

ROYAUME DU MAROC  
-----  
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIÉTÉ (19)  
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE  
-----



المملكة المغربية  
-----  
المكتب المغربي  
للملكية الصناعية والتجارية  
-----

## (12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication :  
**MA 34855 B1**

(51) Cl. internationale :  
**A21D 00/00**

(43) Date de publication :  
**01.02.2014**

---

(21) N° Dépôt :  
**35048**

(22) Date de Dépôt :  
**09.07.2012**

(71) Demandeur(s) :  
**UNIVERSITE HASSAN II-MOHAMMEDIA, AVENUE HASSAN II BP 150 MOHAMMEDIA (MA)**

(72) Inventeur(s) :  
**Mohamed ZAHOUILY ; M.MAMOUMI ; H.FIKRI**

---

(54) Titre : **Développement d'un nouveau outil de prédiction des profils des farines destinées à la technologie des biscuits extrudés**

(57) Abrégé : DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL PRÉDICTIF, FIABLE, EFFICACE, RAPIDE ET PAS COÛTEUX PERMETTANT DE DÉTERMINER LES PROFILS DE LA FARINE PAR TYPE DE TECHNOLOGIES EN INDUSTRIE BISCUITIÈRE.

34855B1

01 FEV 2014

**Développement d'un nouvel outil en kit de prédiction des profils  
des farines destinées à la technologie des biscuits extrudés**

**ABREGE**

Développement d'un outil prédictif, fiable, efficace, rapide et pas coûteux permettant de déterminer les profils de la farine par type de technologies en industrie biscuitière.

## **DOMAINE DE L'INVENTION**

L'invention concerne une méthode fiable, efficace, rapide et pas coûteuse. Cette méthode repose sur la « capacité de la farine à retenir les solvants » (SRC). Elle détermine les profils de la farine nécessaire pour produire les biscuits extrudés exigeant une qualité spéciale.

En effet, cet outil/kit permet de définir la composition de la farine et de cibler son utilisation dans les différentes technologies de l'industrie biscuitière. Ainsi, une amélioration de ce modèle par l'effet de la maturation de la farine a permis d'orienter les farines reçues pour la technologie des biscuits extrudés tout en maîtrisant les risques de défauts qualitatifs ultérieurs des biscuits.

Par ailleurs, la validation de cet outil a permis d'éviter le risque du retour de la marchandise pour les minotiers.

Aussi, nous avons exploité cet outil pour identifier les pistes de développement des farines de qualité adéquate avec un prix compétitif.

## **ETAT DE L'ART**

Dans l'industrie des céréales, l'utilisation des méthodes empiriques définissant les propriétés rhéologiques, méthodes faciles à mettre en œuvre, a montré son efficacité dans l'évaluation des performances industrielles ainsi que la réalisation du contrôle de qualité des produits.

La farine biscuitière est utilisée pour la production des biscuits et des cakes de qualité satisfaisante. Une farine idéale pour une catégorie de biscuit pourrait ne pas être idéale pour une autre classe de biscuits (Finney 1989). D'où la nécessité de créer des outils prédictifs de la qualité de la farine tout en analysant sa composition et son comportement en process.

Actuellement le développement des outils repose sur la compréhension de la qualité de la farine tout en analysant son comportement en process (Berland 1994).

Les outils empiriques utilisés en industrie céréalière sont : farinographe, amylographe, mixographe, extensiographe et alvéographe. Le farinographe est l'équipement le plus utilisé en rhéologie (Ramzi 2007).

Les protéines de la farine sont largement responsables de la qualité de la farine destinée à la fabrication des biscuits (Pareyt 2008). L'indice de sédimentation (test

zeleny) mesure le volume de la suspension de la farine dissoute dans l'acide lactique (Colombo 2008). Cet indice est lié aux protéines de la farine.

Par ailleurs, des études ont été réalisées pour appréhender le rôle de la matière grasse, sucre et eau sur la texture et les dimensions des biscuits. Toutefois, une faible attention a été portée sur la relation entre la pâte et la farine utilisée et la qualité du biscuit (Fustier 2009).

Il existe plusieurs méthodes d'analyse de différents ingrédients de la pâte comme : capacité de rétention de l'eau alcalin, qualité et quantité des protéines de la farine, plasticité et indice de fusion de la matière grasse, granulométrie des sucres. Cependant, il n'existe pas un test unique pouvant prédire la qualité des biscuits (Sai Manohar 2002).

Compte-tenu du développement de l'industrie des biscuits, les industriels cherchent sans cesse des outils prédictifs permettant de contrôler la qualité de la farine appropriée pour produire des biscuits avec une qualité supérieure sans affecter l'efficacité opérationnelle de l'outil de production.

Les caractéristiques physico-chimiques de la farine dépend des variétés des blés cultivés. Les protéines (gluten), eau et amidons ont des caractéristiques spécifiques ce qui influence les propriétés de la pâte en process (Fustier 2009).

Ces dernières années, un outil prédictif permet d'analyser la composition de la farine ainsi que le comportement de la pâte en process a vu le jour. La SRC (capacité de la farine à retenir les solvants).

La SRC est une nouvelle méthode d'analyse de la farine. La littérature relative à la description de ses applications est très limitée.

La SRC est un outil utilisé pour identifier les génotypes du blé biscuitier et aussi pour améliorer la qualité en industrie (Guttieri 2001). Nombreuses études ont démontrées la relation entre la SRC est les différents tests classiques de la qualité de la farine (Gaines 2000, 2004), (Guittieri 2001, 2002), (Ram 2003). Elle est utilisée pour évaluer les fonctionnalités et définir les profils de la farine permettant de prédire la qualité des biscuits (Roccia 2006).

Les valeurs relatives à chaque SRC suite à des essais faits sur 50 variétés de farines sont : SRC eau : 78-98, SRC carbonate de sodium : 95-127,5, SRC acide lactique : 101,5-139, SRC sucre : 125-163 (Pasha 2009).

**DESCRIPTION DE L'INVENTION**

La présente invention a précisément pour but de répondre à ce besoin en fournissant un modèle pour faciliter le choix de la farine nécessaire, aussi bien pour la production des biscuits extrudés que pour l'orientation des farines pour les autres technologies. Nous avons mis en place un outil efficace et fiable capable de définir la composition et le comportement de chaque farine livrée, aussi bien en stockage qu'en process. Cet outil a permis ainsi d'améliorer la productivité des différentes technologies des biscuits y compris l'extrusion.

L'extrusion est une technologie délicate pour la fabrication des biscuits de type sablé. Les biscuits extrudés sont de bonne qualité organoleptique avec une croustillance élevée.

Par ailleurs, la farine utilisée pour fabriquer ces produits est spéciale et ce, compte-tenu que le principe de la machine consiste à forcer la pâte à s'écouler à travers un orifice de petite dimension (la filière) sous l'action de pressions élevées. Cette opération génère des biscuits avec des défauts qualitatifs de « fêlure » et de « collage » et ce, lorsque la qualité de la farine est inadéquate.

Les analyses physico-chimiques de la farine dans la biscuiterie reposent principalement sur des paramètres rhéologiques classiques à savoir : la force de la farine (w), son gonflement (G), son élasticité (P/L), le taux d'hydratation et le taux de cendres.

Ces paramètres classiques permettent, uniquement, la classification des farines. Toutefois, ils ne permettent pas de cibler la farine adéquate pour produire les biscuits extrudés exigeant une qualité spéciale de la farine.

Ainsi, notre invention a pour but de sélectionner les farines permettant de produire des biscuits sans défauts de collage et de fêlure.

Les étapes en fig.1 résument la stratégie de notre invention :

Selon un aspect de l'invention, il est prévu un processus reposant sur l'application de la capacité de la rétention du solvant SRC testée pour la prédiction du profil et la qualité de la farine.

Selon un quatrième aspect de l'invention, il est prévu un processus selon la revendication 1, caractérisé par l'évaluation des différentes farines reçues par les différentes techniques d'analyses de la farine (alveographe, farinographe, tamiseur...)

Selon un deuxième aspect de l'invention, il est prévu un processus selon la revendication 2, caractérisé par le suivi de la variation de la fêlure et collage en fonction des SRC eau, acide lactique et saccharose.

Selon un troisième aspect de l'invention, il est prévu un processus selon la revendication 3, caractérisé par la relation entre le repos de la farine et le taux de la matière grasse de la même farine.

Selon un quatrième aspect de l'invention, il est prévu un processus selon la revendication 3, caractérisé par l'utilisation de l'acide ascorbique pour déclencher le processus de maturation de la farine.

Selon un cinquième aspect de l'invention, il est prévu un processus selon la revendication 5, caractérisé par l'évaluation du cout de cette invention à l'encontre des couts des techniques d'analyses de la farine existant sur le marché international.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillé qui suit, faite référence aux figures annexées dans lesquelles :

**Tableau 1.** Définition des domaines de variation des facteurs d'expérience

**Tableau 2.** Résultats des essais expérimentaux

**Figure .1** Problématique d'extrusion

**Figure 2.** Photo représentant le collage du biscuit

**Figure 3.** Photo représentant la fêlure du biscuit

**Figure 4.** Effet de la SRC Carbonate de sodium sur la réponse collage

**Figure 5** Effet de la SRC Carbonate de sodium sur la réponse fêlure

**Figure 6.** Effet du repos sur la réponse du collage

**Figure 7.** Effet du repos sur la réponse de la fêlure

**Figure 8 :** Photo représentant l'Amélioration de la qualité des biscuits avec la maturation de la farine utilisée

## DESCRIPTION DETAILLE E DE L'INVENTION

### 1. Description du procédé de la fabrication des biscuits par extrusion

#### 1.1. Origine de la farine

Les farines sont livrées par 4 grands moulins au Maroc (Maghreb, Tria, Berrechid & Bouznika). Les essais ont été réalisés sur 195 échantillons sur une durée d'une année.

#### 1.2. Ingrédients

La pâte du biscuit consiste à mélanger les ingrédients suivants :

- ✓ 100 kg farine ;
- ✓ 34 kg sucre ;
- ✓ 700 g lécithine de soja ;
- ✓ 8 kg sucre inverti à basse température ;
- ✓ 20 kg graisse de palme ;
- ✓ 310 g bicarbonates de sodium ;
- ✓ 100 g arôme orange ;
- ✓ 0,35 g pré-mix vitaminé comportant la vitamine A ;
- ✓ 400 g sel fin de mer ;
- ✓ Eau froide ou mélange d'eau et glace.

### 2. Evaluation et analyse de la farine par la *Méthode SRC* :

La SRC (Solvent retention capacities) correspond au poids du solvant retenu par la farine après centrifugation. Le résultat est exprimé par le pourcentage du poids de la farine. Quatre solvants sont utilisés : eau, saccharose (50 %), carbonate de sodium (5%) et acide lactique (5%). La SRC est établie en fonction de la dissolution de la farine dans chaque solvant (quatre SRC).

La combinaison des quatre SRC permet de conclure sur le comportement de la farine analysée au niveau des process industriels (Bram Pareyt 2008).

La SRC est une technique pratique pour définir la qualité de la farine nécessaire pour prédire les performances de la biscuiterie industrielle (Gaine, 2000). Elle a été décrite par Ram et Singh (2004).

Les solvants sont formulés comme défini par Guttieri et *al.* (2001). La SRC acide lactique (LASRC) définit les caractéristiques du glutenin. SRC carbonate de sodium (SODSRC) est lié au niveau de l'amidon endommagé, SRC saccharose (SUCSRC) définit le constituant « arabinoxylane » et les caractéristiques du gliadines, et SRC eau est influencé par tous les constituants de la farine (Gaine, 2000). La SRC eau indique également la capacité de retenir l'eau alcaline (AWRC) selon la méthode approuvée AACC 56-10 (AACC, 1983). 1 g de la farine est solubilisée dans mélange de solvants (5 ml ; acide lactique/carbonate de sodium/saccharose) pendant 5 secondes, et reposé 20 min avec des mélanges intermédiaires (5 secondes) chaque 5 min. La suspension est centrifugée pendant 15 min à température de la salle. Les tubes sont dégoutés pendant 10 min à l'angle 90°. Ainsi, les SRC sont calculées et exprimées à l'humidité de 14% (Ram et Singh, 2004).

La combinaison des quatre valeurs de rétention configurent le profil de qualité et fonctionnalité de la farine.

Par ailleurs, chaque solvant est lié à la composition de la farine. L'acide lactique est lié à l'effet de la glutamine, le carbonate de sodium est lié au niveau d'amidon endommagé, le saccharose définit les caractéristiques du pentosane dans la farine. En fin, l'eau est liée à l'ensemble des constituants de la farine.

### ***3. Elaboration du kit d'analyse pour déployer le modèle adéquat :***

Le kit permet de minimiser le nombre et le temps des essais. C'est un outil primordial pour l'optimisation des essais. Il permet d'étudier plusieurs facteurs tout en gardant un nombre raisonnable des essais.

Notre kit repose sur le choix de 4 facteurs qui correspondent aux quatre solvants utilisés par la méthode SRC. Chaque facteur a 2 niveaux (maximal & minimal). Ainsi, nous avons développé un plan à 4 facteurs (24) avec 16 essais opérationnels à réaliser.

Le kit exige la définition du facteur et des niveaux choisis. En effet, les facteurs agissent linéairement sur la réponse des essais.



## Exemple d'élaboration de l'optimisation industrielle de la fabrication des biscuits extrudés

Le tableau 1 regroupe les facteurs choisis pour le kit élaboré avec les niveaux bas et haut définis par une analyse statistique des données des livraisons de plusieurs moulins collectés sous une base de données d'une année.

Le produit extrudé est un biscuit de qualité technologique supérieure permettant d'avoir des produits de qualité organoleptique élevée.

Les défauts qualité identifiés par rapport à ce produit sont « collage » & « fêlure ».

Les codages choisis sont compris entre 0 à 3 pour chaque réponse (collage & fêlure).

- Le collage des pâtons sur la bande du four génère des biscuits ayant perdu la surface inférieure (cf. figure n°1).

Le codage des biscuits fut estimé par une note comprise entre 0 et 3 pour cette réponse.

Le codage 3 est attribué à l'absence de collage

Le codage 0 est attribué au plus mauvais collage constaté

- La fêlure correspond à des biscuits incomplets (cf. figure n°2). Le codage fut estimé par une note comprise entre 0 et 3
  - 3 est l'absence de la fêlure
  - 0 est le biscuit possédant le plus grand nombre de fêlures.

L'objectif chiffré pour une qualité satisfaisante est donc 3 pour le collage et 3 pour la fêlure.

Après cuisson, la qualité de ces biscuits est vérifiée par rapport aux critères : collage et fêlure. Une rangée de biscuits finis a été prélevée correspondant à 18 biscuits dont le nombre de défauts constatés sur le collage et la fêlure est codé entre 0 et 3.

Les résultats de ces essais sont illustrés dans le tableau n°2.

Dans le but de choisir la farine adéquate pour produire les biscuits extrudés. L'effet de chaque facteur sur les réponses : collage et fêlure sont analysés afin d'établir un modèle capable de prédire la qualité de la farine tout en analysant le taux de fêlure et du collage des biscuits finis (cf. figure n°3 et n°4).

Les figures 3 et 4 illustrent, respectivement, le degré de l'effet de chaque facteurs sur les réponses collage et fêlure.

L'analyse des figures montre que les facteurs SRC eau et SRC carbonate de sodium ont un effet primordial sur les réponses fêlure et collage.

Ensuite les quatre facteurs utilisés ont été classés par ordre de pertinence:

SRC eau > SRC carbonate de sodium > SRC acide lactique > SRC saccharose

Par ailleurs des tests de validation du modèle ont été faits par des essais industriels sur des farines dont les valeurs SRC correspondent aux valeurs proposées par le plan théorique (cf. tableau n°2)

Dans les deux cas, collage et fêlure, la comparaison entre les valeurs expérimentales et celles obtenues par notre modèle, respectivement, montre la fiabilité et la robustesse de notre modèle.

Le tableau n°4 ci-dessous nous renseigne sur la validation du modèle théorique compte-tenu de l'exactitude entre les moyennes des deux modèles.

Le kit établi est basé sur l'effet crucial des deux facteurs SRC eau et carbonate de sodium. A cet effet, ces derniers sont fixés afin de tester l'effet d'un nouveau facteur «repos» sur les farines livrées.

En effet, les farines sont stockées dans un local aéré pendant 15 jours, des essais aux laboratoires et des tests de validation industrielle ont été faits permettant ainsi de constater les améliorations ci-dessous :

- Elimination des défauts du collage et de la fêlure au niveau biscuits finis ;
- Détermination de l'optimum des SRC eau et SRC carbonate de sodium ;
- Augmentation de l'acidité de la farine ayant un effet sur la régularité de la farine en process.

En plus, la farine en repos génère une grande quantité d'acide linoléique libéré sous l'effet de la lipase sur les lipides de la farine.

Au cours de stockage, l'oxygène favorise la formation de plusieurs liaisons disulfures au niveau des acides linoléiques ce qui accélèrent la maturation.

Le tableau n° 5 et les schémas 5 & 6 illustrent l'effet du repos sur l'amélioration des réponses collage & fêlure.

Les figures 5 et 6 illustrent l'évolution des défauts collage et fêlure dans le temps pour les farines en stockage.

Egalement, nous avons intégré le repos comme un nouveau paramètre ce qui a permis d'avoir une stabilité optimum de la farine et par la suite une qualité adéquate des biscuits extrudés.

En effet, au cours de stockage de la farine (repos) le phénomène de la maturation se déclenche. Il s'agit des réactions entre les composants de la farine, notamment, les lipides insaturés et l'oxygène. Il s'établit des contacts enzymes-substrat qui facilitent l'hydrolyse partielle des lipides par la lipase. L'acide linoléique ainsi libéré va sous l'action de la lipoxygénase (dont l'activité est favorisée en raison du volume d'air important avec lequel il se trouve en contact) être transformé en acide hydroperoxy-octadéca-diénoïque. La réduction de ce constituant entraînerait la formation de liaisons Soufre-Soufre. Par analogie avec l'action des oxydants dans les pâtes, ces réactions provoquent une amélioration des caractéristiques rhéologiques de la pâte et aussi de la qualité des biscuits (cf. photos ci-dessous). Ce processus d'oxydation naturelle de la farine a besoin de plusieurs semaines et mois pour se produire. Cela constitue une pratique moderne dans les industries des biscuits.

Compte-tenu des coûts logistiques liées à la surface de stockage à prévoir dans l'entreprise pour atteindre la maturation souhaitée de la farine. Une autre étude pourrait être amorcée sur l'utilisation de l'acide ascorbique à une dose de 300 mg/Kg de farine pour accélérer la maturation de la farine.

Notre modèle composé des SRC eau et SRC carbonate de sodium fixés couplé au repos de la farine pendant 15 jours, nous a permis de dégager des gains qualitatifs et économiques notables.

En effet, la qualité organoleptique de notre biscuit extrudé a été nettement améliorée. Le panel qualifié organoleptique biscuit et selon une étude de benchmarking réalisé sur le positionnement de ce produit par rapport aux produits de la concurrence a permis de montrer que notre produit a une note de « 9 sur 10 » avec une stabilité durant les 6 mois qui suivent. La moyenne de cette note est calculée par rapport au niveau de la qualité intrinsèque (manque de fêlure et de collage), croustillance et dessin du biscuit.

Aussi, la productivité de la ligne d'extrusion a été chiffrée par une efficacité opérationnelle élevée avec augmentation du tonnage de la production (+ 45%).

Par ailleurs, il existe sur le marché national un équipement de recherche/développement et du contrôle de la qualité des farines livrées par une firme française pouvant faire des études rapprochées sur l'affectation de la farine par type de technologie. Cet équipement onéreux avec un prix d'environ 300 Kdh ne permet pas de définir la méthodologie ciblée pour atteindre les objectifs escomptés. Toutefois, le coût de notre recherche est estimé à 50 Kdh.

## PERSPECTIVE DE L'INVENTION

Nous proposons d'exploiter cette invention pour fabriquer un équipement portatif permettant de généraliser son utilisation : achat de blé et de farine.

En effet, nous proposons de respecter les démarches ci-dessous pour créer ce kit :

- Utilisation de 2 tubes (préfabriqués) avec  $\text{NaCO}_3$  (5%) et eau déminéralisée (20 g  $\pm$  0,005g)
- Ajouter sur ces 2 tubes : 5g de la farine ( $\pm$  0,05g)
- Agiter 20 min (5 s chaque 5 min)
- Égoutter les 2 tubes
- Centrifuger à 1000g pendant 15 min
- Egoutter les 2 tubes pendant 15 min
- Calculer les taux SRC selon la formule ci-dessous  
$$[(m_2/m_1) \times (86/(100-\%H)-1)] \times 100$$

Avec :  $m_2$  : poids du gel ;  $m_1$  : poids de la prise d'essai et %H : taux d'humidité de la farine

## REVENDEICATIONS

- 1- Développement d'un outil de diminution de la fêlure des biscuits extrudés basé sur le kit;
- 2- Développement d'un outil de diminution du collage des biscuits extrudés basé sur le kit ;
- 3- Contrôle et diminution de la fêlure des biscuits extrudés en utilisant la méthode SRC couplée au kit ;
- 4- Contrôle et diminution du collage des biscuits extrudés en utilisant la méthode SRC couplée au kit;
- 5- Définition des critères nécessaires pour la conception d'un modèle type comportement des farines ;
- 6- Développement d'un outil de prédiction des profils des farines destinées à la technologie des biscuits extrudés basé sur la méthode SRC couplée au kit.
- 7- Développement d'un kit utilisant de 2 tubes (préfabriqués) avec  $\text{NaCO}_3$  (5%) et eau déminéralisée.

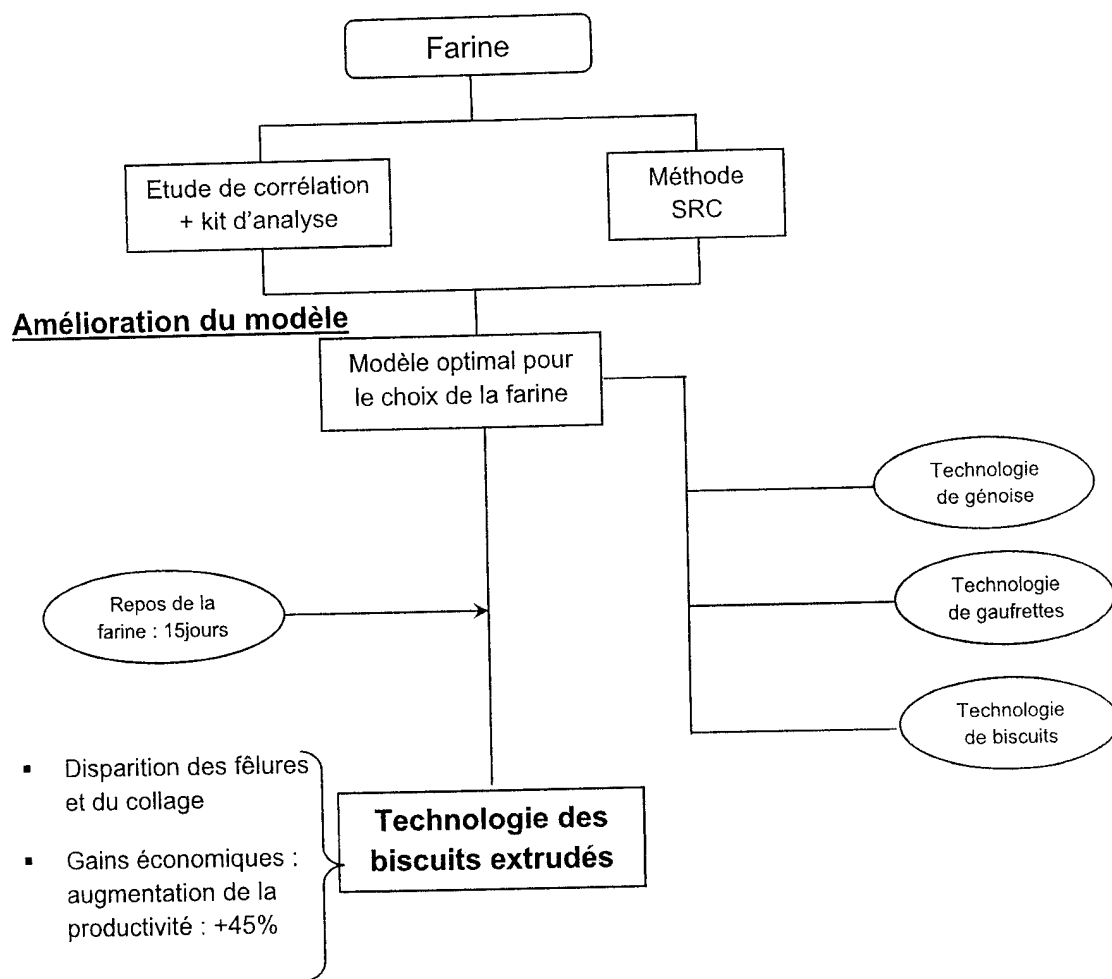
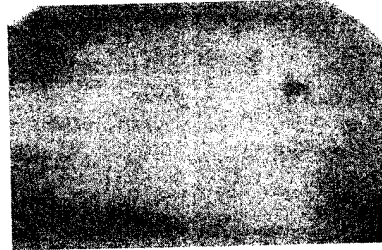
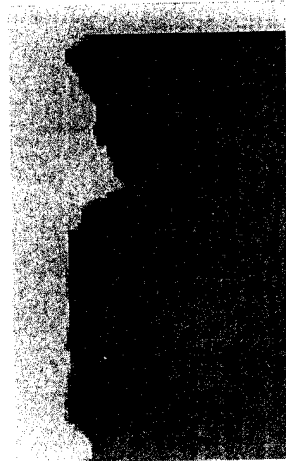


Figure 1: Problématique d'extrusion



**Figure n°1 : photo représentant le collage du biscuit**



**Figure n°2 : photo représentant la fêlure du biscuit**



**Tableau 1 :** Définition des domaines de variation des facteurs du kit

	Facteur 1 :	Facteur 2 :	Facteur 3 :	Facteur 4 :
	SRC eau	SRC saccharose	SRC carbonate de sodium	SRC acide lactique
Niveau bas	52,7	80,4	70,6	87
Niveau haut	60,6	104,1	80,3	107,6

**Tableau 2.** Résultats des essais expérimentaux

Essais n°	SRC				Réponse expérimentale	
	eau	saccharose	Carbonate de sodium	acide lactique	Fêlure	collage
1	55,02	86,56	72,98	95,02	2,5	3
2	59,04	86,45	74,57	93,63	0,94	2,88
3	55,28	87,82	72,53	99,45	2,33	3
4	54,83	88,01	72	100,04	2,83	3
5	56,84	87,37	77,88	99,91	2,66	2,83
6	55,9	88,35	72,67	100,5	2,83	3
7	56,35	90,12	75,54	100	2,72	2,94
8	57,13	90	74,43	100,34	2,27	2,94
9	58,16	90,94	72,65	108,27	2,94	2,94
10	57,67	89,76	76,75	107	3	2,94
11	56,4	88,56	71,01	105,65	3	2,72
12	56,84	88,67	73,67	109	2,94	2,88
13	55,54	88,73	71,52	96,82	2,83	2,88
14	54,76	87,32	73,87	97	3	2,94
15	55,01	88,67	72,56	97,78	2,94	3
16	55,98	90,24	75,45	100,14	2,88	2,94

Figure n°3 : Effet de chaque facteur sur la réponse collage

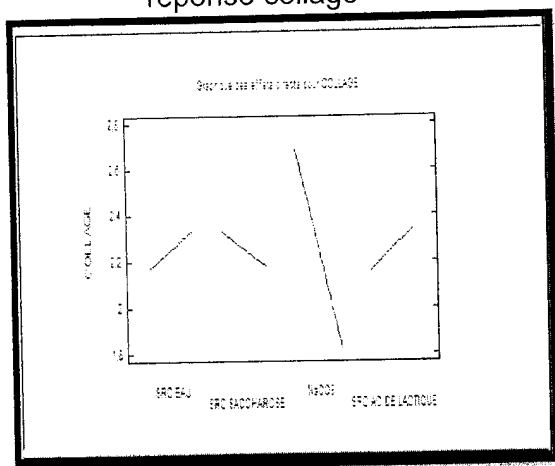


Figure n°4 : Effet de chaque facteur sur la réponse fêlure

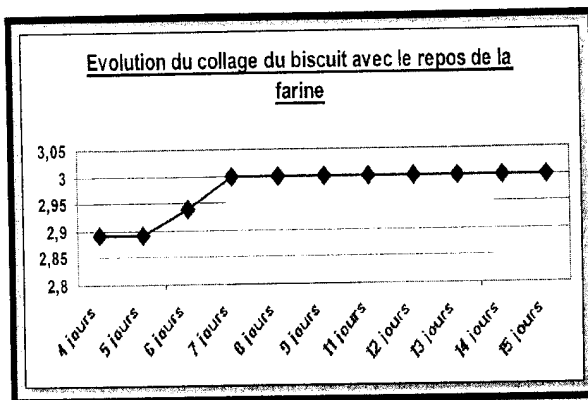
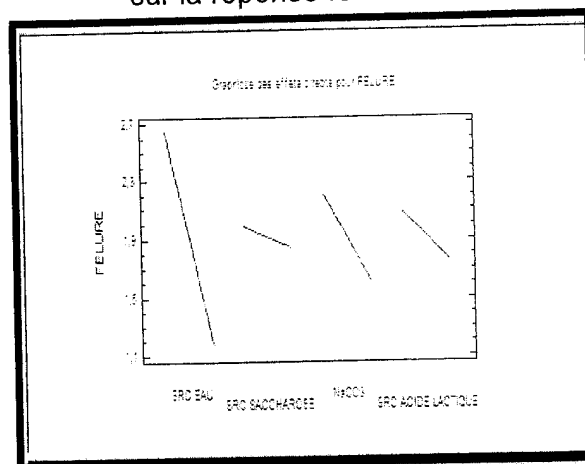


Figure n°5 : Effet du repos sur le collage

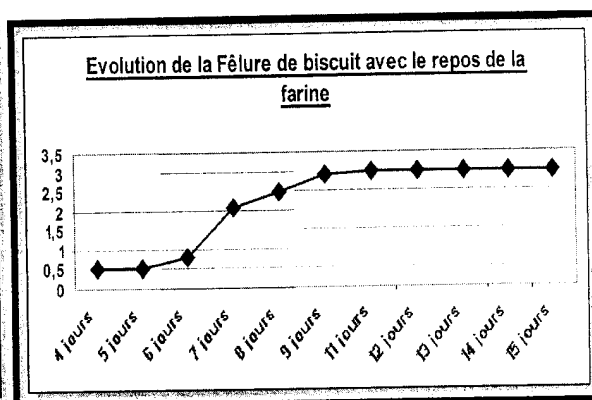


Figure n°6 : Effet du repos sur la fêlure

Tableau n°3 : Comparaison des réponses expérimentales et des réponses prédictives par notre modèle

Réponse expérimentale		Réponse prédictive d'après notre modèle	
Fêlure	collage	Fêlure	collage
2,5	3	2,49	2,45
0,94	2,88	1,67	2,40
2,33	3	2,46	2,56
2,83	3	2,58	2,61
2,66	2,83	1,74	2,06
2,83	3	2,33	2,57
2,72	2,94	2,00	2,27
2,27	2,94	1,95	2,40
2,94	2,94	1,89	2,66
3	2,94	1,51	2,21
3	2,72	2,42	2,82
2,94	2,88	2,02	2,58
2,83	2,88	2,47	2,61
3	2,94	2,47	2,39
2,94	3	2,50	2,51
2,88	2,94	2,07	2,28
3	2,94	2,86	2,56
2,94	2,88	2,19	2,47
3	3	2,63	2,43
3	2,94	2,78	2,49
3	3	2,30	2,66
2,94	2,94	2,06	2,38
3	2,94	2,54	2,53
3	3	2,80	2,56
2,11	2,88	1,75	2,28
2,44	2,88	1,25	2,03
2,22	2,77	1,63	2,30
2,44	2,83	1,67	2,02
3	2,94	2,45	2,63
2,88	2,88	2,65	2,62
2,94	2,94	2,36	2,47
2,94	3	2,36	2,47
2,94	3	2,44	2,59
3	3	2,53	2,56
2,94	3	2,50	2,44
3	3	2,56	2,57
2,94	3	2,57	2,59
3	3	2,61	2,59

**Tableau n°4 :** Comparaison des moyennes arithmétiques collages et fêlure définies par notre modèle et les résultats expérimentaux.

Réponse expérimentale		Réponse modèle	
Fêlure	collage	Fêlure	collage
2,8	2,9	2,8	2,8

**Tableau n°5 :** Effet du repos sur les réponses collage & fêlure.

Durée du Repos	Réponse expérimentale	
	Fêlure	Collage
4 jours	0,5	2,89
5 jours	0,56	2,89
6 jours	0,72	2,94
7 jours	2,06	3
8 jours	2,33	3
9 jours	2,89	3
10 jours	3	3
11 jours	3	3
12 jours	3	3
13 jours	3	3
14 jours	3	3
15 jours	3	3

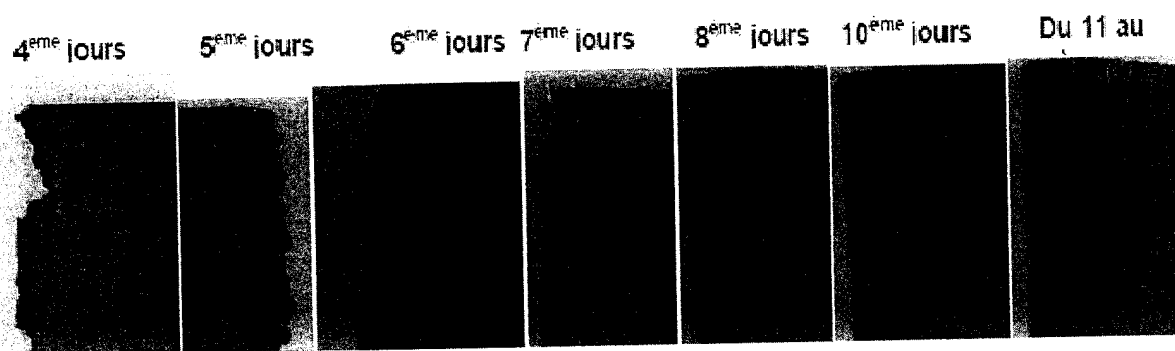


Figure n°7 : Photos représentant l'amélioration de la qualité des biscuits avec la maturation de la farine utilisée