]). En effet, les gluténines, principales protéines constituant le gluten, se dégradent à partir de 55°C (Schofield et al. The Effect of Heat on Wheat Gluten and the Involvement of Sulphydryl-Disulfide Interchange Reactions, Journal of Cereal Science, 1, 1983, 241-253).

- [0133] Des estimations de la teneur en fibres, selon la méthode AOAC2011.25 ont été faites sur les pains laboratoires (tableau 4 infra). Ces mesures n'ont pas montré de différences majeures entre les pains issus de farine standard ou de grains traités thermiquement.

[0134] [Tableaux4]

N° Essais	Code échantillons pains	Méthode AOAC 2011.25 ajustée		
		IDF (%)	SDFP (%)	TDF (%)
9 Comparatif	Référence	19,6	9,2	28,8
10	H65_2	22,2	9,4	31,6
11	H65_2_d	21,7	9,2	30,9
12	H65_6	20,7	10,4	31,1
13	H65_6_d	21,5	11	32,5

[0135] **Tableau 4 :** Teneur en fibres dans les pains laboratoire élaborés à partir de farines issues des essais 11 Comparatif à 15.

IDF : Fibres Insolubles ; SDFP : Fibres solubles de haut poids moléculaire ; TDF : Teneur Fibres Totales.

[0136] **Exemple 3 : Essais pilotes**

[0137] Blés

5kg de grains de variété Apache (blé type1) (teneur en amylose 34,19%), de MB (blé type 2, décrit ci-dessus) et de HAW (teneur en amylose 63,36%).

[0138] Appareillage

Le mouillage (étapes -1-2-3) se fait de manière identique par contre la mouture se fait sur moulin Bühler MLU 202 décrit plus haut ([Fig.1] annexée).

[0139] Mode opératoire

-A- Témoin (référence mouillage) :

Mouillage : Etapes -1-,-1.0- :

- Etape 1 : Hydratation (taux d'humidité 16,5% pour blé Types 1 & 2, 17% pour blé HAW)

- Etape 1.0 : Repos 12 ou 24h T° ambiante

Mouture : Etape -4- :

-B- Essais :

***B.1* Essais suivant l'invention**

***B.1.1* Avec étape 3 :**

Mouillage - Etapes -1-,-2.1-,-2.2-,-3- :

- Etape 1 : Hydratation (taux d'humidité 16,5% pour blés Types 1 & 2, 17% pour blé HAW) se faisant dans des bidons contenant les grains.

- Etape 2.1 : Chauffage/incubation du blé, placé dans les bidons fermés, dans une étuve de type Mapimpianti sur laquelle on programme une température de consigne égale à 65°C pour une température de chauffage des grains visée Tc égale à 65°C+/-3°C.

Mesure de la montée en température du grain au moyen d'une sonde placée dans les grains contenus dans les bidons.

- Etape 2.2 : Maintien grains à Tc entre 2 et 14 heures.

La [Fig.6] annexée montre la courbe d'évolution en fonction de la température Tc au cœur des grains contenus dans un bidon :

Température initiale environ 20° C ; température Tc = 62°C à 10h ; Température Tc maximale atteinte 63,7°C Vitesse de montée en température égale 4,0°C/h ;

- Etape 3 : Repos de 2 à 24h :

(i) à T° ambiante : Grains dans bidon

(ii) à T° = 6°C : Grains dans bidon

Mouture : Etape -4-

B.1.2 sans étape 3 :

Mouillage : Etapes -1-, -2.1-, -2.2- :

- Etape 1 : Hydratation (taux d'humidité 16,5% pour blé Apache et MB, 17% pour blé HAW)

- Etape 2.1 : Chauffage/incubation du blé, placé dans les bidons fermés, dans une étuve de type Mapimpianti sur laquelle on programme une température de consigne égale à 65°C pour une température de chauffage des grains visée Tc égale à 65°C+/-3°C.

Mesure de la montée en température du grain au moyen d'une sonde placée dans les grains contenus dans les bidons.

- Etape 2.2 : Maintien grains à Tc pendant au moins 2 heures.

Mouture : Etape -4-

B.2 Contre-essais sans étape 1 de mouillage préalable au traitement thermique

B.2.1 Avec étape 3 :

Mouillage : Etapes -1-, -2.1-, -2.2-, -3- :

- Etape -1- : Hydratation (taux d'humidité 16,5% pour blé Apache et 17% pour blé HAW)

- Etape 2.1 : Chauffage/incubation des blés secs Apache et HAW, placés dans les bidons fermés, dans une étuve de type Mapimpianti sur laquelle on programme une température de consigne égale à 65°C pour une température de chauffage des grains visée Tc égale à 65°C+/-3°C .

- Etape 2.2 : Maintien grains à Tc pendant au moins 12 à 14h heures.

- Etape 3 : Repos à température ambiante entre 2 et 24h.

Mouture : Etape -4- :

[0140] CONDITIONS DES ESSAIS E1-E2-E3-E5

- Etape -1- : Hydratation : *Incubation du grain MB mouillé à 16,5% à :*

- Etape -1.0- : Repos Température ambiante pendant 24h pouvant être suivie

* D'une mouture immédiate. - Etape -4-

* D'une incubation à une température consigne de 6°C pendant 24h - Etape -1.0- avant mouture - Etape -4- :

* Ou Repos Température ambiante pendant 7h pouvant être suivie d'une incubation à une température consigne Tc de 65°C pendant 12 à 16h - Etapes -2.1- -2.2-

- D'une mouture - Etape -4-.

- D'une incubation à une température consigne Tc de 6°C pendant 24h - Etape -1.0- avant mouture - Etape -4- .

Quantités : 5 kg / essai.

2 échantillons par essai

[0141] [Tableaux5]

Variété	Traitement						Mouture										
	Poids échantillon (g)	Eau de mouillage à 16,5% (g)	CODE	Repos T°C ambiante (h)	65°C (h)	Repos 6°C (h)	Immédiate après traitement 65°C	Farine de broyage (g)	Farine de convertissage (g)	Farine de remoulage (g)	Sons fins (g)	Sons gros (g)	Rendement Meunier (%)	Cendres (%)	Rendement Meunier Moyenne (%)	Cendres Moyenne (%)	Augmentation rendement meunier (%)
MB	5000	215	E1B1	24	0	0	na	792	2676	122	534	878	68,84	0,51	68,74	0,53	3,70
			E1B2					790	2834	155	578	887	68,63	0,55			
			E5B1	24	0	24	na	739	2752	180	583	892	70,39	0,51	70,29	0,535	
			E5B2					829	2718	115	572	772	70,18	0,56			
			E2B1	7	16	0	oui	1030	2662	74	345	907	72,21	0,54	71,28	0,55	
			E2B2					939	2637	92	360	978	70,34	0,58			
			E3B1	7	12	24	non	891	2692	95	441	844	70,53	0,54	70,75	0,55	
			E3B2					895	2702	104	511	781	70,97	0,58			

[0142] **Tableau 5 :**

E1 : Echantillons grains MB avec process mouillage référence : hydratation à 16,5% puis incubation 24h à température ambiante, B1 et B2 répétitions de l'essai

E2 : Echantillons grains MB avec process mouillage : hydratation à 16,5% puis incubations 7h à température ambiante puis 16h à Tc 65°C, B1 et B2 répétitions de l'essai

E3 : Echantillons grains MB avec process mouillage : hydratation à 16,5% puis incubations 7h à température ambiante puis 12h à Tc 65°C puis 24h à Tc 6°C, B1 et B2

répétitions de l'essai

E5 : Echantillons grains MB avec process mouillage : hydratation à 16,5% puis incubations 24h à température ambiante puis 24h à Tc 6°C, B1 et B2 répétitions de l'essai.

[0143] CONDITIONS DES ESSAIS E6-E7-E8-E9-E10

- Etape -1- : Hydratation : Incubation du grain HAW mouillé à 17% à :
 - Etape -1.0- : Repos Température ambiante pendant 24h pouvant être suivie
 - * D'une mouture immédiate. - Etape -4-
 - * D'une incubation à une température consigne Tc de 6°C pendant 24h avant mouture. - Etape -1.0- :
 - * Ou d'une incubation à une température consigne Tc de 65°C pendant 6h –
 - Etapes -2.1- -2.2- ; avant la mouture selon - Etape -4-.
 - A une température de consigne Tc de 65°C :
 - * Pendant 12h Etapes -2.1- -2.2- avant mouture- Etape -4-.
 - * Pendant 12h Etapes -2.1- -2.2- suivi d'une incubation à la température consigne Tc = 6°C Etape -3- pendant 24h avant mouture- Etape -4-.
- Quantités : 5 kg / essai. 2 échantillons par essai.

[0144] [Tableaux6]

Variétés	Traitement						Mouture										
	Poids (g)	Eau de mouillage à 17% (g)	CODE	Repos T°C ambiante (h)	Incubation à 65°C (h)	Repos à 6°C après traitement (h)	Immédiate après traitement 65°C	Farine de broyage (g)	Farine de convertissage (g)	Farine de remoulage (g)	Sons fins (g)	Sons gros (g)	Cendres (%)	Cendres Moyenne (%)	Rendement Meunier (%)	Rendement Meunier Moyenne (%)	Augmentation rendement meunier (%)
HAW	5000	239	E6B1	24	0	0	na	601	1995	224	957	1221	0,58	0,58	53,83	56,54	-
			E6B2					737	2127	240	956	931	0,58		58,25		
			E10B1	24	0	24	na	700	2075	260	1063	960	0,57	0,56	57,93	56,885	
			E10B2					644	2030	262	1043	1071	0,53		56,04		
			E9B1	24	6	0	oui	833	2306	183	703	968	0,57	0,575	63,41	62,635	10,8
			E9B2					823	2254	164	571	1140	0,56		61,86		
			E7B1	0	12	0	oui	912	2327	162	623	970	0,59	0,565	64,92	62,63	10,8
			E7B2					793	2228	140	530	1277	0,54		60,34		
			E8B1	0	12	24	non	850	2432	212	754	870	0,62	0,595	66,69	64,65	13,5
			E8B2					796	2251	233	835	909	0,57		62,81		

[0145] Tableau 6 :

E6 : Echantillons grains HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante, B1 et B2 répétitions de l'essai

E7 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 12h à Tc 65°C puis mouture immédiate, B1 et B2 répétitions de l'essai

E8 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 12h à Tc 65°C puis incubation 24h à Tc 6°C, B1 et B2 répétitions de l'essai

E9 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante puis 6h à Tc 65°C puis mouture immédiate, B1 et B2 répétitions de l'essai

E10 : Echantillons grains HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante puis incubation 24h à Tc 6°C, B1 et B2 répétitions de l'essai.

[0146] CONDITIONS DES CONTRE-ESSAIS : E11.0 –E11.1- E11.2- E11.3

- Etape Incubation du grain sec blé standard, Apache à une température consigne Tc de 65°C pendant 12h suivie d'une :

- Etape -1- : Hydratation : Incubation du grain Apache mouillé à 16,5% :

- Etape -1.0- Repos Température ambiante pendant 2, 4 ou 6h suivie d'une mouture immédiate. - Etape -4-

- OU Etape -1- : Hydratation : Incubation du grain Apache mouillé à 16,5% à :

- Etape -1.0- : Repos Température ambiante pendant 24h suivie d'une mouture immédiate. - Etape -4-

Quantités : 5 kg / essai. 2 échantillons par essai.

[0147] [Tableaux7]

Variété	Traitement					Mouture							
	Poids échantillon (g)	Eau de mouillage à 16,5% (g)	CODE	Grain Sec 65°C (h)	Mouillage T°C ambiante (h)	Farine de broyage (g)	Farine de convertissage (g)	Farine de remoulage (g)	Sons fins (g)	Sons gros (g)	Rendement Meunier (%)	Cendres (%)	Impact rendement meunier (%)
APACHE	5000	335	E11.0	0	24	1066	2755	95	435	858	73,4	0,5	-
			E11.1		2	1089	2677	93	348	965	72,33	0,48	-4,0
			E11.2	12	4	1067	2689	103	362	943	72,33	0,5	0,0
			E11.3		6	1067	2718	98	362	940	72,78	0,49	-2,0

[0148] **Tableau 7 :**

E11.0 : Echantillon grains Apache avec hydratation référence à 16,5% puis incubation 24h à température ambiante

E11.1 : Echantillon grains secs Apache incubé 12h à Tc 65°C puis hydratation à 16,5% avant repos 2 h à température ambiante puis mouture

E11.2 : Echantillon grains secs Apache incubé 12h à Tc 65°C puis hydratation à 16,5% avant repos 4 h à température ambiante puis mouture

E11.1 : Echantillon grains secs Apache incubé 12h à Tc 65°C puis hydratation à 16,5% avant repos 6 h à température ambiante puis mouture.

[0149] **CONDITIONS DES ESSAIS : E12.1 – E12.2 – E12.3- E12.4-**

- Etape -1- : Hydratation : *Incubation du grain Apache mouillé à 16,5% à :*
- Etape -1.0- : Repos Température ambiante pendant 24h pouvant être suivie
- * D'une mouture immédiate. - Etape -4-
- A une température consigne Tc de 65°C :
- * Pendant 6h Etapes -2.1- -2.2- avant mouture- Etape -4-.
- * Pendant 8h Etapes -2.1- -2.2- avant mouture- Etape -4-.
- * Pendant 12h Etapes -2.1- -2.2- avant mouture- Etape -4-.

Quantités : 5 kg / essai.

2 échantillons par essai

[0150] [Tableaux8]

Variété	Traitement					Mouture								
	Poids échantillon (g)	Eau de mouillage à 16.5% (g)	CODE	Incubation à 65°C (h)	Repos T°C ambiante (h)	Immédiate après traitement 65°C	Farine de broyage (g)	Farine de convertissage (g)	Farine de remoulage (g)	Sons fins (g)	Sons gros (g)	Rendement Meunier (%)	Cendres (%)	Augmentation rendement meunier (%)
Apache	5000	335	E12.1	0	24	na	1080	2701	89	434	855	72,54	0,5	-
			E12.2	6	na	oui	1240	2569	69	327	910	72,69	0,5	0,2
			E12.3	8	na	oui	1285	2501	84	351	880	72,54	0,5	0,0
			E12.4	12	na	oui	1315	2593	55	341	863	74,28	0,53	2,4

[0151] **Tableau 8 :**

E12.1 : Echantillon grains Apache référence : hydratation à 16,5% puis incubation 24h à température ambiante,

E12.2: Echantillon grains Apache incubé hydraté à Tc 65°C pdt 6h + mouture

immédiate E12.3: Echantillon grains Apache incubé hydraté à Tc 65°C pdt 8h +

mouture immédiate E12.4 : Echantillon grains Apache incubé hydraté à Tc 65°C pdt 12h + mouture immédiate.

[0152] **CONDITIONS DES ESSAIS : E13.1 – E13.2 – E13.3 – E13.4 –**

- Etape -1- : Hydratation : *Incubation du grain HAW mouillé à 17% à :*

- Etape -1.0- : Repos Température ambiante pendant 24h pouvant être suivie

* D'une mouture immédiate. - Etape -4-

- A une température consigne Tc de 65°C :

* Pendant 8h Etapes -2.1- -2.2- avant mouture- Etape -4-.

* Pendant 12h Etapes -2.1- -2.2- avant mouture- Etape -4-.

* Pendant 14h Etapes -2.1- -2.2- avant mouture- Etape -4-.

Quantités : 5 kg / essai.

2 échantillons par essai

[0153] [Tableaux9]

Variété	Traitement					Mouture								
	Poids échantillon (g)	Eau de mouillage à 17 % (g)	CODE	Repos T°C ambiante (h)	Incubation à 65°C (h)	Immédiate après traitement	Farine de broyage (g)	Farine de convertissage (g)	Farine de remoulage (g)	Sons fins (g)	Sons gros (g)	Rendement Meunier (%)	Cendres (%)	Augmentation Rendement Meunier (%)
HAW	5000	281	E13.1	24	0	na	743	2097	239	1007	989	58,30	0,63	-
			E13.2	0	8	oui	951	2183	183	570	1156	62,81	0,58	7,73
			E13.3	0	12	oui	1017	2284	155	635	1008	65,44	0,63	12,24
			E13.4	0	14	oui	979	2206	166	589	1091	63,45	0,59	8,83

[0154] **Tableau 9 :**

E13.1 : Echantillon grains HAW avec référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante

E13.2 : Echantillon grains HAW incubé mouillé à 17% puis incubation 8h à Tc 65°C

puis mouture immédiate

E13.3 : Echantillon grains HAW incubé mouillé à 17% puis incubation 12h à Tc 65°C
puis mouture immédiate

E13.4 : Echantillon grains HAW incubé mouillé à 17% puis incubation 14h à Tc 65°C
puis mouture immédiate

[0155] **CONDITIONS DES CONTRE-ESSAIS : E14.1 – E14.4 – E14.2 – E14.3**

- Etape Incubation du grain sec blé standard, Apache (E14-3) ou HAW (E14-4) à une température consigne Tc de 65°C pendant 12h suivie d'une :

- Etape -1- : Hydratation : Incubation du grain Apache mouillé à 16,5% ou HAW à 17% :

- Etape -1.0- Repos Température ambiante pendant 24h suivie d'une mouture immédiate. - Etape -4-

- OU Etape -1- : Hydratation : Incubation du grain Apache mouillé à 16,5% (E14-1) ou HAW à 17% (E14-2) à :

- Etape -1.0- : Repos Température ambiante pendant 24h suivie d'une mouture immédiate. - Etape -4-

Quantités : 5 kg / essai.

[0156] [Tableaux10]

Variété	Traitement					Mouture							
	Poids échantillon (g)	Eau de mouillage à 16,5% (g)	CODE	Grain Sec 65°C (h)	Mouillage T°C ambiante (h)	Farine de broyage (g)	Farine de convertissage (g)	Farine de remouillage (g)	Sons fins (g)	Sons gros (g)	Rendement Meunier (%)	Cendres (%)	Augmentation rendement meunier (%)
APACHE	5000	269	E14.1	0	24	1128	2548	93	457	842	71,53	0,51	-
			E14.3	12	24	1162	2585	82	381	852	72,67	0,52	1,6
HAW	5000	281	E14.2	0	24	737	1994	256	1053	1046	56,56	0,62	-
			E14.4	12	24	723	2046	255	976	1114	57,26	0,59	1,2

[0157] **Tableau 10 :**

E14.1 : Echantillon grains Apache essai comparatif : hydratation à 16,5% puis incubation 24h à température ambiante

E14.3 : Echantillon grains secs Apache incubé 12h à Tc 65°C puis mouillage à 16,5% avant repos 24 h à température ambiante puis mouture

E14.2 : Echantillon grains secs HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante

E14.4 : Echantillon grains secs HAW incubé 12h à Tc 65°C puis mouillage à 17% avant repos 24 h à température ambiante puis mouture

[0158] RESULTATS : RENDEMENT MEUNIER – TAUX DE CENDRES – BLES STANDARDS MELANGE MB (E1 –E2– E3–E5) ET VARIETE APACHE (E12.1- E12.2- E12.3- E12.4)

[0159] Les tableaux 5 et 8 montrent les rendements meuniers et les taux de cendres obtenus pour 2 types de blé : Apache : E12.1 - E12.2 - E12.3 - E12.4 & MB : E1 – E2– E3 – E5.

[0160] Pour le blé Apache une augmentation du rendement meunier est observée jusqu'à 2,4% pour des grains dont le mouillage comprend un traitement à 65°C de 12h (E12.4). Pour des traitements thermiques à 65°C de durées inférieures de 6 (E12.2) et 8h (E12.3) le rendement meunier demeure similaire au témoin non traité (tableau 8).

[0161] Pour le mélange MB de variétés de blé BPMF, un traitement thermique du grain mouillé à une température de 65°C pendant 16h entraine une augmentation du rendement meunier de 3,7%. Un traitement similaire de 12h suivi d'une incubation à 6°C entraine une augmentation du rendement meunier de 0,7% (tableau 5).

[0162] Les résultats montrent qu'un traitement thermique de 12h à la température de consigne de 65°C peut donner des augmentations de rendements meuniers différents en fonction de l'origine génétique des blés. Par exemple, un blé Apache verra son rendement meunier augmenter de 2,4% alors qu'un mélange de blés BPMF ne verra celui-ci augmenter que de 0,7%.

Dans les deux cas les traitements n'ont pas d'incidence sur le taux de cendres.

[0163] RESULTATS : RENDEMENT MEUNIER – TAUX DE CENDRES–VARIETE HAW (E13.1 - E13.2 - E13.3 - E13.4)

[0164] Le tableau 9 et la [Fig.7] annexée montrent les rendements meuniers et les taux de cendres obtenues pour le blé HAW mouillé pendant 24h à température ambiante (contrôle) ou soumis à une température de 65°C pendant 8, 12 et 14h (Etapes -1- ; - 2.1- ; -2.2).

[0165] Les rendements meuniers augmentent de 7,73% après 8h d'incubation à 65°C (E13.2) avec un maximum de 12,24% pour une durée d'incubation de 12h (E13.3) par rapport au témoin mouillé normalement (E13.1). Dans le même temps, on peut observer une diminution remarquable du taux de cendres pour les durées de traitement de 8 et 14h et similaire, au contrôle non traité thermiquement, à 12h de traitement.

L'augmentation maximale du rendement meunier pour le blé Apache et le blé HAW,

qui ont un fond génétique proche, est observée lorsque le mouillage est effectué à la température de 65°C pendant 12h. Il est remarquable de constater que l'augmentation pour le blé HAW (tableau 9, E13.3, 12.24%) est 5 fois supérieure à celle maximale observée pour le blé Apache (tableau 8, E12.4, 2,4%).

[0166] RESULTATS : RENDEMENT MEUNIER – TAUX DE CENDRES : E6 – E7 – E8 – E9 – E10

[0167] Le tableau 6 et la [Fig.8] annexée montrent les rendements meuniers obtenus pour des blés HAW soumis à des traitements thermiques à 65°C lors de l'étape de mouillage (Etapes -1- -2.1- -2.2), pour des durées de 6 (E9) et 12h (E7 et E8), pouvant être suivis d'une incubation à 6°C pendant 24h. Des augmentations de rendements meuniers sont observées pour les échantillons HAW soumis à des traitements thermiques à 65°C pour de durées de 6 et 12h de l'ordre de 10,8% (tableau 6), confirmant les résultats des exemples E13.2, E13.3 et E13.4 (tableau 9). Une incubation supplémentaire à 6°C pendant 24h après 12h de traitement thermique à 65°C (tableau 6, E8), montre également une augmentation du rendement meunier (13.5%).

[0168] Comme dans l'exemple précédent il n'est pas observé de modification du taux de cendres, lors des différents traitements par rapport à la référence.

[0169] En considérant les traitements thermiques à 65°C pendant 12h, E7, E8 et E13.3, et en les comparant à leurs références respectives, E6, E10 et E13.1, on constate des variations dans les répartitions des différentes fractions de farines obtenues après mouture (étape 4) : farine de broyage ; farine convertissage ; farine de remoulage ; sons fins ; sons gros, (tableau 11 et [Fig.9]). Il est observé une augmentation des rendements de farines de broyage (de 22% pour E8, de 27% pour E7 et de 37% pour E13.3) et convertissage (de 9% pour E13.3, 11% pour E7 et 14% pour E8). Dans le même temps il est observé une diminution des fractions farines de remoulage (de 15% pour E8 et 35% pour E7 et E13.3) et gros sons (de 25% pour E8, de 37% pour E13.3 et de 40% pour E7), les fractions de fins sons restant pratiquement inchangées. Ces évolutions dans la répartition des farines des fractions de mouture avec une augmentation des rendements des fractions des premières étapes (broyage et convertissage) indiquent que les traitements à 65°C facilitent la séparation de l'amande et de l'enveloppe du grain permettant une augmentation générale du rendement mouture, en particulier du grain HAW.

[0170] [Tableaux11]

Traitement					Mouture									
CODE	Repos T°C ambiante (h)	Incubation à 65°C (h)	Repos à 6°C après traitement (h)	Immédiate après traitement 65°C	Farine de broyage		Farine de convertissage		Farine de remoulage		Sons fins		Sons gros	
					(g)	Variation rendement (%)	Moyenne (g)	Variation rendement (%)	Moyenne (g)	Variation rendement (%)	Moyenne (g)	Variation rendement (%)	Moyenne (g)	Variation rendement (%)
E6	24	0	0	na	669*		2061*		232*		957*		1076*	
E7	0	12	0	oui	852*	27	2278*	11	151*	-35	577*	-40	1124*	4
E10	24	0	24	na	872*		2052*		261*		1053*		1016*	
E8	0	12	24	non	823*	22	2342*	14	223*	-15	795*	-25	890*	-12
E13.1	24	0	na	na	743		2097		239		1007		969	
E13.3	0	12	na	oui	1017	37	2284	9	155	-35	635	-37	1008	2

[0171] **Tableau 11 :**

* : Moyenne sur deux échantillon B1 et B2 répétitions de l'essai

E6 : Echantillons grains HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante,

E7 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 12h à Tc 65°C puis mouture immédiate,

E8 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 12h à Tc 65°C puis incubation 24h à Tc 6°C, B1 et B2 répétitions de l'essai

E10 : Echantillons grains HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante puis incubation 24h à Tc 6°C

E13.1 : Echantillon grains HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante

E13.3 : Echantillon grains HAW incubé mouillé à 17% puis incubation 12h à Tc 65°C puis mouture immédiate

[0172] **RESULTATS: STABILITE DU GLUTEN: E6 – E7 – E8 – E9 – E10 _TEST MIXOLAB®**

[0173] Le Mixolab® est décrit ci-avant. L'utilisation de cet appareil est reconnue par "International Association for Cereal Science and Technology" (ICC) à travers la méthode ICC Standard Method N°173 (Whole Meal and Flour from T.aestivum - Determination of Rheological Behavior as a Function of Mixing and Temperature Increase), mais aussi par la "Cereal and Grains Association" anciennement l' American Association of Cereal Chemist" sous la méthode AACC Method 54-60.01: Deter-

mination of Rheological Behavior as a Function of Mixing and Temperature Increase in Wheat Flour and Whole Wheat Meal by MIXOLAB ®.

[0174] Les courbes MIXOLAB ® indiquent une capacité des farines issues des grains traités thermiquement pendant le mouillage (Etapes -2.1- -2.2) à une température Tc de 65°C, E7, E8, E9, à développer une consistance du réseau gluténique proche de celle des références E6 et E10 ([Fig.10]). Cela montre une intégrité suffisante des gluténines, principales protéines constituant le réseau gluténique, pour engager des interactions entre elles et développer un réseau gluténique acceptable. Cela peut paraître surprenant puisque les gluténines ont été montrées comme étant dégradées à partir de 55°C (Schofield et al. The Effect of Heat on Wheat Gluten and the Involvement of Sulphydryl-Disulfide Interchange Reactions, Journal of Cereal Science, 1, 1983, 241-253).

Les tableaux 12 à 14 ci-dessous rappellent les conditions des essais E6 à E10 et donnent les résultats du test Mixolab®.

[0175] [Tableaux12]

			C1			Amp.	Stab.	C3			Stab.	C2		
Code	Série Essais	Protocole :	Temps (min)	Couple (dNm)	Temp. pâte (° C)	Couple (dNm)	Temps (min)	Temps (min)	Couple (dNm)	Temp. pâte (° C)	Temps (min)	Temps (min)	Couple (dNm)	Temp. pâte (° C)
E6	PO 1443 19 S85119 73% HYD	Chopin+	1.80	1.135	25.9	0.11	8.48	8.05	1.054	30.4	8.33	18.72	0.444	57.5
E7	PO 1443 19 S85119 73% HYD	Chopin+	1.30	1.065	26.2	0.1	8.10	8.05	0.955	30.6	8.77	18.42	0.435	60.8
E8	PO 1443 19 S85119 73% HYD	Chopin+	1.47	1.032	26.7	0.1	8.30	8.05	0.932	31.7	8.57	18.87	0.438	59.0
E9	PO 1443 19 S85119 73% HYD	Chopin+	1.65	1.047	31.3	0.11	8.50	8.05	0.935	31.9	7.85	18.10	0.385	58.5
E10	PO 1443 19 S85119 73% HYD	Chopin+	1.67	1.145	30.1	0.11	8.00	8.05	1.024	33.5	8.32	18.80	0.433	58.5

[0176] **Tableau 12 :**

E6 : Echantillons grains HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante

E7 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 12h à Tc 65°C puis mouture immédiate

E8 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 12h à Tc 65°C puis incubation 24h à Tc 6°C

E9 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante puis 6h à Tc 65°C puis mouture immédiate

E10 : Echantillons grains HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante puis incubation 24h à Tc 6°C

[0177] [Tableaux13]

Code	Série Essais	Protocole :	C3			C4			C5			s	S	Y
			Temps (min)	Couple (N.m)	Temp. pâte (°C)	Temps (min)	Couple (N.m)	Temp. pâte (°C)	Temps (min)	Couple (N.m)	Temp. pâte (°C)			
E6	PO 1443 10 885119 73% HYD	Chapin+	38.32	1.336	82.3	33.10	1.26	81.5	45.02	1.788	56.2	-0.092	0.144	-0.034
E7	PO 1443 10 885319 73% HYD	Chapin+	36.95	1.396	84.2	32.07	1.315	86.6	45.52	1.97	56.3	-0.086	0.15	-0.016
E8	PO 1443 10 885519 73% HYD	Chapin+	27.82	1.368	82.8	33.25	1.29	83.7	45.52	1.825	56.8	-0.05	0.16	-0.026
E9	PO 1443 10 885719 73% HYD	Chapin+	27.42	1.274	83.7	32.58	1.214	84.5	45.02	1.836	55.4	-0.086	0.136	-0.044
E10	PO 1443 10 885913 73% HYD	Chapin+	37.83	1.336	83.3	31.39	1.288	85.8	45.08	1.968	55.7	-0.084	0.158	-0.02

[0178] **Tableau 13 :**

E6 : Echantillons grains HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante

E7 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 12h à Tc 65°C puis mouture immédiate

E8 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 12h à Tc 65°C puis incubation 24h à Tc 6°C

E9 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante puis 6h à Tc 65°C puis mouture immédiate

E10 : Echantillons grains HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante puis incubation 24h à Tc 6°C

[0179] [Tableaux14]

Code Essai	Variété	Repos T°C ambiante (h)	Incubation 65°C	Repos à 6°C après incubation à 65°C avant mouture (h)	Protocole	Absorption	Pétrissage	Gluten +	Viscosité	Amylolyse	Rétrogradation
E6	HAW	24	0	0	Chopin +	9	4	3	1	5	3
E7	HAW	0	12	0	Chopin +	9	2	6	1	5	4
E8	HAW	0	12	24	Chopin +	9	2	6	1	5	4
E9	HAW	24	6	0	Chopin +	9	3	5	1	5	4
E10	HAW	24	0	24	Chopin +	9	3	3	1	5	4

[0180] **Tableau 14 :**

E6 : Echantillons grains HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante

E7 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 12h à Tc 65°C puis mouture immédiate

E8 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 12h à Tc 65°C puis incubation 24h à Tc 6°C

E9 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante puis 6h à Tc 65°C puis mouture immédiate

E10 : Echantillons grains HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante puis incubation 24h à Tc 6°C

[0181] Les résultats du tableau 14 indiquent pour les échantillons traités thermiquement à 65°C (E7, E8 et E9) par rapport aux contrôles (E6 et E10) :

- * Une absorption d'eau similaire
- * Une tenue au pétrissage avec un développement de consistance proche de celle des témoins comme indiqué par les courbes et les valeurs C1 sur le graphe annexé [Fig.10] et le tableau 12, suggérant une faible altération du réseau gluténique
- * Un indice Gluten+ plus élevé suggérant une meilleure interaction entre les

molécules de gluténines

- * Une viscosité similaire indiquant une structure et une intégrité de l'amidon similaire
- * Une amylolyse similaire
- * Une rétrogradation légèrement plus importante par rapport au contrôle E6.

[0182] Les résultats indiquent également que les échantillons traités thermiquement sont très proches, qu'il n'y a pas d'impact du repos à 6°C mais que la durée du traitement à 65°C plus courte, 6h au lieu de 12h, atténue les différences avec les contrôles.

Les résultats des analyses Mixolab® indiquent une qualité boulangère correcte des farines obtenues par traitement thermique comparées à celles des contrôles, en dépit d'un traitement pouvant laisser présager d'une altération significative de la qualité du gluten voire de l'amidon de ces farines.

[0183] **Exemple 4 : Essais de panification avec des farines issues de procédé de meunerie selon les essais E13.1, E13.2, E13.3, E13.4, E14.4 décrits dans l'exemple 3**

[0184] Ces essais ont pour objectif d'apprécier, l'impact sur la panification :

- d'une part, de différentes durées de chauffage/incubation de grains HAW à une température Tc à de 65°C, (étapes 2.1 & 2.2 du procédé selon l'invention),
- et, d'autre part, de l'absence d'hydratation (étape 1 du procédé selon l'invention).

[0185] La méthode de fabrication des pains est la suivante :

La farine et les autres ingrédients, eau, huile, sucre, sel, levure et améliorants, (composition tableau 15) sont mélangés à faible vitesse pendant 3 minutes puis à vitesse élevée pendant 7 minutes dans un pétrin à spirales (Diosna, Osnabrück, Germany).

Après pétrissage la pâte est mise au repos 5 minutes durant lesquelles elle est divisée en pâtons, de 1280g, bûlés à la main. Ces pâtons sont laissés au repos pendant 20 minutes à température ambiante puis façonnés au moyen d'une façonneuse verticale.

Les pâtons façonnés sont placés dans un moule et mis en fermentation à 40°C dans une étuve à 80% humidité pendant 40 à 45 minutes.

Les pains sont cuits à 225°C pendant 37 minutes dans un four à soles.

Après cuisson, les pains sont et mis à ressuer pendant 2 heures avant emballage et stockage. Le tranchage des pains se fait après au moins 12h de repos.

[0186] [Tableaux15]

Ingrédients Recette	Code Echantillon Farine				
	E13.1	E13.2	E13.3	E13.4	E14.4
Farine HAW (g)	2500	2500	2500	2500	2500
Eau (g)	1800	1800	1750	1800	1800
Lewure (g)	100	100	100	100	100
Sel (g)	50	50	50	50	50
Huile Colza+E471 (g)	75	75	75	75	75
Sucre (g)	200	200	200	200	200
Propionate de Calcium E281 (g)	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
Acide Ascorbique (g)	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Emulsifiant E471 (g)	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
Gluten de Blé (g)	25	25	25	25	25
Emulsifiant E472e (g)	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25

[0187] **Tableau 15 :**

E13.1 : Echantillon grains HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante

E13.2 : Echantillon grains HAW incubé mouillé à 17% puis incubation 8h à Tc 65°C puis mouture immédiate

E13.3 : Echantillon grains HAW incubé mouillé à 17% puis incubation 12h à Tc 65°C puis mouture immédiate

E13.4 : Echantillon grains HAW incubé mouillé à 17% puis incubation 14h à Tc 65°C puis mouture immédiate

E14.4 : Echantillon grains secs Apache incubé 12h à 65°C puis mouillage à 17% avant repos 24h à température ambiante puis mouture

[0188] L'évaluation de la pâte se fait au cours de deux étapes, lors du pétrissage puis lorsque la pâte a été mise en forme après façonnage. Cela permet d'évaluer la stabilité de la pâte au cours du processus de panification. Le comportement de la pâte est évalué en notant la qualité du réseau gluténique à travers son élasticité, son extensibilité, son pouvoir d'absorption d'eau et de son relargage. Un manque de liaison entre les protéines et l'eau entrainera son relargage pour engendrer du collant. Une pâte qui devient très extensible au façonnage sera un autre indice de liaisons faibles entre les protéines et l'eau car la présence d'eau libre dans la pâte entrainera une diminution de la viscosité et par conséquent une augmentation de son extensibilité.

La tolérance de la pâte est mesurée juste avant mise au four et est un indicateur de la

qualité du réseau de gluten.

- [0189] Une première étude du traitement thermique des grains était l'impact de la durée de l'incubation à 65°C, 8, 12 et 14h, et de l'impact de l'absence de mouillage sur 12h d'incubation à 65°C.

L'évaluation de la qualité boulangère des farines obtenues a été réalisée par une série de panifications. Il a pu être observé ([Fig.11]) qu'un allongement au-delà de 8 heures de traitement à 65°C à 12 heures (E13.3) et 14 heures (E13.4) entraîne une augmentation de la consistance de la pâte au pétrissage, signe d'une bonne absorption d'eau par les protéines et l'amidon permettant un bon développement du réseau gluténique. La durée du traitement thermique augmente la consistance de la pâte et diminue le lissage preuve d'une formation de réseau gluténique plus lente signe d'une compétition entre l'amidon et les protéines. L'élasticité de la pâte, corrélée à une bonne absorption d'eau par les protéines, augmente légèrement avec le traitement thermique. Les pâtes sont bien sèches, sans défaut de collant signe de liaisons fortes entre le réseau gluténique et l'eau. Une diminution du développement de la pâte et de son extensibilité témoigne d'une forte absorption d'eau et d'une stabilité du réseau gluténique. Une absence d'impact sur la tolérance montre une préservation des protéines malgré les traitements thermiques des grains à 65°C, de 12 heures (E13.3) et 14 heures (E13.4).

L'essai E14.4, traitement thermique à 65°C sans mouillage préalable, a un profil de pâte proche des essais 13.1, contrôle, et 13.2, traitement thermique de 8 heures après mouillage. Il montre cependant, une pâte qui a tendance à se relâcher et donner plus d'extensibilité lors de l'étape de façonnage.

Toutes les pâtes élaborées à partir des essais de traitements thermiques des grains à une température Tc 65°C (tableau15), permettent d'obtenir des pains de qualité acceptable comme le montre la [Fig.13] annexée. Cela, en dépit d'un traitement thermique à une température supérieure à celle de 55°C à partir de laquelle il a été montrée qu'une dégradation des gluténines pouvait se produire (Schofield et al. The Effect of Heat on Wheat Gluten and the Involvement of Sulphydryl-Disulfide Interchange Reactions, Journal of Cereal Science, 1, 1983, 241-253).

- [0190] **Exemple 5 : Essais de panification avec des farines issues de procédé de meunerie selon les essais E6, E7, E8, E9, E10 décrits dans l'exemple 3**

- [0191] La méthode de fabrication des pains est celle décrite ci-dessus dans l'exemple 4. Les recettes des pains sont indiquées dans le tableau 16.

Ces essais ont pour objectif d'apprécier, d'une part, l'impact sur la panification d'une mise au repos à 4°C, selon l'étape -3- du procédé selon l'invention, après 12h de chauffage/incubation à une température Tc à l'intérieur des grains de 65°C, (étapes 2.1 & 2.2 du procédé selon l'invention).

[0192] Le tableau 16 ci-dessous rappelle les conditions de ces essais

[0193] [Tableaux16]

Ingrédients Recette	Code Echantillon Farine				
	E6	E7	E8	E9	E10
Farine HAW (g)	2500	2500	2500	2500	2500
Eau (g)	1800	1800	1800	1800	1800
Lewure (g)	100	100	100	100	100
Sel (g)	50	50	50	50	50
Huile Coiza+E471 (g)	75	75	75	75	75
Sucre (g)	200	200	200	200	200
Propionate de Calcium E281 (g)	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
Acide Ascorbique (g)	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Emulsifiant E471 (g)	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
Emulsifiant E472e (g)	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25

[0194] **Tableau 16 :**

E6 : Echantillons grains HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante

E7 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 12h à Tc 65°C puis mouture immédiate

E8 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 12h à Tc 65°C puis incubation 24h à Tc 6°C

E9 : Echantillons grains HAW avec process mouillage : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante puis 6h à Tc 65°C puis mouture immédiate

E10 : Echantillons grains HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante puis incubation 24h à Tc 6°C

[0195] La [Fig.12] annexée, montre les résultats de ces essais. Les essais E7 à E10 conduisent à une pâte ayant des caractéristiques de pâtes proches, voire très proches, de l'essai E6 de référence.

Toutes les pâtes élaborées à partir des essais de traitements thermiques des grains à une température Tc 65°C (tableau16), permettent d'obtenir des pains de qualité acceptable. Cela, en dépit d'un traitement thermique à une température supérieure à celle de 55°C à partir de laquelle il a été montrée qu'une dégradation des gluténines pouvait se produire (Schofield et al. The Effect of Heat on Wheat Gluten and the Involvement of Sulphydryl-Disulfide Interchange Reactions, Journal of Cereal Science, 1, 1983, 241-253).

[0196] **Exemple 6 : Essais de panification avec des farines issues de procédé de meunerie selon les essais E6, E7, E8, E9, E13.1, E13.2, E13.3, E13.4 & E14.4 décrits dans l'exemple 3**

[0197] La méthode de fabrication des pains est celle décrite dans l'exemple 4 ci-dessus, sur lesquels des mesures de taux de fibres ont été réalisées selon la méthode à eau AOAC 2011.25 (tableau17).

[0198] Les résultats indiquent que les taux de fibres des pains obtenus à partir des farines produites par le procédé selon l'invention (E7, E8, E9, E13.2, E13.3, E13.4, E14.4) sont compris entre 12,28% et 12,73%, ne sont pas affectés par ce procédé et sont similaires à ceux des références (E6, E10 et E13.1) compris entre 12,11 et 12,81% (tableau 17).

[0199] La [Fig.13] annexée montre des photographies des pains E6, E7, E8, E9, E10, E13.1, E13.2 E13.3 E13.4 et E14.4. Cette [Fig.13] illustre que les pains issus des grains de blé mouillés et traités à une température de consigne Tc de 65°C, à des temps d'incubation différents compris entre 6 et 14 heures (E7, E8, E9, E13.2 E13.3 E13.4 et E14.4) ne présentent pas d'altérations majeures et sont conformes aux pains obtenus à partir de grains de blé mouillés classiquement (E6, E10 et E13.1). Cela, en dépit d'un traitement thermique à une température supérieure à celle de 55°C à partir de laquelle il a été montrée qu'une dégradation des gluténines pouvait se produire (Schofield et al. The Effect of Heat on Wheat Gluten and the Involvement of Sulphydryl-Disulfide Interchange Reactions, Journal of Cereal Science, 1, 1983, 241-253).

[0200] [Tableaux17]

Code Echantillon	TDF AOAC 2011.25			
	Fibres totale (%)	Fibres in- solubles HMWDF (%)	Fibres solubles HMWD F (%)	Fibres solubles LMWD F (%)
E6	12,11	6,63	4,18	1,3
E7	12,56	6,84	4,42	1,3
E8	12,29	6,74	4,26	1,3
E9	12,28	6,7	4,28	1,3
E10	12,51	6,99	4,22	1,3
E13.1	12,81	6,81	4,7	1,3
E13.2	12,59	6,73	4,56	1,3
E13.3	12,73	6,63	4,8	1,3
E13.4	12,71	6,71	4,7	1,3
E14.4	12,53	6,69	4,54	1,3

[0201] **Tableau 17** : Mesure des fibres diététiques totales (TDF selon méthode AOAC 2011.25) dans pains de mie issus de farine de grains traités :

E6 : Echantillon grains HAW avec process mouillage référence : hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante

E7 : Echantillon grains HAW incubé mouillé à 65°C pdt 12h + mouture immédiate

E8 : Echantillon grains HAW incubé mouillé à 65°C pdt 12h + mouture après repos 24h à 6°C

E9 : Echantillon grains HAW incubé mouillé incubé 24h à température ambiante puis à 65°C pdt 6h + mouture immédiate

E10 : Echantillon grains HAW référence mouillé + mouture après repos 24h à 6°C

E13.1 : Echantillon grains HAW avec process mouillage référence: hydratation à 17% puis incubation 24h à température ambiante

E13.2 : Echantillon grains HAW incubé mouillé à 17% puis incubation 8h à 65°C puis mouture immédiate

E13.3 : Echantillon grains HAW incubé mouillé à 17% puis incubation 12h à 65°C puis mouture immédiate

E13.4 : Echantillon grains HAW incubé mouillé à 17% puis incubation 14h à 65°C puis mouture immédiate

E14.4 : Echantillon grains secs Apache incubé 12h à 65°C puis mouillage à 17% avant repos 24 h à température ambiante puis mouture

HMWDF : Fibres de haut poids moléculaire ; LMWDF : Fibres de bas poids moléculaire

TDF : fibres diététiques totales

- [0202] **Exemple 7 : Contre-exemple avec un traitement thermique (étape –2.1–) sans hydratation préalable (étape–1–) selon les essais E11.0, E11.1, E11.2, E11.3, E14.3 décrits dans l'exemple 3 avec un témoin positif selon l'invention E12.4 décrit dans l'exemple 3**
- [0203] Les résultats précédents ont montré qu'une incubation de grains Apache pendant 12h à 65°C lors de l'étape de mouillage pouvait entraîner une augmentation minime du rendement mouture de l'ordre de 2,4% (essai E12.4, tableau 8, exemple 3). Afin de déterminer si une incubation des grains à 65°C avant hydratation à 16,5% pouvait améliorer cette augmentation de rendement meunier, des grains Apache ont été incubés pendant 12h à 65°C avant d'être hydratés à 16,5% et laissés au repos pendant 2 à 6 heures avant mouture (essais E11.1, E11.2, E11.3, tableau 7, exemple 3) ou 24 heures avant mouture (essai E14.3, Tableau 10, exemple 3). Il a été observé que le rendement meunier des grains incubés à 65°C avant mouillage était au mieux supérieur de 1,6% (E14.3) ou inférieur (E11.1, E11.2, E11.3) à celui du témoin mouillé à 16,5% dans des conditions standard (repos 24 heures à température ambiante après hydratation, E14.1 ou E11.0).
- [0204] Il apparaît donc qu'un traitement thermique à 65°C pendant 12 heures avant mouillage ne permet pas d'obtenir un rendement meunier supérieur à celui pouvant être obtenu lorsque ce même traitement thermique (65°C pendant 12 heures) est appliqué sur des grains préalablement mouillés comme le montre la [Fig.14].
- [0205] **Exemple 8 : Contre-exemple avec un traitement thermique (étape –2.1–) sans hydratation préalable (étape –1–) selon les essais E14.1, E14.2, E14.3 & E14.4 décrits dans l'exemple 3.**
- [0206] Les résultats précédents ont montré des augmentations du rendement meunier significatives pour le blé HAW lorsque celui-ci est hydraté préalablement à 17% avant un traitement thermique à 65°C pendant 12 heures comme l'ont montré les essais E7, E8 (tableau 6) ou E13.3 (tableau 9) avec des augmentations respectives de 10,8%, 13,5% et 12,24%. Un traitement thermique à 65°C pendant 12 heures sur des grains de blé, variété Apache, hydratés à 16,5%, n'entraînera qu'une augmentation de 2,4% (essai E12.4, tableau 8).
- [0207] Dans l'exemple 7, il a été montré pour la variété Apache qu'un traitement thermique de 65°C pendant 12 heures sur grains secs comparé à un traitement identique sur grains hydratés à 16,5% (essais E14.3, tableau 10 et E12.4, tableau 8) n'améliorait pas le

rendement meunier ([Fig.14]) puisque celui-ci n'augmente que de 1,6% comparé à 2,4%.

[0208] La [Fig.15] montre qu'un traitement thermique de 65°C pendant 12 heures sur grains sec HAW n'entraîne pas d'amélioration du rendement meunier par rapport à un traitement thermique de 65°C pendant 12 heures sur grains hydratés à 17% comme le montre l'essai E14.4 (tableau 10) avec une augmentation du rendement meunier de 1,2% comparé aux essais E7, E8 (tableau 6), E13.3 (tableau 9) avec des rendements meuniers respectivement de 10,8%, 13,5% et 12,24%.

[0209] On peut conclure qu'un traitement de 12 heures à la température de 65°C n'améliore le rendement meunier de plus de 10% que s'il est appliqué sur des grains de blés présentant un phénotype HAW et à la condition que ce traitement soit appliqué sur grains HAW préalablement hydratés à 17%.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de meunerie à rendement augmenté, dans lequel on met en œuvre des grains de blé comprenant de l'amidon dont le taux d'amylose exprimé en % en poids, par rapport à la quantité totale d'amidon, est :
- supérieur ou égal à, dans un ordre croissant de préférence, 20 ; 30 ; 40 ; 45 ;
 - et, mieux encore, compris entre 50 et 90 ; idéalement entre 60 et 85 ;
- caractérisé en ce que ces grains de blé sont soumis, avant mouture (étape -4-), à un traitement de mouillage dans lequel ces grains de blé sont :
- 1- hydratés jusqu'à un taux d'humidité supérieur ou égal à 14 % et inférieur ou égal à 20 %, de préférence compris entre 15 et 18 % ;
 - 1.0- éventuellement mis au repos à température ambiante ou inférieure, et, plus préférentiellement 6°C ;
 - 2.1- chauffés à une température Tc comprise entre 50 et 85°C, de préférence entre 55 et 80°C, et, plus préférentiellement encore, entre 60 et 75°C ;
 - 2.2- éventuellement, maintenus à cette température Tc pendant au plus 20 heures, de préférence pendant 1 à 16 heures, et, plus préférentiellement encore pendant 2 à 14 heures ;
 - 3- éventuellement mis au repos.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que, pour le mouillage, l'étape -1- d'hydratation et l'étape -2.1- de chauffage sont soit au moins en partie concomitantes, soit successives.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que le gluten de la farine a une stabilité (mesurée en minutes dans le test normé Mixolab®) supérieure ou égale à celle d'une farine témoin obtenue par un procédé de meunerie dans lequel le mouillage comprend au moins l'étape 1, à l'exclusion des étapes 2.1 & 2.2 du procédé selon la revendication 1 ; le mouillage et l'étape -4- de mouture étant réalisés à partir d'une même quantité de grains de blé identiques.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une au moins des revendications précédentes caractérisé en ce que la mise au repos selon l'étape -1.0- a une durée comprise entre 0,5 à 3,5 heures, de préférence comprise entre 1 et 3 heures.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une au moins des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que la mise au repos selon l'étape -3- a une durée comprise entre 4 à 8

- heures, de préférence comprise entre 5 et 7 heures.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une au moins des revendications précédentes caractérisé en ce que la mise au repos selon l'étape -3- se déroule à température ambiante ou à une température inférieure à 10 °C, de préférence comprise entre 1 et 7°C.
- [Revendication 7] Farine obtenue par le procédé selon l'une au moins des revendications précédentes caractérisée par une stabilité du gluten (mesurée en minutes dans le test normé Mixolab®) supérieure ou égale, de préférence supérieure, et, plus préférentiellement encore supérieure de 1 à 10 %, à la stabilité du gluten d'une farine témoin obtenue par un procédé de meunerie comprenant les étapes 1 & 4, à l'exclusion des étapes 2.1 & 2.2 du procédé selon la revendication 1, ces étapes 1 et 4 étant réalisées à partir d'une même quantité de grains de blé identiques.
- [Revendication 8] Farine obtenue par le procédé selon l'une au moins des revendications 1 à 3 caractérisée par un taux de cendres (mesuré en % en poids dans la méthode normée NF EN ISO 2171 Juin 2010) inférieur ou égal au taux de cendres d'une farine témoin obtenue par un procédé de meunerie comprenant les étapes 1 & 4, à l'exclusion des étapes 2.1 & 2.2 du procédé selon la revendication 1, ces étapes 1 et 4 étant réalisées à partir d'une même quantité de grains de blé identiques.
- [Revendication 9] Farine obtenue par le procédé selon l'une au moins des revendications 1 à 3 caractérisée par un taux de fibres solubles, insolubles et totales (en % en poids mesuré selon la méthode AOAC 2011-25) est supérieur ou égal à 15, de préférence à 20, et, plus préférentiellement encore, compris entre 25 et 50.
- [Revendication 10] Farine obtenue par le procédé selon l'une au moins des revendications 1 à 4 caractérisée par un taux d'amidon résistant (en % en poids mesuré selon la méthode AOAC 2002-02) est supérieur ou égal à 10, de préférence à 15, et, plus préférentiellement encore, compris entre 20 et 40.
- [Revendication 11] Produits, en particulier pains, pâtes, pâtisseries, obtenus à partir de la farine obtenue par le procédé selon l'une au moins des revendications 1 à 6 ou de la farine selon l'une au moins des revendications 7 à 10.

[Fig. 1]

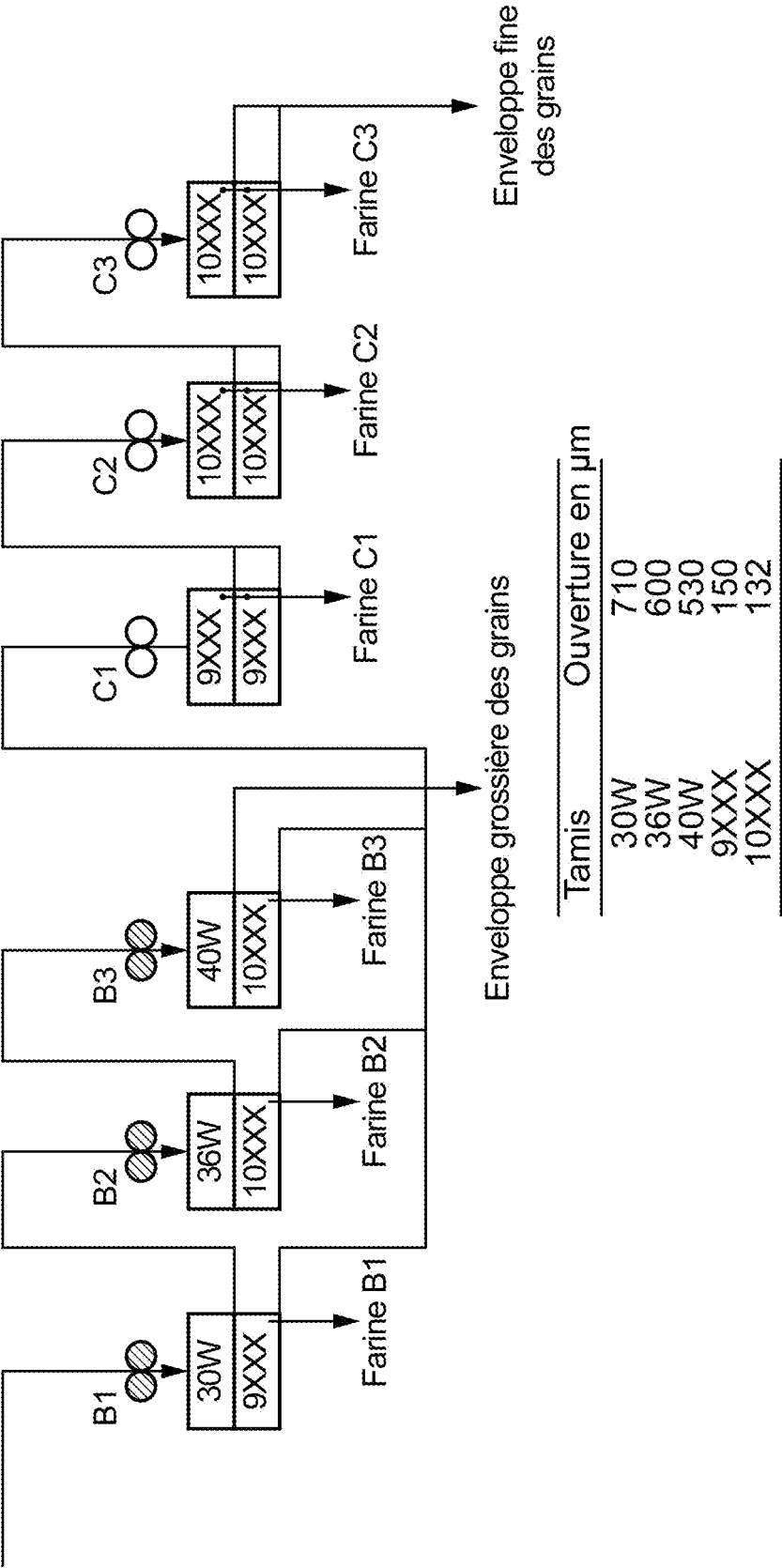


FIG. 1

[Fig. 2]

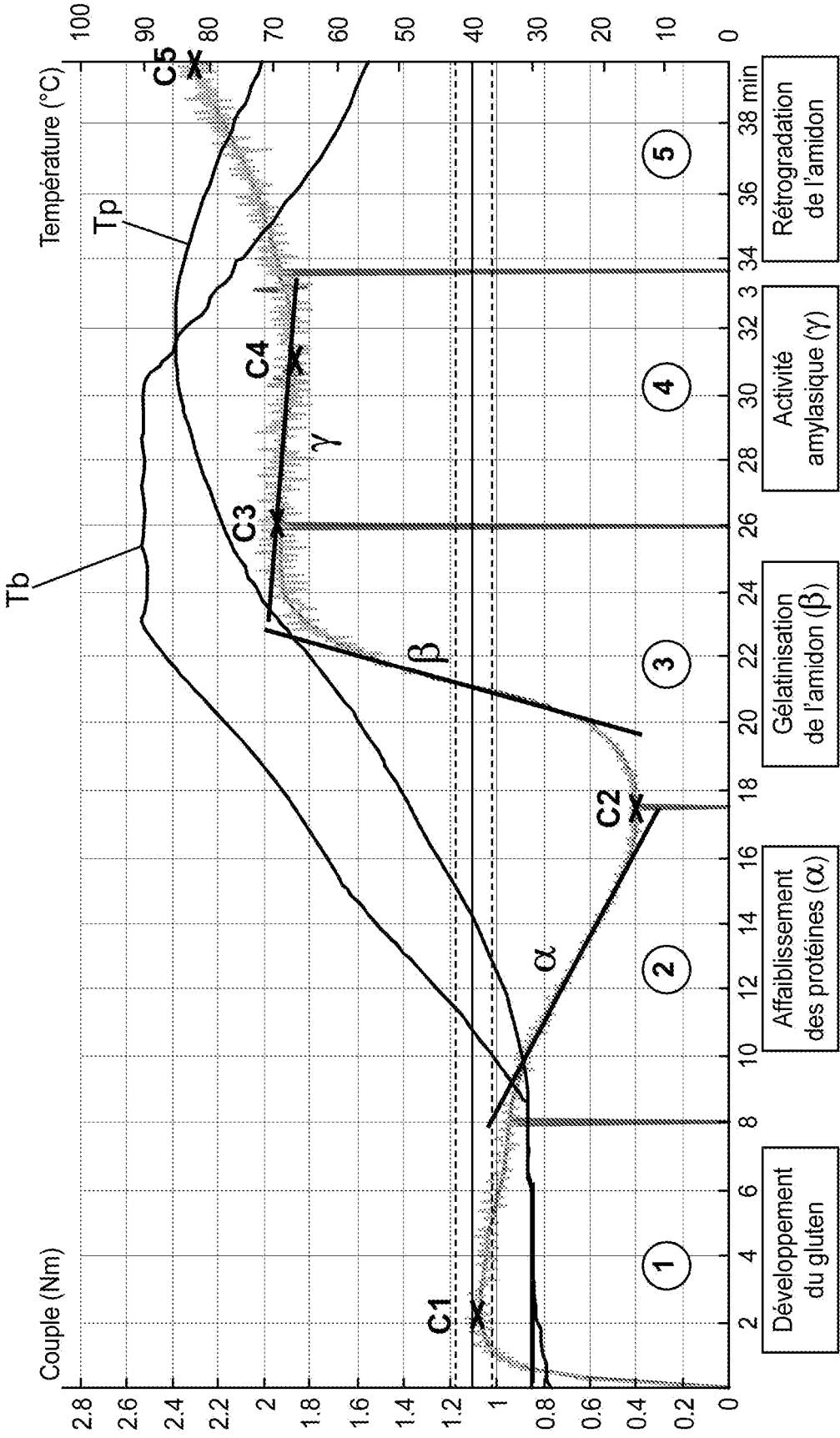
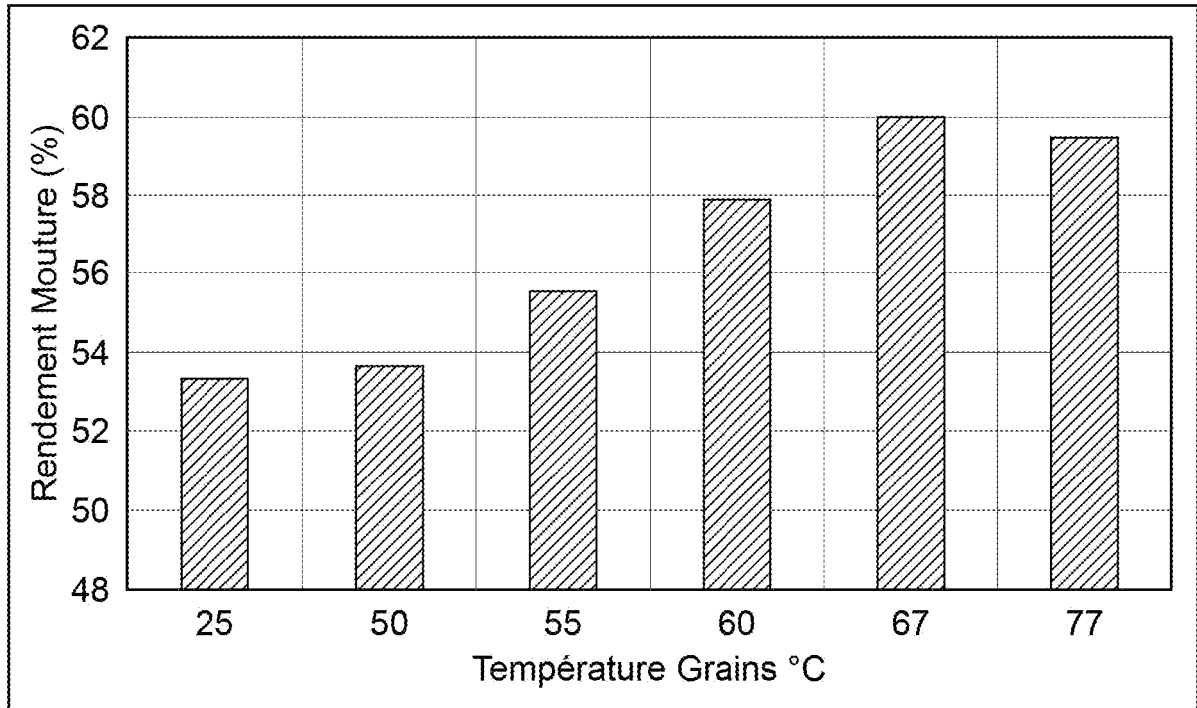


FIG. 2

[Fig. 3]

**FIG. 3**

[Fig. 4]

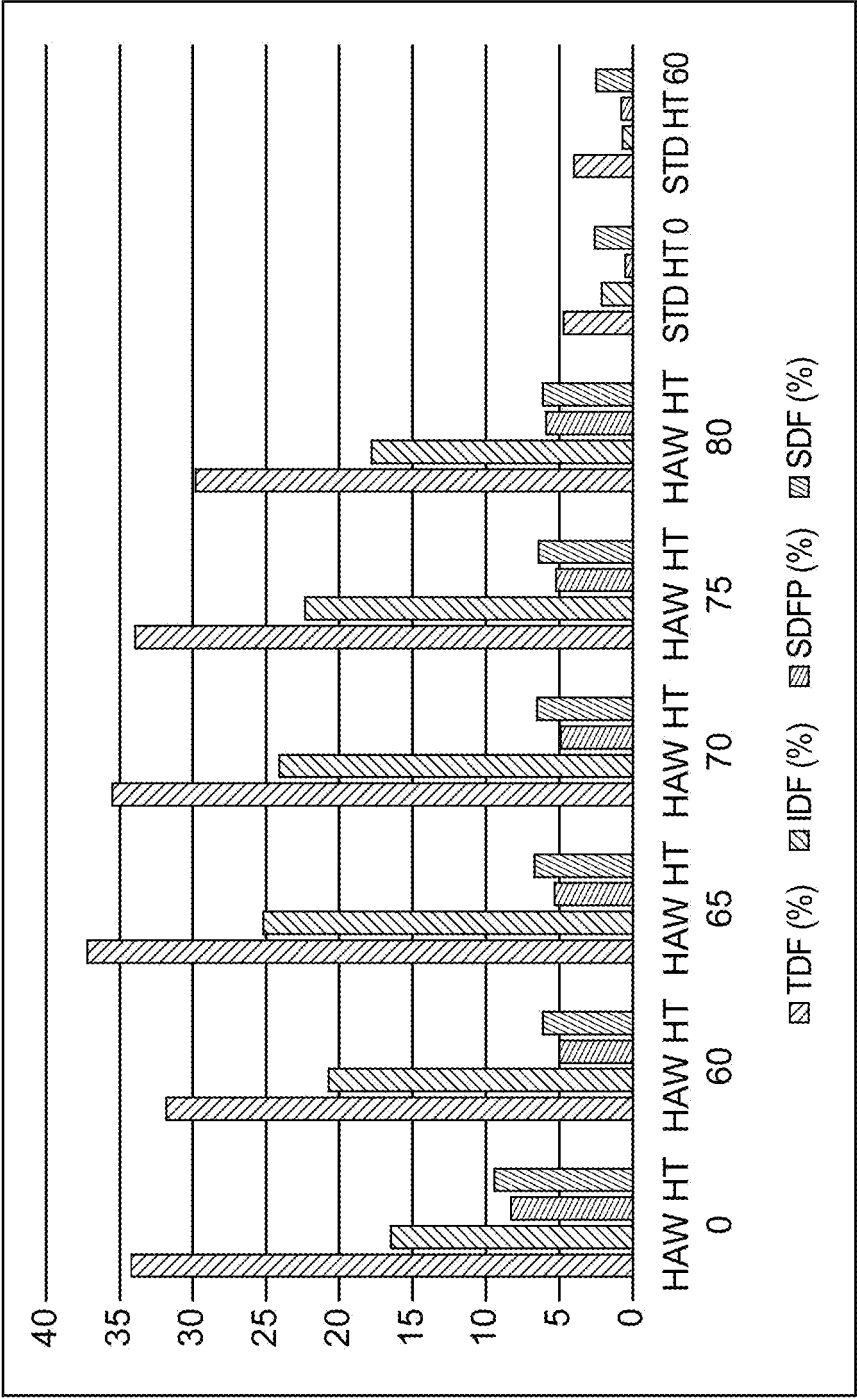


FIG. 4

[Fig. 5]

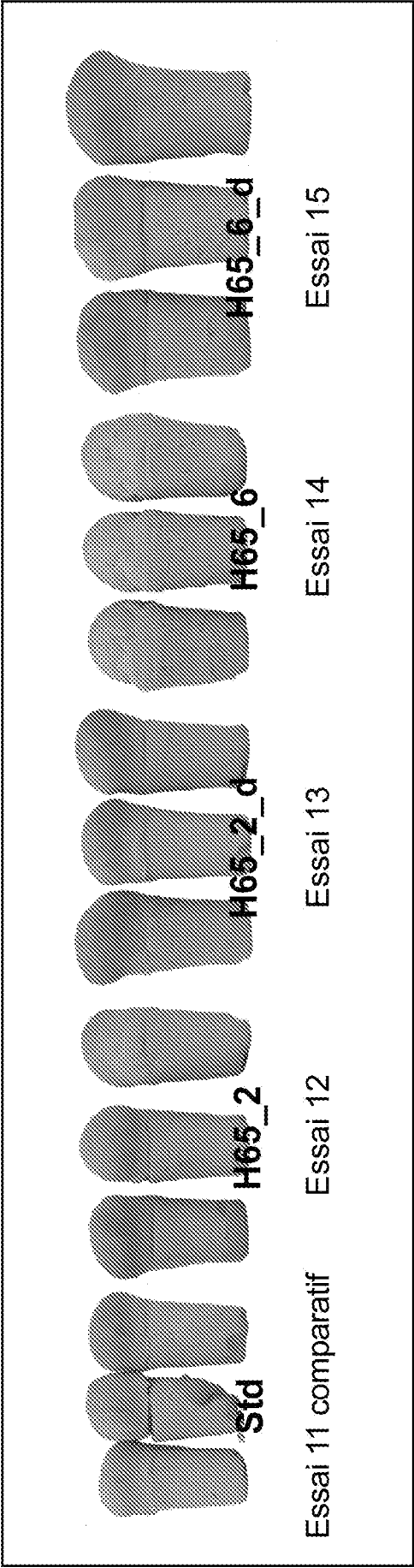


FIG. 5

[Fig. 6]

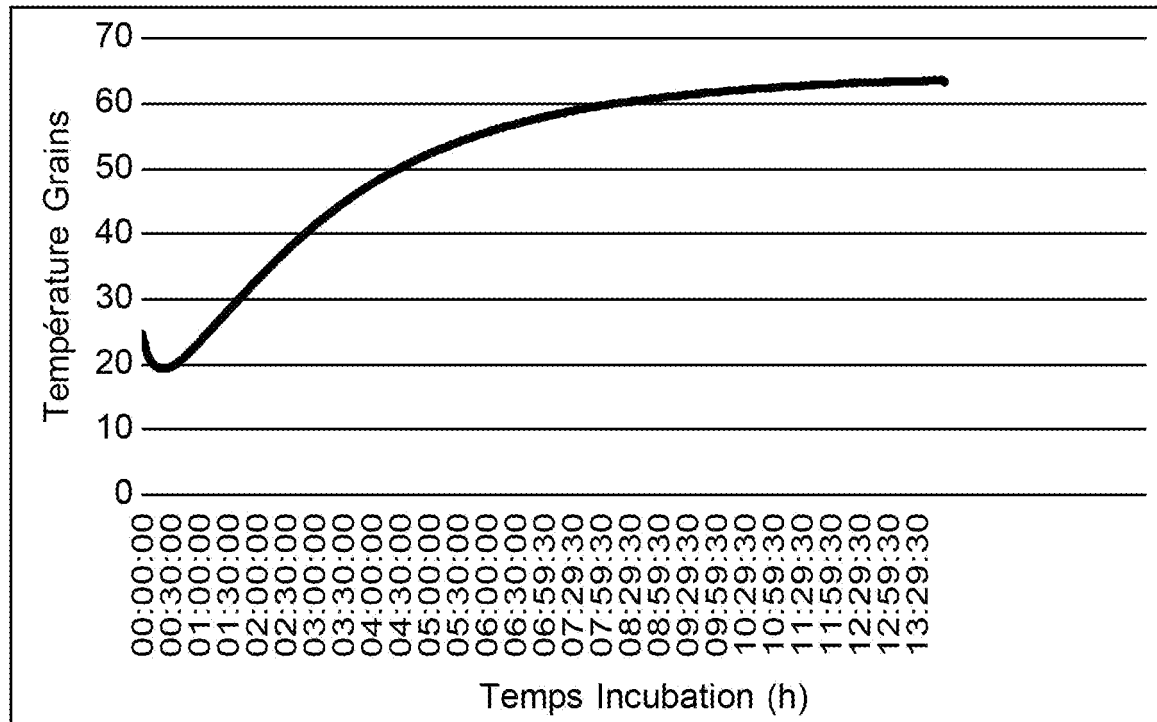


FIG. 6

[Fig. 7]

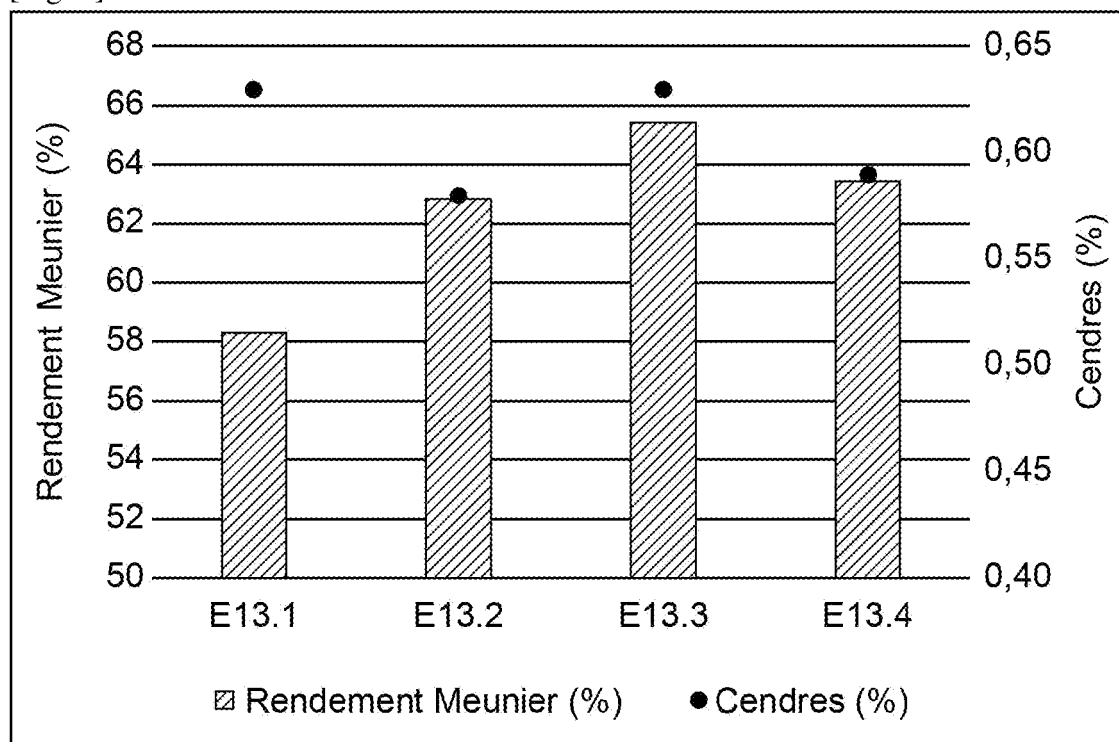


FIG. 7

[Fig. 8]

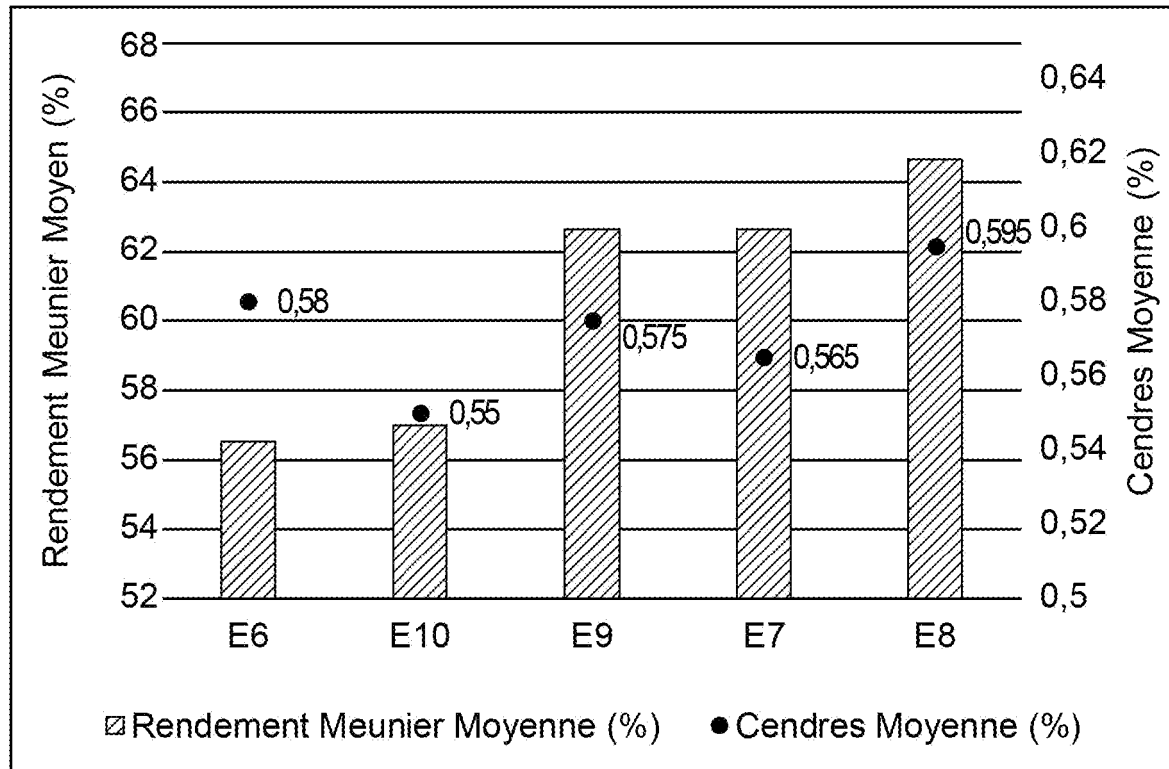


FIG. 8

[Fig. 9]

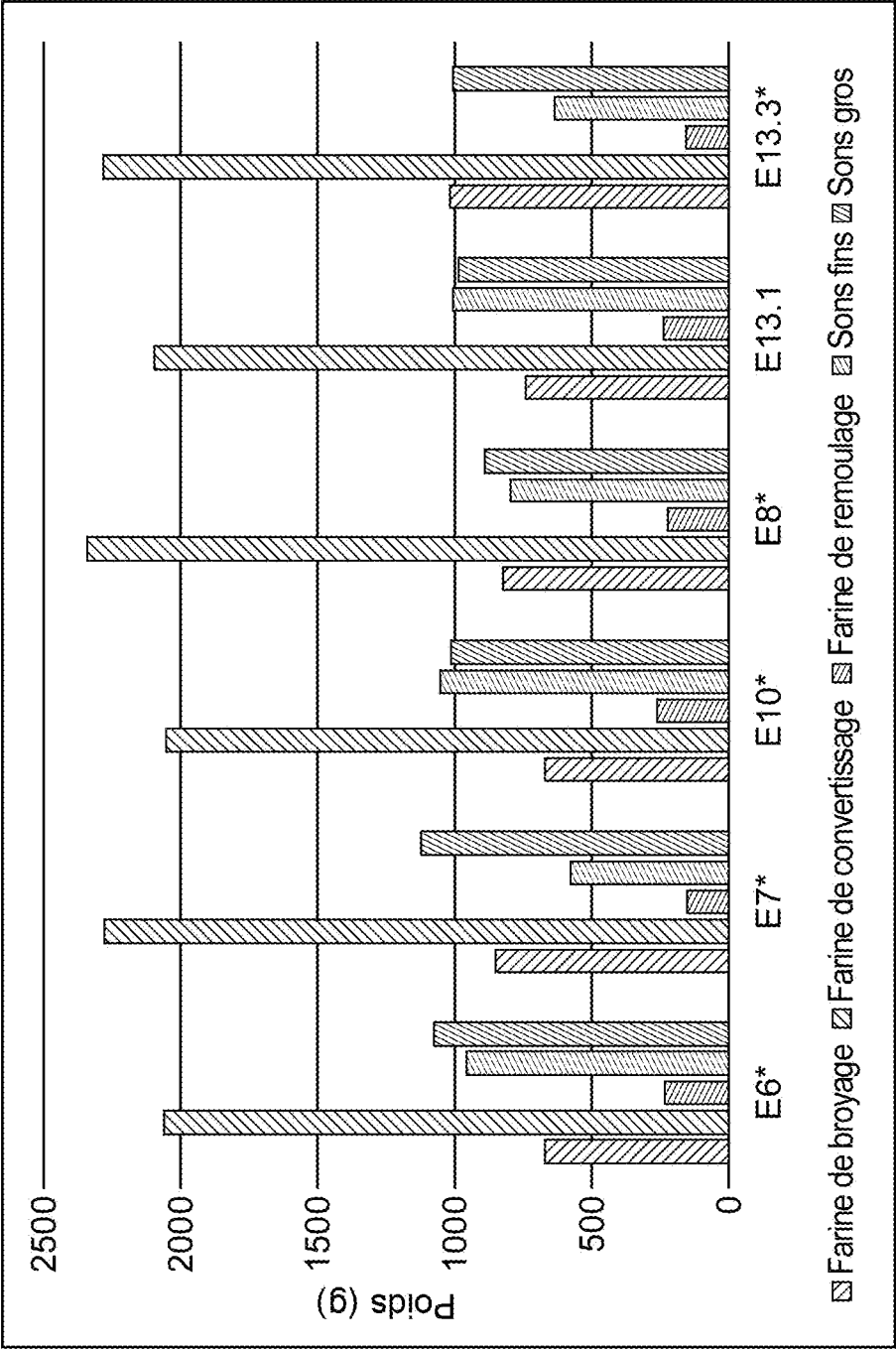


FIG. 9

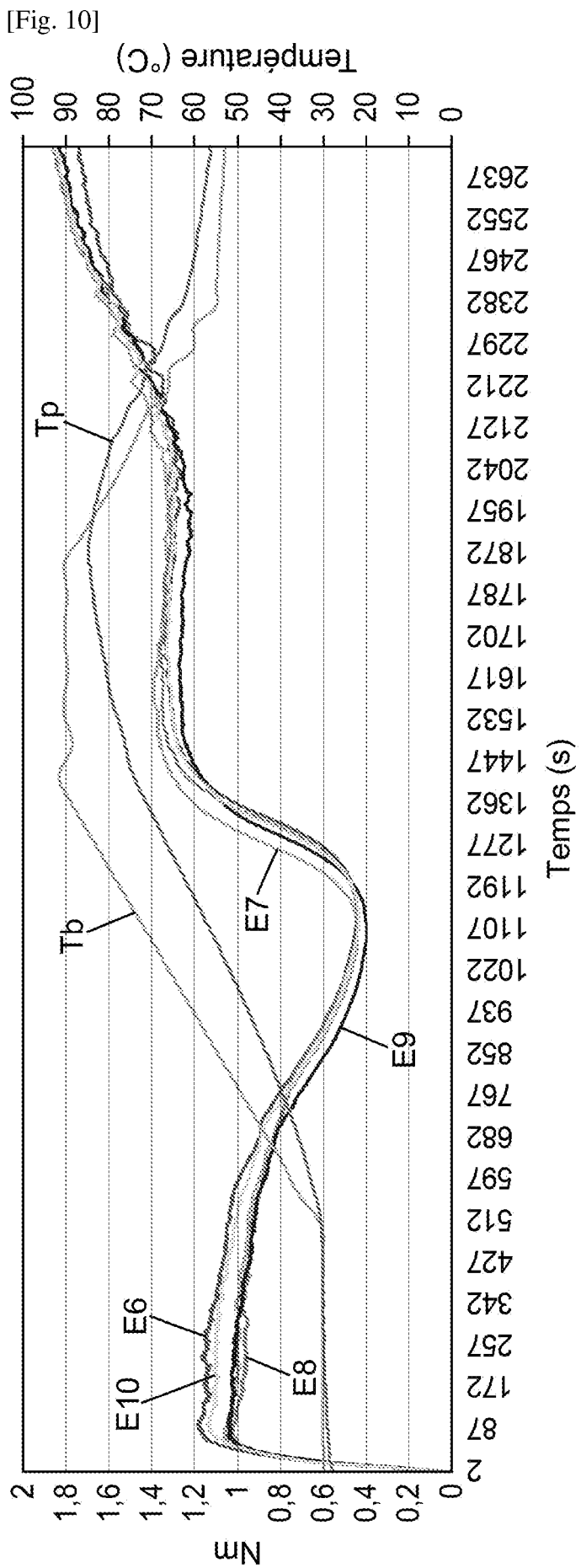


FIG. 10

[Fig. 11]

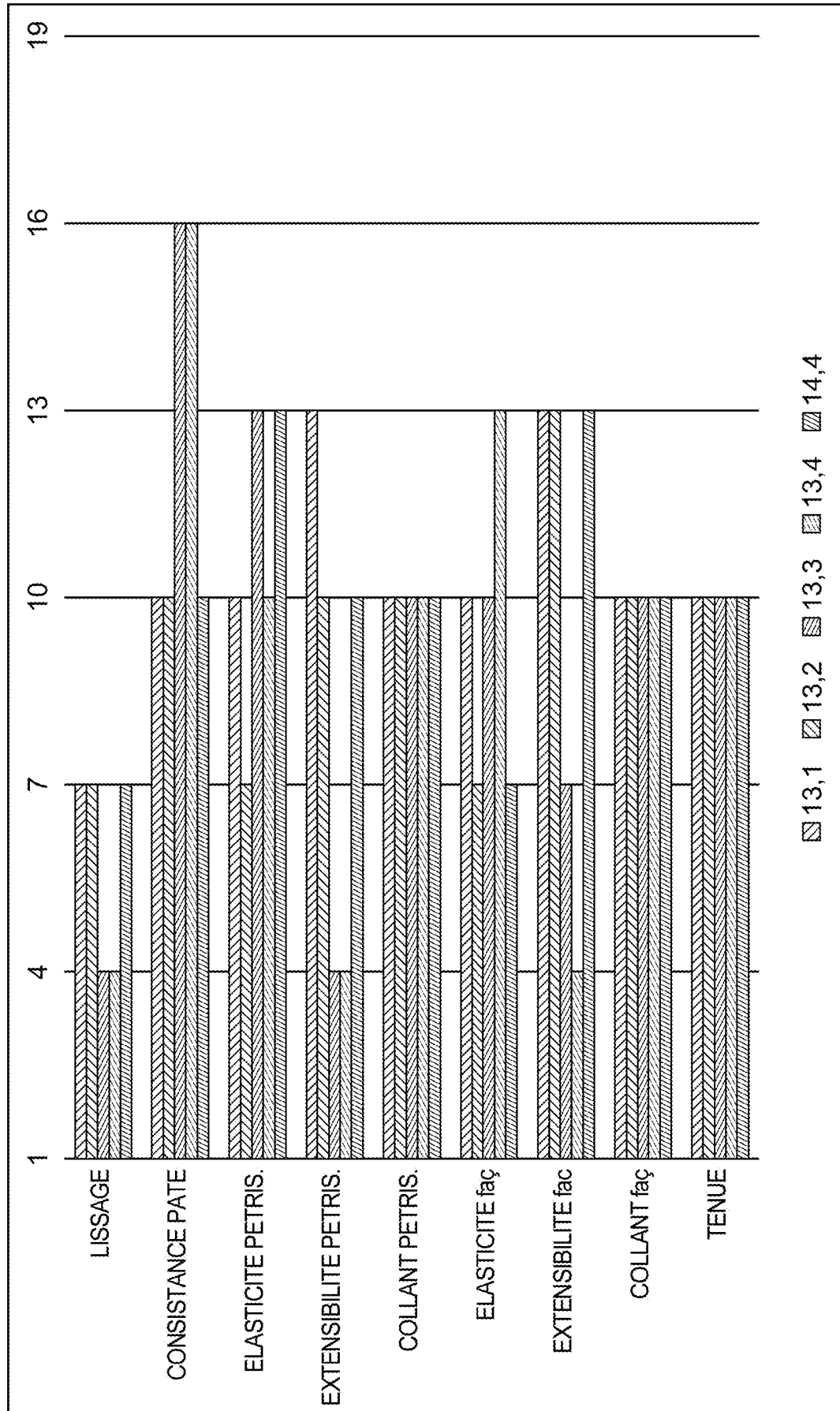


FIG. 11

[Fig. 12]

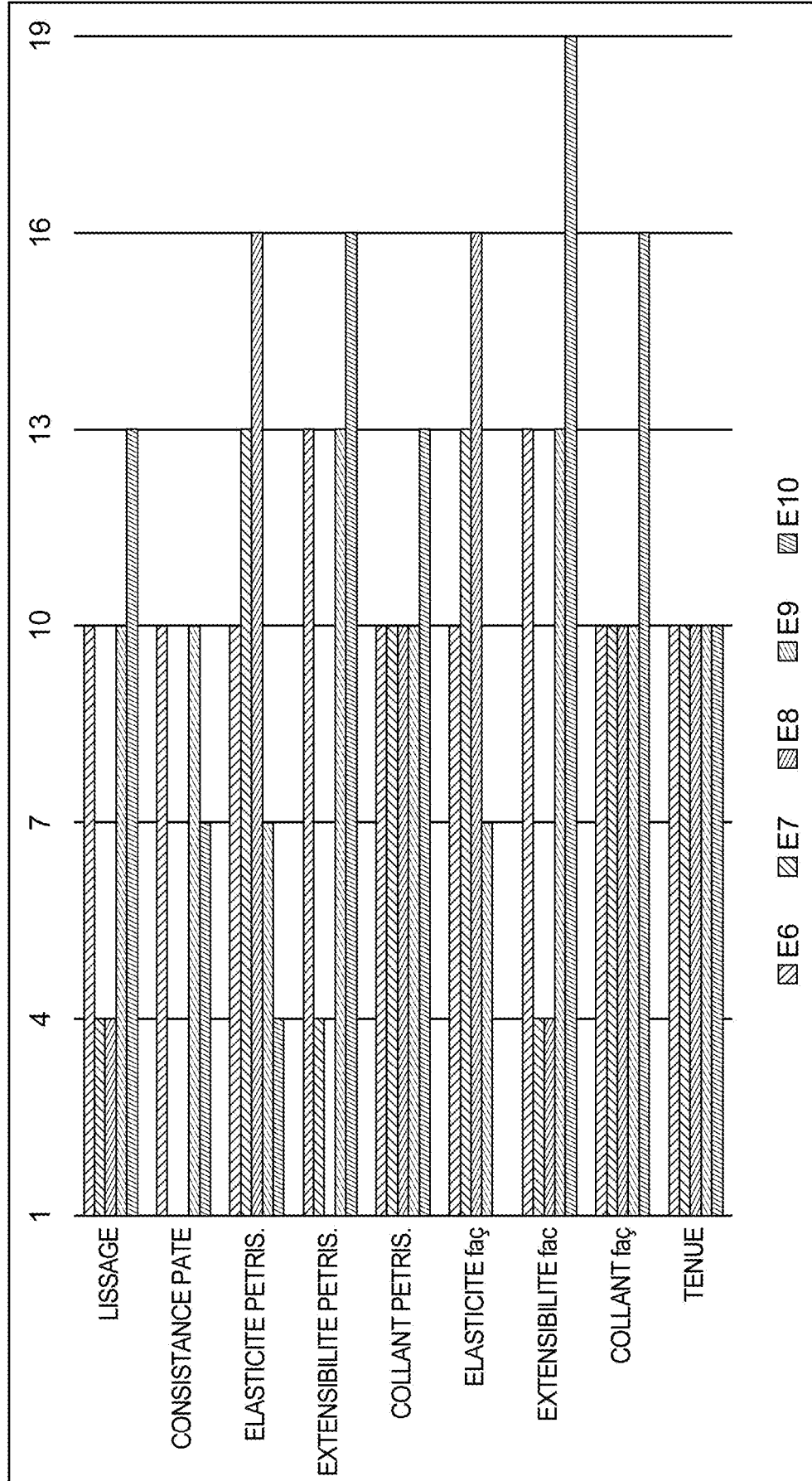


FIG. 12

[Fig. 13]

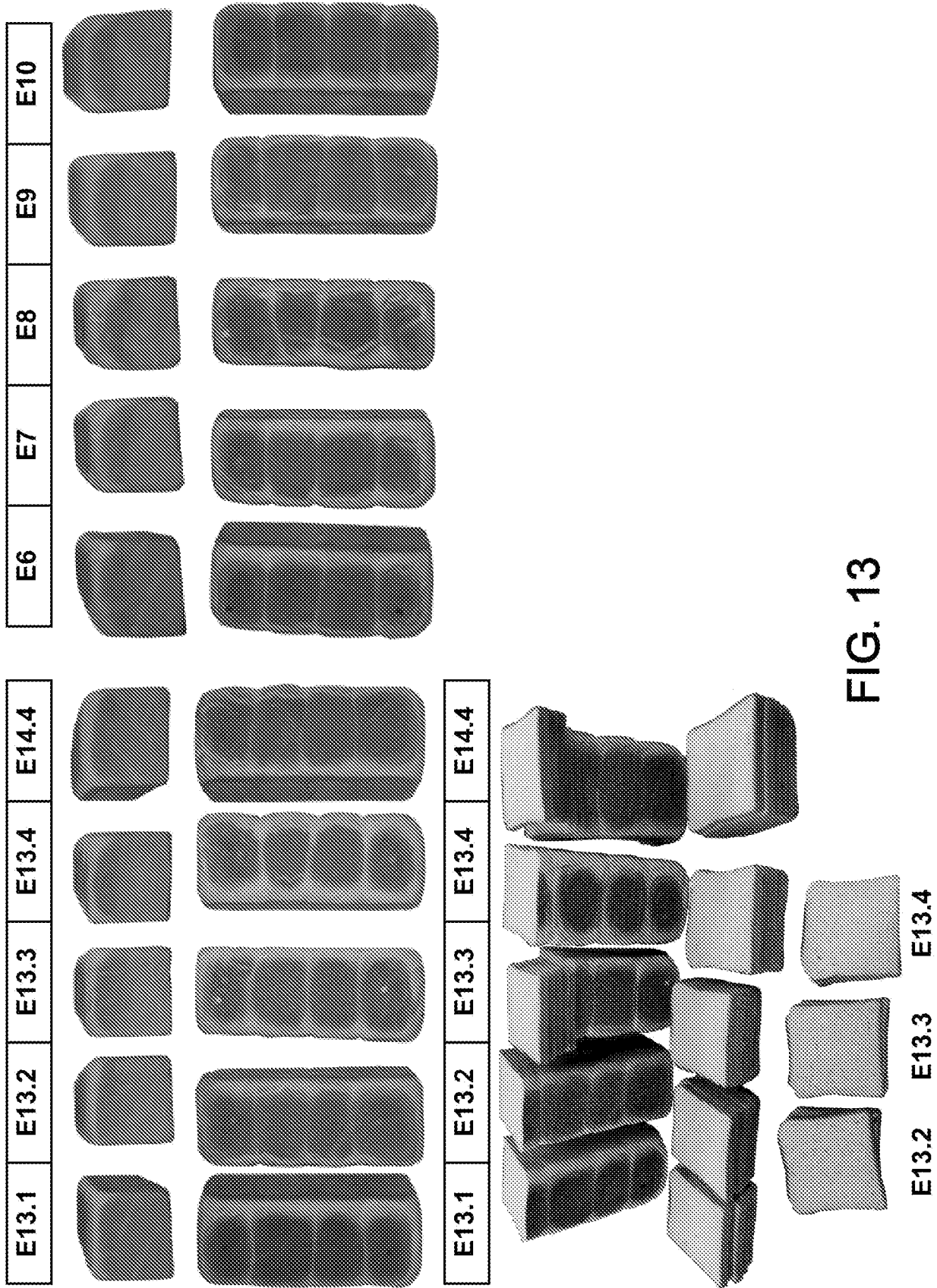


FIG. 13

[Fig. 14]

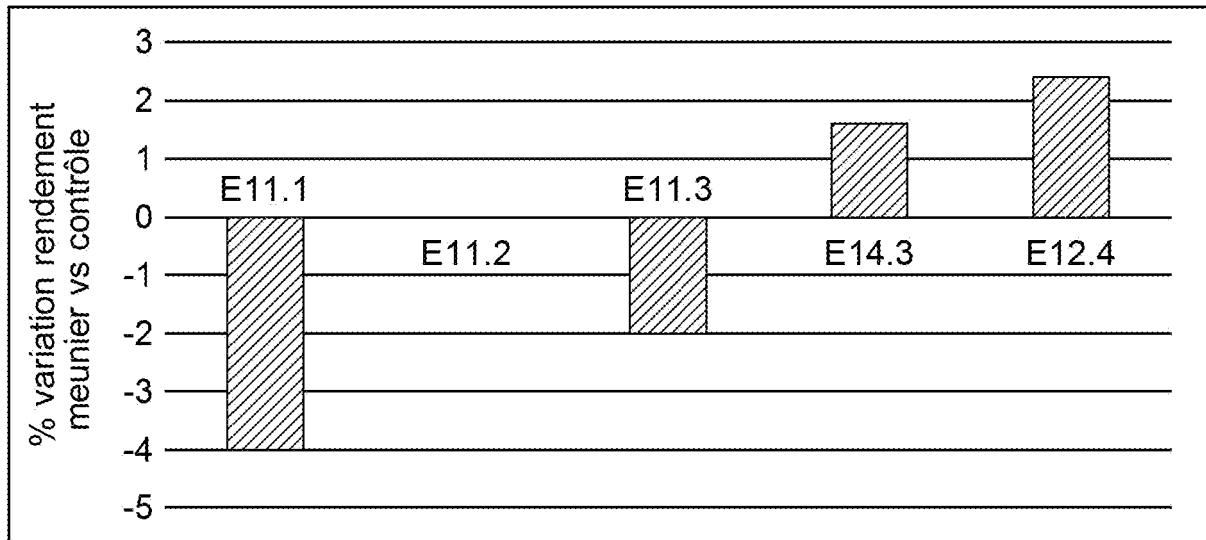


FIG. 14

[Fig. 15]

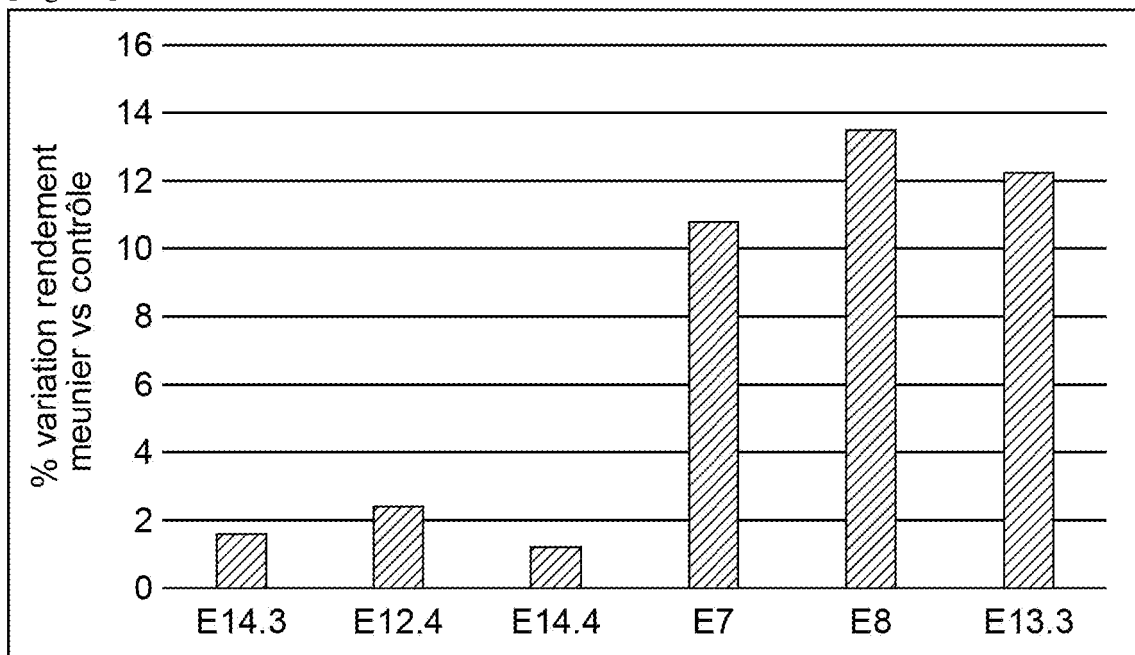


FIG. 15

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 893140
FR 2102031

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 2009/169707 A1 (ITO YASUO [JP] ET AL) 2 juillet 2009 (2009-07-02) * page 1, colonne de droite, alinéa 8 * * page 2, colonne de gauche, alinéa 15 - alinéa 16 * * page 3, colonne de gauche, alinéa 34 - colonne de droite, alinéa 36 * * page 3, colonne de droite, alinéa 39 * * figures 1-3 * -----	1-11	B02C9/04 A23L7/10 A21D13/00
A	US 2003/206996 A1 (LEUSNER STEVEN J [US] ET AL) 6 novembre 2003 (2003-11-06) * page 1, colonne de gauche, alinéa 2 - page 2, colonne de gauche, alinéa 13 * * page 3, colonne de droite, alinéa 34 - page 4, colonne de droite, alinéa 40 * * page 4, colonne de gauche, alinéa 45 * * page 5, colonne de gauche, alinéa 49 - alinéa 50 * * page 7, colonne de gauche, alinéa 63 * * page 8, colonne de droite, alinéa 87 * * figure 1 * -----	1-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	EP 2 143 797 A1 (BAYER CROPSCIENCE AG [DE]) 13 janvier 2010 (2010-01-13) * page 2, alinéa 1 * * page 3, alinéa 12 - alinéa 14 * * page 15, alinéa 139 - page 16, alinéa 146 * -----	7-11	B02B A21D A23L B02C
A	EP 1 723 853 A2 (NAT STARCH CHEM INVEST [US]) 22 novembre 2006 (2006-11-22) * page 2, alinéa 2 * * page 2, alinéa 6 * * page 3, alinéa 24 - alinéa 25 * * page 12, alinéa 68 * -----	9	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
25 novembre 2021		Redelsperger, C	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2102031 FA 893140

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **25-11-2021**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2009169707	A1	02-07-2009	AUCUN	

US 2003206996	A1	06-11-2003	AUCUN	

EP 2143797	A1	13-01-2010	AR 072724 A1	15-09-2010
			AU 2009268303 A1	14-01-2010
			CA 2733353 A1	14-01-2010
			EP 2143797 A1	13-01-2010
			EP 2310514 A1	20-04-2011
			US 2011296560 A1	01-12-2011
			WO 2010003701 A1	14-01-2010

EP 1723853	A2	22-11-2006	AT 506863 T	15-05-2011
			AU 2006202074 A1	07-12-2006
			BR PI0602626 A	09-01-2007
			CA 2546972 A1	18-11-2006
			CN 1875752 A	13-12-2006
			EP 1723853 A2	22-11-2006
			JP 2006320325 A	30-11-2006
			JP 2012055315 A	22-03-2012
			JP 2014138613 A	31-07-2014
			KR 20060119823 A	24-11-2006
			NZ 547210 A	28-09-2007
			TW 200718367 A	16-05-2007
			US 2006263503 A1	23-11-2006
			ZA 200603981 B	26-09-2007
