CARACTERISATION DE LA COULEUR DE SURFACE DES QUICHES PAR ANALYSE D'IMAGE

Juan A. ROJAS-GONZALEZ, Marc VIGNOLLE*, Virginie CHOQUART *, Alain SOMMIER*****

**Marie-Uniq. 13-15 rue du Pont des Halles, 94526 Rungis Cedex*
marc.vignolle@marie-uniq.com
***Agroparistech. 1 avenue des olympiades, 91744 Massy Cedex. tél 0169935190*
juan.rojas@agroparistech.fr
****UMR Trefle. Esplanade des arts et métiers, 33405 Talence Cedex. tél 0556845415*
alain.sommier@bordeaux.ensam.fr

Résumé : Bien avant la perception du produit en bouche c'est notre œil qui analyse le produit, la couleur est alors un des paramètres de jugement clé. Sur la ligne de production la couleur est particulièrement importante car c'est un des critères qualité communément admis. Le conducteur de ligne va souvent se baser sur cette donnée subjective pour piloter son four, cette méthode de réglage n'est pas robuste car chaque conducteur de ligne a une vision et une perception du produit. Un outil permettant de caractériser globalement la couleur du produit a été développé. Il est basé sur l'analyse d'une image prise via une webcam. Un travail exhaustif a été réalisé pour l'étalonnage du dispositif prenant en compte l'avis de l'expert dans l'algorithme de traitement. L'interface homme/machine et la prise d'image sont réalisées grâce à LabVIEW. Le traitement d'image est fait sous Matlab et s'intègre parfaitement au programme LabVIEW.

Mots clés : analyse d'image, caractérisation produit, cinétique, coloration

1 INTRODUCTION

Au cours de sa production, un produit alimentaire subit un certain nombre d'opérations unitaires (pétrissage, fermentation, cuisson…). À chacune de ces étapes il acquiert des propriétés d'usages et des propriétés technologiques. Ainsi la cuisson permet de stabiliser la structure du produit en activant des réactions physico-chimiques. Le produit va être le siège d'un grand nombre de cinétiques de transformation (volume, perte de masse, coloration…). La coloration est une des réactions les plus courantes et pourtant sa caractérisation est très complexe car elle dépend de l'action concomitante des ingrédients, de la température, du temps et du type de cuisson utilisés. La coloration de surface des produits céréaliers est utilisée habituellement comme un indicateur de qualité. Plusieurs méthodes d'analyses dans l'industrie alimentaire ont été développées mais la plupart est basée sur des résultats subjectifs établis par des critères sensoriels. Il est parfois difficile d'exploiter ces résultats car les critères de qualité recherchés sont souvent définis par des appréciations personnelles très différentes et variables selon les individus. Ces méthodes sont donc peu robustes. Afin d'obtenir des résultats répétables et se basant sur les critères d'un expert nous avons mis au point un système d'analyse d'image permettant de quantifier la zone colorée ou brulée des quiches.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 Pilote d'image

Le système d'analyse d'image (figure 1) est particulièrement simple, il utilise un PC portable, un bâti permettant d'avoir des conditions d'éclairage reproductibles (grâce à un néon). La mesure de coloration est réalisée à l'aide d'une webcam de résolution 1600x1200 pixels. Cette caméra prend des photos du produit et transmet les informations au logiciel conçu grâce à LabVIEW pour l'exploitation, l'analyse et le stockage des résultats.

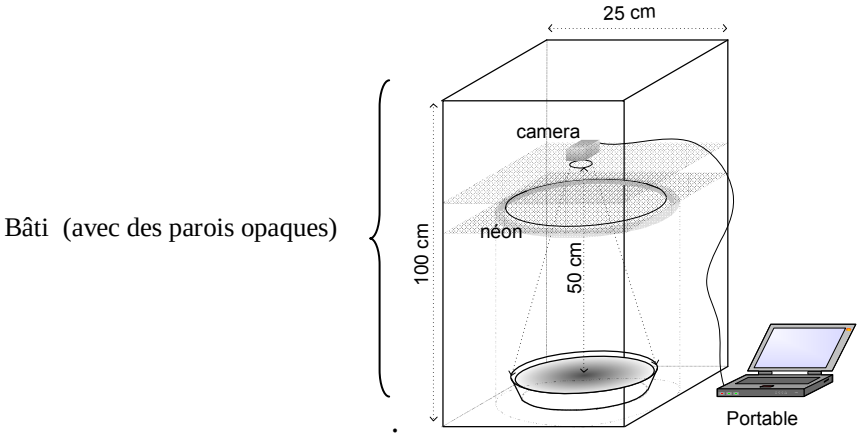

Figure 1 : pilote d'analyse d'image, constitué du bâti (100x25x25cm), d'un PC (avec logiciel d'exploitation conçu sur LabVIEW), webcam (1600x1200pixels) plus système d'éclairage.

2.2 Logiciel d'analyses d'image sous LabVIEW

2.2.1 Génération de la surface de réponse

Les photos prises sont transférées sur ordinateur pour y être traitées. L'analyse d'image est réalisée sous Matlab que nous avons intégré dans le programme LabVIEW. Le traitement consiste en la décomposition des images enregistrées dans les longueurs d'onde correspondant aux couleurs rouge, vert et bleu (RGB) (figure 2).

L'image est alors recomposée en échelle des gris en éliminant l'influence des nuances et de la saturation tout en conservant l'intensité lumineuse puis décomposée à nouveau pour être comparée à l'image originale. Pour décomposer les images, le décodage est réalisé en 8bits, dont l'image enregistrée est représentée avec des nuances variant entre 0 et 256 et des intensités variant entre 0 et 1. On obtient alors des photos en noir et blanc. Les couleurs de surfaces sont transcrites en 256 niveaux de gris. Le niveau 0 correspond au noir et le niveau 255 au blanc.

L'étape suivante consiste à choisir le seuillage du niveau de gris. Tous les pixels dont le niveau de gris est inférieur à ce seuillage obtiennent la valeur 0. Les pixels au niveau de gris supérieur se voient attribuer la valeur 1.

En connaissant la surface d'un pixel, il est alors possible de calculer la surface couverte par l'ensemble des pixels ayant la valeur 0 : ceci correspond à la surface de taches noires sur la quiche. Pour se représenter graphiquement la valeur du seuillage à employer, la photo est transcrite en noir pour les pixels à valeur 0 et en blanc pour les pixels à valeur 1.

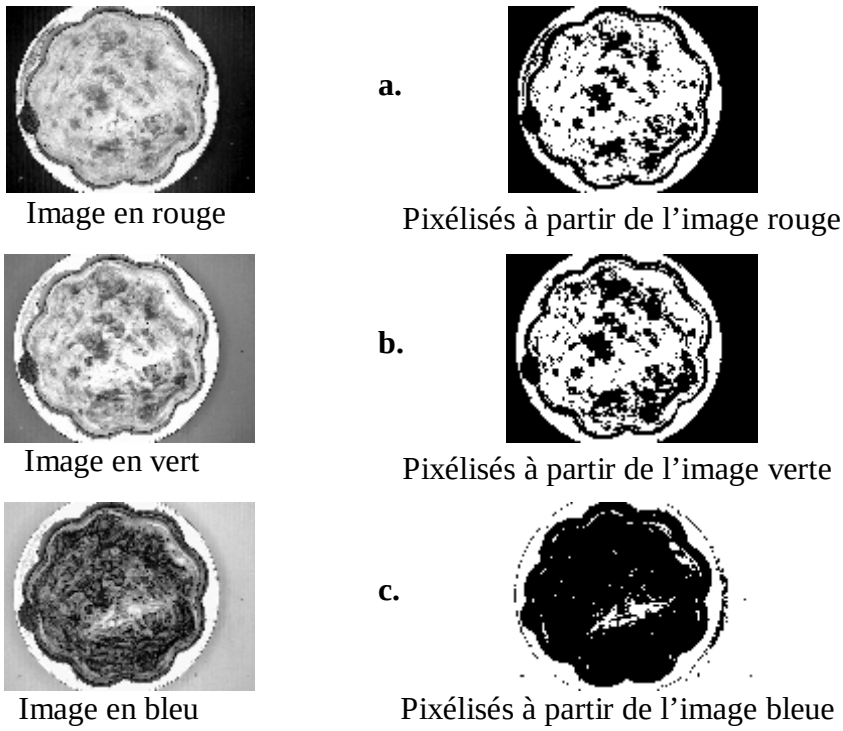

Figure 2 : décomposition des images enregistrées dans les longueurs d'onde correspondant aux couleurs rouge (a), vert (b) et bleu (c).

2.2.2 Corrélation entre l'expert et l'analyseur d'image

Les décompositions d'images des quiches sur l'axe rouge ont été choisies car ils représentent au mieux les critères définis par des gammes de couleur variant entre dorée et brulée. Pour évaluer la corrélation entre les analyses de l'expert et la mesure instrumentale, 18 quiches sont préparées de différentes manières pour obtenir une large gamme de coloration de surface. Ceci a été déterminé car l'axe rouge permet d'obtenir la meilleure corrélation (r^2=93%) entre l'analyseur d'image et les critères sensoriels de l'expert. L'étude a montré que l'expert surestime la quantité de couleur dans les produits et que sa réponse n'est pas linaire. Cette surestimation est prise en compte dans le logiciel conçu sous LabVIEW, car l'évaluation de l'expert est prépondérante.

2.2.3 Etalonnage du système

Un étalonnage du système a été réalisé en se basant à la fois sur les critères de coloration idéales recherchées par l'expert usine et sur des rapports de surface noir/blanc connus (figure 3). Ceci a permis d'obtenir une large plage de caractérisation variant de 20 à 80% de surface colorée ou brulée avec une marge d'erreur de ±5% et une courbe de calibration ayant un r^2 = 97% (n = 18).

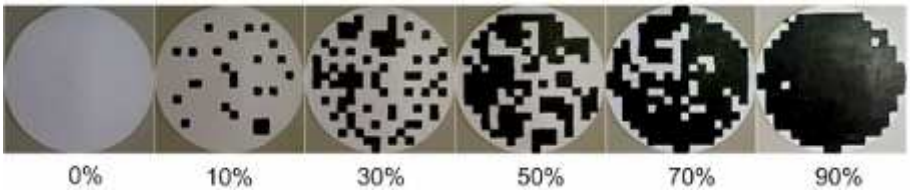

Figure 3 : Cercles étalons (de 256 cm2) ayant de surface noir/blanc connu variant de 0 à 90%.

3 INTERFACE HOMME MACHINE (IHM)

Le logiciel conçu travaille sur la base de reconnaissance de la surface qui comprend strictement le produit céréalier (figure 4). Une reconstitution est réalisée par le logiciel pour estimer la quantité de surface dorée ou brûlée. On traduit cette surface en pourcentage correspondant au nombre de pixels ayant une valeur supérieure au seuil défini précédemment par rapport au nombre de pixel représentant le produit à la fin du procédé. Puis, les quantités de produits dits conformes ou non-conformes sont affichées ainsi que le nombre des produits analysés. Toutes les mesures sont alors enregistrées dans un fichier Excel pour l'exploitation statistique des résultats.

Deux modes de fonctionnement peuvent être choisis : un mode manuel et un mode automatique. En mode manuel c'est l'opérateur qui lance l'analyse d'image en déclenchant l'acquisition d'image. En mode automatique l'analyse d'image est fonction de la cadence de production.

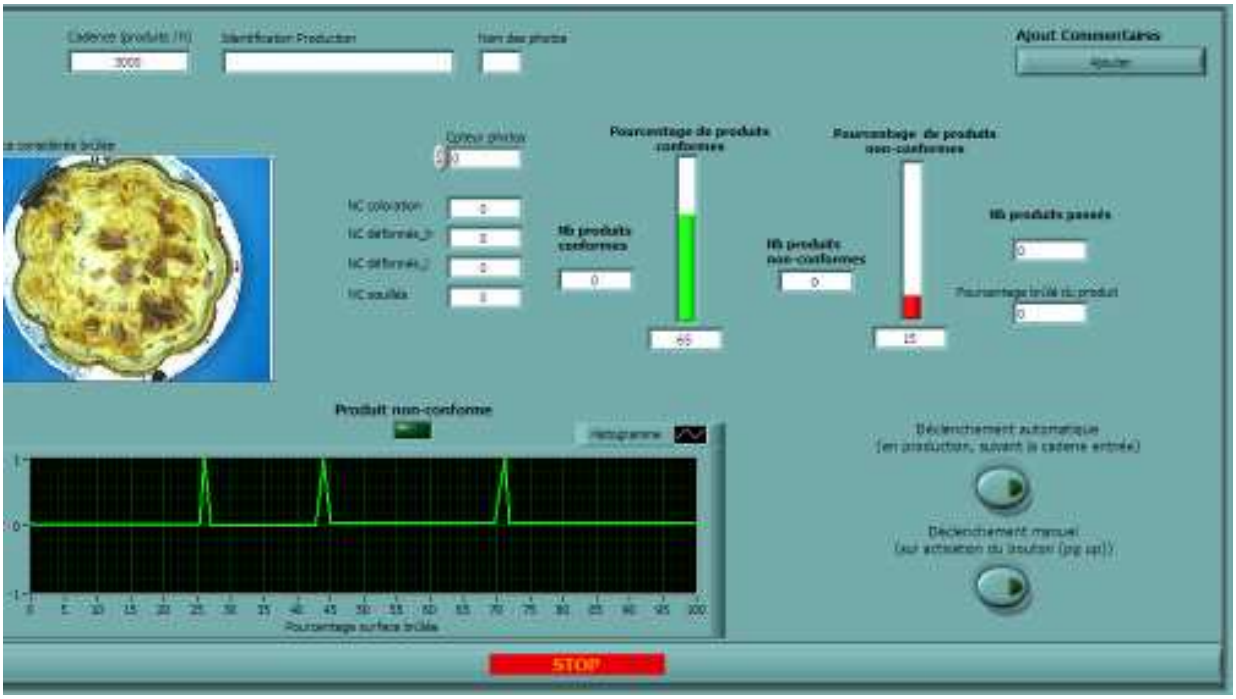

Figure 4 : Face avant du programme de pilotage ; visualisation du cycle en cours, cadence des produits conformes et non-conformes en temps réel.

4 RESULTATS

Ce système d'analyse mis au point, au delà d'un simple outil de caractérisation du produit fini permet également d'étudier et de caractériser la cinétique de coloration (figure 4) des quiches

en cours de cuisson. De nombreux produits peuvent être référencés et ainsi l'opérateur peut comparer les produits en sortie de ligne et les produits type référencés par le programme.
Le programme permet à l'opérateur soit de caractériser et de rentrer dans cette base de donnée un nombre de produit infini soit de rajouter des images de produits cible (conformes) en fonction des paramètres changés (augmentation de la quantité de marquants, par exemple plus de lardons ou plus de légumes…).
On notera également (figure 5) que la présence de garniture (légumes ou lardons) n'est pas un élément qui nuit à la qualité de l'analyse.

t_0, 0% brûlé | t_1, 0% brûlé | t_2, 5% brûlé | t_3, 7% brûlé | t_4,20% brûlé | t_f, 55% brûlé

Figure 5 : Cinétiques de formation de la couleur, représentées par le pourcentage de surface dorée ou brulées au cours de la cuisson des quiches.

En prenant compte de cette capacité analytique, il est alors possible de caractériser les cinétiques de coloration des produits selon le type de recette et du traitement thermique appliquée, donc évaluer l'évolution des produits en fonctions des réglages appliqués par l'opérateur en fonction des ses critères sensoriels. La figure 6, montre un exemple de la cinétique de coloration d'une quiche lorraine soumis à des traitements thermiques similaires.

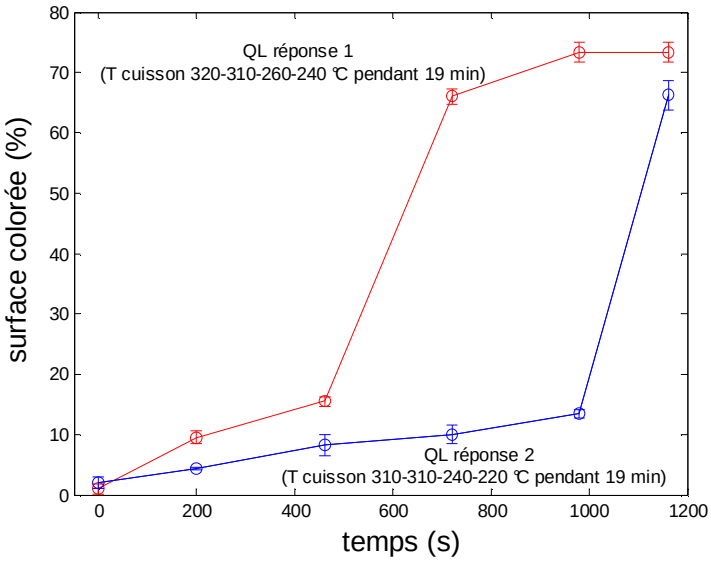

Figure 6 : Cinétiques de formation de la couleur, représentées par le pourcentage de surface dorée ou brulées au cours de la cuisson d'une quiche lorraine (QL) avec de températures de consigne similaires.

Ces deux comportements montrent l'impact de la conduite de l'opérateur sur le produit fini, ainsi les causes possibles peuvent être identifiées (ex : non respect de la recette, poids initial du produit et quantité d'énergie fournie variable, etc.) pour appliquer *à posteriori* des mesures correctives.

5 CONCLUSION

Le développement d'un outil basé sur l'analyse d'image a été réalisé simplement via l'acquisition d'une image par une simple webcam dans des conditions d'éclairage maitrisées. Le traitement d'image est réalisé sous Matlab qui est intégré dans le programme LabVIEW. Les résultats obtenus sont présentés sous forme de produits conformes ou pas et chaque image des quiches est stockée afin d'obtenir l'historique des produits non-conformes et de rechercher la cause des défauts. Au-delà d'un outil partial dont la répétabilité d'analyse à été vérifiée nous pouvons également l'utiliser comme outil de recherche et de développement pour mieux comprendre les cinétiques de coloration des produits, identifier des sources de variation et agir sur les outils de cuisson pour obtenir, à terme, une cible produit choisie.