



L'analyse d'images dans les industries de transformation de la viande

Principes et applications

BRUNO BOUTTEN

CTSCCV

RÉSUMÉ

L'analyse d'images se développe depuis de nombreuses années dans le monde industriel. Par son automatisation, elle permet un gain de productivité. Toutefois, compte tenu de la diversité biologique de la viande, l'application de l'analyse d'images dans les industries de transformation peut présenter quelques difficultés.

Cette présentation va s'attacher dans un premier temps à décrire un système d'analyse d'images et les différentes parties qui le caractérisent.

INTRODUCTION

L'évolution industrielle du vingtième siècle a généré l'analyse d'images. On peut considérer que c'est l'industrie textile qui l'a fait naître car une plus grande précision dans le domaine des couleurs était nécessaire. Pendant longtemps, le suivi colorimétrique faisait appel à un expert pour effectuer les mélanges. Cette situation critique a poussé des esprits cartésiens à réfléchir sur la nature exacte d'une couleur.

La couleur résulte des radiations électromagnétiques entre 380 et 780 nm qui atteignent nos yeux et auxquelles nous sommes sensibles. L'expérience montre que la plupart des lumières colorées peuvent être restituées par le mélange, en quantités appropriées de trois lumières dites primaires, c'est le principe de tri variance visuelle.

L'analyse d'images permet de caractériser un objet non seulement par sa couleur mais aussi par ses dimensions physiques.

L'évolution de l'analyse d'images peut également s'expliquer par la progression constante de

l'informatique à laquelle elle est associée. Les micro-ordinateurs récents disponibles peuvent assurer l'acquisition, l'analyse et l'automatisation des tâches dans des conditions acceptables pour l'industrie.

Les applications, dans les industries agro-alimentaires et plus particulièrement dans les industries de transformation des viandes sont multiples ; nous en verrons ultérieurement quelques-unes.

LA SOURCE LUMINEUSE

Un objet nous apparaît coloré par la manière dont il réfléchit la lumière incidente. Sa couleur sera fonction du type de lumière incidente qui peut être :

- lumière du jour,
- lampe à incandescence au tungstène,
- lampe à incandescence au tungstène-halogène,
- tube fluorescent ("néon"),
- LED.



L'analyse d'images dans les industries de transformation de la viande

Principes et applications

Dans les industries de transformation de la viande, une simplification de l'éclairage est toutefois préférable, celle-ci étant liée à la maintenance de ces systèmes dans un environnement peu favorable (chambre froide à haut taux d'humidité) et à la nécessité de perturber le moins possible l'environnement de la matière première (faible augmentation de la température). Certaines sources de lumière peuvent, d'autre part, fournir des informations sur la nature biochimique de l'objet observé ; le cas typique est l'utilisation d'un éclairage ultra violet pour la caractérisation du tissu conjonctif d'un muscle.

VISION

L'œil peut être considéré comme le système de référence, car c'est lui qui participe à l'évaluation du produit par le consommateur et par le technologue en cours de fabrication. C'est donc par lui que se fera le passage de la connaissance du transformateur vers un système de décision automatisé.

L'œil (**figure 1**) est constitué principalement de la cornée, l'iris, le cristallin, le corps vitré, la rétine.

La rétine contient différents types de cellules photosensibles :

- les bâtonnets, responsables de la vision nocturne,
- les cônes, responsables de la perception de la couleur.

Les cônes renferment trois sortes de pigments : cyanolabe, érythrolabe et chlorolabe. Ces trois pigments sont respectivement sensibles à des longueurs d'onde de 570, 530 et 440 nm correspondant aux couleurs rouge, verte et bleue. L'existence de ces trois pigments dans les photorécepteurs des cônes fournit une base à la théorie trichromatique de la perception des couleurs.

Une image est numérisée lorsqu'elle est échantillonnée et quantifiée selon une forme qui peut être lue par un ordinateur. En général, pour exprimer un équivalent numérique d'une image

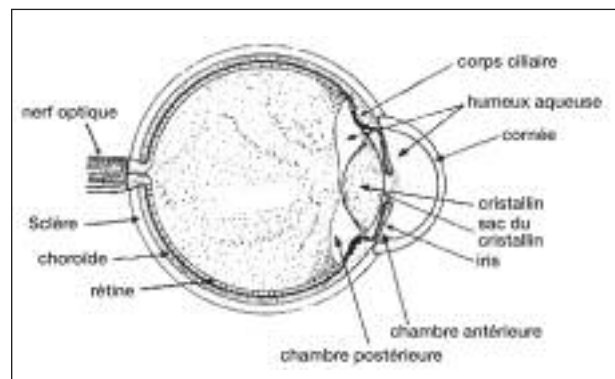


FIGURE 1 : Coupe sagittale de l'œil humain

monochrome, on considère une échelle de 256 niveaux, codée sur 8 bits (le bit étant la plus petite donnée pouvant être lue par un ordinateur). La description d'une image couleur RVB (rouge, verte, bleue) avec la même définition impose 8×3 bits, soit 24 bits, soit 256×256 combinaisons possibles, soit 16 777 216 couleurs différentes pour un point de l'image.

Dans une image couleur, chaque pixel, point élémentaire de l'image aura sa couleur définie sur 24 bits. Comme la définition de caméra rencontrée est en général de 512×512 , nous aurons donc 262 144 pixels définis sur 16 777 216 couleurs.

ANALYSE D'IMAGES

Un système d'analyse d'images va avoir deux possibilités : soit travailler sur une image définie en niveaux de gris, soit travailler sur une image couleur.

Le travail sur une image en niveaux de gris (noir et blanc) demande un équipement moins important que le travail sur une image couleur, que ce soit pour l'utilisateur d'une caméra, d'une carte d'acquisition d'image ou d'un logiciel.

Pour un système d'analyse d'images, une image couleur résulte de la superposition de trois images en niveaux de gris, une pour la composante rouge, une pour la composante verte et la troisième pour la composante bleue. C'est la superposition de ces trois images qui donnera l'image

couleur. Un exemple est donné avec une tranche de jambon à la **figure 2**. Cette situation est mise en évidence par l'emploi d'un logiciel, tel que Scion où une image couleur est présentée sous la forme de ces trois composantes.

Différents logiciels sont actuellement disponibles gratuitement sur Internet et permettent de tester la faisabilité d'hypothèse. Il s'agit d'outils d'analyse puissants développés par des universités. Les différentes études d'analyse qui vont vous être présentées, ont été réalisées avec ces logiciels. Ils permettent une automatisation des tâches mais ne possèdent que des langages interprétés qui nécessitent le passage par le logiciel d'origine (pas de programme directement exécutable). Le plus renommé de ces logiciels est Scion (http://www.scioncorp.com/frames/fr_scion_products.htm), mais l'on trouve également ImageTool (<http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>) et ImageJ (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>).

Ces programmes permettent de réaliser les premières étapes d'une étude et d'évaluer la faisabilité de celle-ci sans investissement excessif, sachant que dans 90 % des cas, c'est la qualité du signal émis, à savoir, la valeur discriminante de l'image, qui est le facteur limitant. Cette valeur discriminante de l'image dépend des

technologies mises en jeu lors de la fabrication du produit. Le technologue joue un rôle prépondérant pour décider quand et comment prendre l'image pour que celle-ci soit la plus discriminante possible.

Nous nous limitons aux images obtenues avec les caméras couleur et noir et blanc, ou les scanners. Il est à remarquer qu'une caméra noir et blanc peut donner des images couleurs grâce à l'utilisation de filtres rouge, vert et bleu permettant une analyse successive de différentes composantes rouge, verte et bleue de la couleur. Cette approche peut être intéressante si une seule composante de la couleur est utilisée dans l'analyse ultérieure. Ceci permet de faire une économie, car un système d'analyse noir et blanc est moins onéreux et plus rapide qu'un système couleur. Les systèmes d'analyse mis en œuvre après d'autres capteurs tel que le caméra infra rouge et X sont comparables à ceux ici présentés.

L'analyse d'images va permettre l'étude de la composante "forme" de l'objet et de la composante "couleur" de l'objet. L'analyse de la composante "couleur" ne peut se faire sans référence au repère Lab, base de toute la bibliographie de l'étude de la couleur dans la viande.

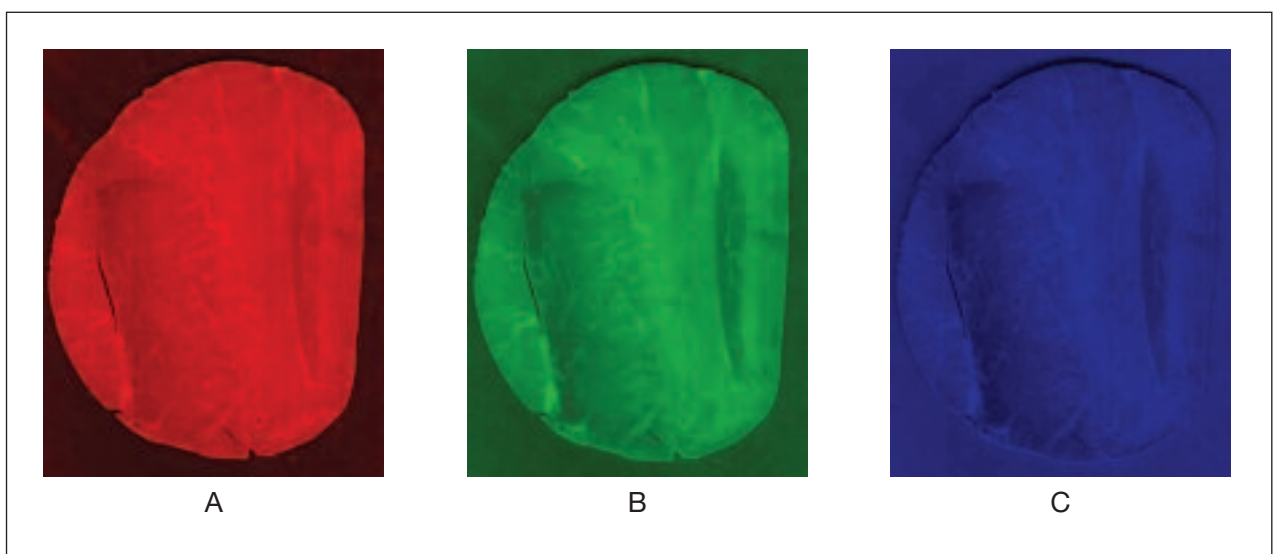


FIGURE 2 : Représentation du tri chromatique d'une tranche de jambon. A composante rouge, B composante verte, C composante bleue

L'analyse d'images dans les industries de transformation de la viande

Principes et applications

Il existe d'autres référentiels de mesure de la couleur et, en particulier le système X, Y, Z. Ces deux systèmes sont en étroite relation. Le repère $L^*a^*b^*$ a été défini en 1976 par la Commission Internationale de l'Eclairage (Honikel 1998 et AMSA 1991) :

- la composante clarté allant du blanc au noir : L^* ,
- la composante chromatique allant du rouge au vert : a^* ,
- la composante chromatique allant du jaune au bleu : b^* .

Le système Lab est obtenu par les équations :

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

$$A^* = 500 ((X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3})$$

$$B^* = 200 ((Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3})$$

Où X, Y et Z sont similaires aux couleurs rouge, verte et bleue du système chromatique de la caméra, X_n , Y_n et Z_n étant les couleurs références.

Dans la viande, les composantes a^* et b^* sont normalement positives et correspondent respectivement à l'indice de rouge et à l'indice de jaune.

De nombreux travaux ont été consacrés à l'étude de la relation entre les composantes de la couleur et le comportement en transformation de la viande. Il y a quelques années, la mesure se faisait manuellement tant sur la volaille (Barbut 1998 ; Boutten *et al.* 2003) que sur le porc

(Jacquet *et al.*, 1984, Franck *et al.*, 2000) puis des systèmes automatisés ont été testés tant sur la volaille (Sebastian *et al.*, 2003) que sur le porc (Marty-Mahé *et al.*, 1999). À titre indicatif, la **figure 3** représente la relation que nous avons obtenue sur des pectoraux de poulet entre la composante L^* mesurée avec un illuminant D65 et un observateur standard à 10° et une caméra couleur Sony digital HAD. Chaque point représente une valeur moyenne obtenue sur 20 échantillons de pectoral de poulet.

Cette relation nous montre que des résultats obtenus avec des systèmes de mesure utilisant l'échelle Lab peuvent être transposés aux indices de couleur obtenus avec une caméra sur site.

L'analyse de la composante "forme" peut être réalisée de différentes manières :

- soit en réalisant des analyses de reconnaissance de forme qui sont exigeantes en terme de puissance de calcul et qui ralentissent fortement les systèmes d'analyse, elles paraissent difficilement applicables dans une situation de tri en ligne.
- soit en réalisant des niveaux de seuillage sur les différentes composantes RVB de l'image couleur qui présentent l'avantage d'être extrêmement rapide.

Un exemple peut être donné dans un système de tri en ligne de tranche de jambon cuit. L'image de la tranche présente trois composantes rouge, verte et bleue. L'analyse de différents niveaux de seuillage sur la composante rouge permet facilement d'extraire les trous. La composante rouge est transformée en niveaux de gris (256 niveaux de gris) puis l'on procède à un seuillage sur ces différents niveaux (**figure 4**). La **figure 5** présente le résultat de cette analyse. Un tri des trous retenus réalisé sur la taille nous permet ainsi de nous affranchir des interférences (taille trop petite) et du fond (taille trop importante).

Une autre approche de cette analyse sur le niveau de seuillage par séparation de couleur peut être réalisée sur le gras ou sur le conjonctif présent dans le jambon cuit (persillé). Elle est

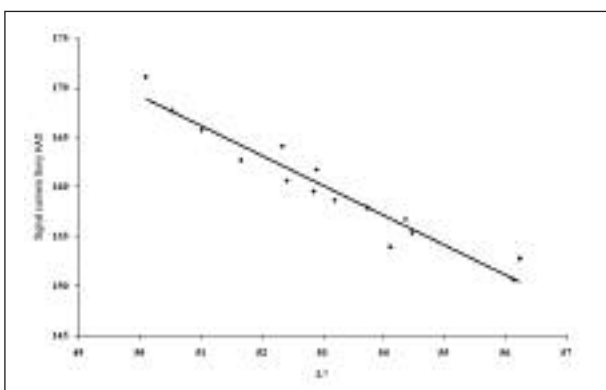


FIGURE 3 : Relation entre la composante L^* de la couleur mesurée par un spectrophotomètre Minolta et le signal mesuré par une caméra Sony digital HAD ($r^2 = 0.93$)

plus délicate à mettre en place compte tenu de l'hétérogénéité de la couleur des muscles de la tranche de jambon, certains muscles étant plus pâles que d'autres (figure 6).

CONCLUSION

Les possibilités de l'analyse d'images dans l'industrie de transformation de la viande sont multiples :

- évaluation de la qualité de la viande (problème des viandes PSE dans la fabrication du jambon cuit supérieur),
- des défauts de couleur tant au niveau de la matière première (pétéchie) que du produit fini (bicolorisme),
- non-conformité dimensionnelle (trou dans une tranche de jambon).

Elle permet une automatisation des tâches mais également une quantification d'approches empiriques du technologue. C'est une technique relativement souple et peu encombrante qui voit son coût diminuer simultanément avec la démocratisation de l'informatique.

Les principaux problèmes rencontrés pour son implantation sont : la formulation et l'adaptation de la démarche du technologue à l'analyse

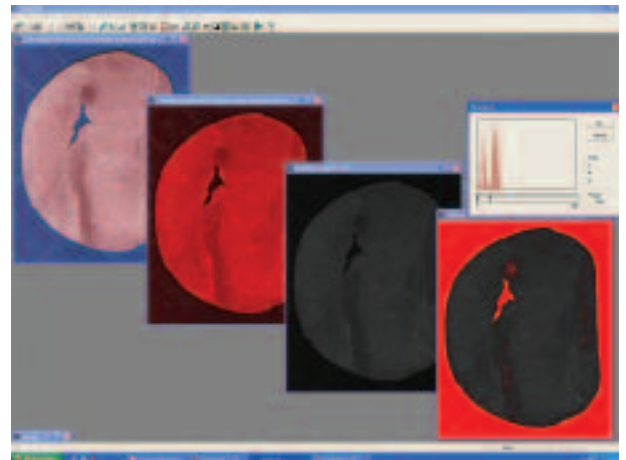


FIGURE 4 : Différentes étapes de l'extraction des trous d'une tranche de jambon avec le logiciel Imagetool

d'images, un environnement peu favorable à ce type de matériel électronique et la difficulté d'obtenir des images de bonne qualité.

LIENS UTILES

Analyse d'images

<http://www.emse.fr/fr/transfert/spin/formation/ressources/sam96/fichierspdf/animage.pdf>

Formation et analyse d'images

<http://www-prima.inrialpes.fr/Prima/jlc/Courses/2001/ENSI3.FAI/ENSI3.FAI.S2.pdf>

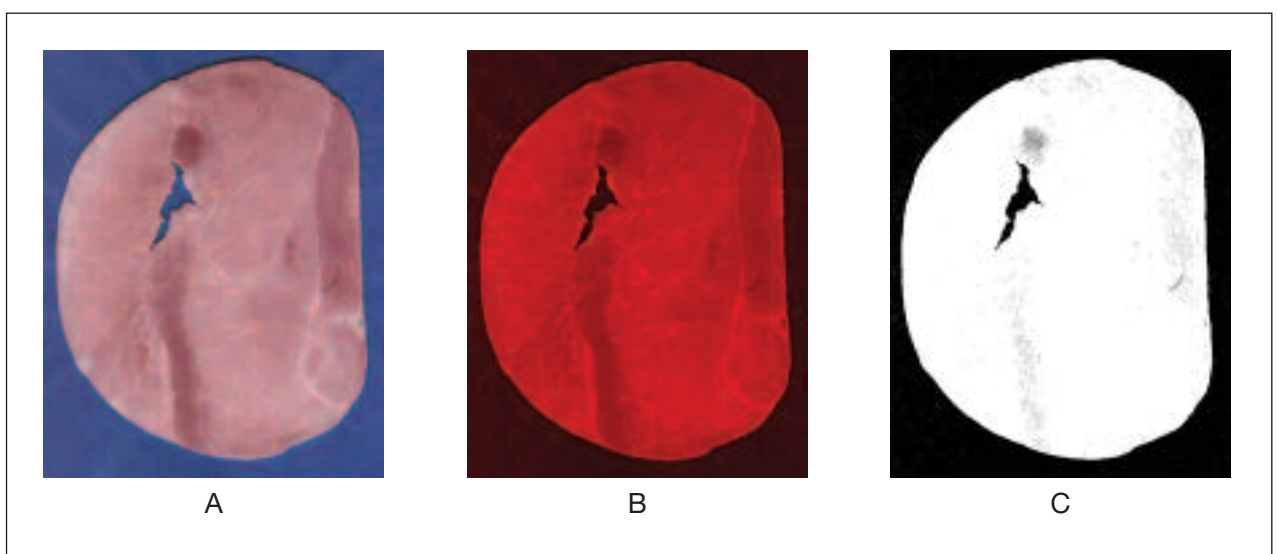


FIGURE 5 : Extraction de trous d'une tranche de jambon cuit. A image couleur, B composante rouge, C objet analysé

L'analyse d'images dans les industries de transformation de la viande

Principes et applications

Logiciel SCION

(http://www.scioncorp.com/frames/fr_scion_products.htm)

Logiciel Imagetool

<http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>

Logiciel imageJ

<http://rsb.info.nih.gov/ij/>

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AMSA. *Guidelines for meat color evaluation*. American Meat Science Association and National Livestock and Meat Board, 1991, Chicago, IL.

S. BARBUT. *Estimating the magnitude of the PSE problem in poultry*. J. Musc Foods, 1998, 9, 35-49.

B. BOUTTEN, M. PICARD, I. BOUVAREL, L. MEKHTICHE, P. LARROUDÉ, B. BARRIER-GUILLOT, L. ROFFIDAL. Influence du pH et de la couleur du blanc de poulet sur le comportement en transformation en pièce cuite saumurée. *Journées de la Recherche Avicole en France*, 2003, 441-444

M. FRANCK, G. MONIN, C. LEGAULT. Observations complémentaires sur le jambon

déstructuré, caractérisation du phénomène par le pH et la couleur du muscle semi-membraneux. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 2000, 345-349.

K.O. HONIKEL. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 1998, 49, 4, 447-457.

B. JACQUET, P. SELIER, J.P RUNAVOT, D. BRAULT, Y. HOUIX, C. PERROCHEAU, J. GOGUE, J. BOULARD. Prédiction du rendement technologique de la fabrication du jambon de Paris à l'aide de mesures prises à l'abattoir. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 1984, 49-58.

P. MARTY-MAHE, D. LEGEARD, P. LOISEL, P. MARCHAL. Evaluation, par vision numérique, de la qualité de jambons frais. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 1999, 309-313.

I. SEBASTIAN, V. SANTE, P. MARTY-MAHE, P. LOISEL, D. BROSSARD, G. LE POTTIER, G. MONIN. Utilisation de la mesure de couleur par vision numérique pour le tri en ligne des filets de dinde destinés à la transformation par saumurage et cuisson. *Journées de la Recherche Avicole en France*, 2003, 465-468.

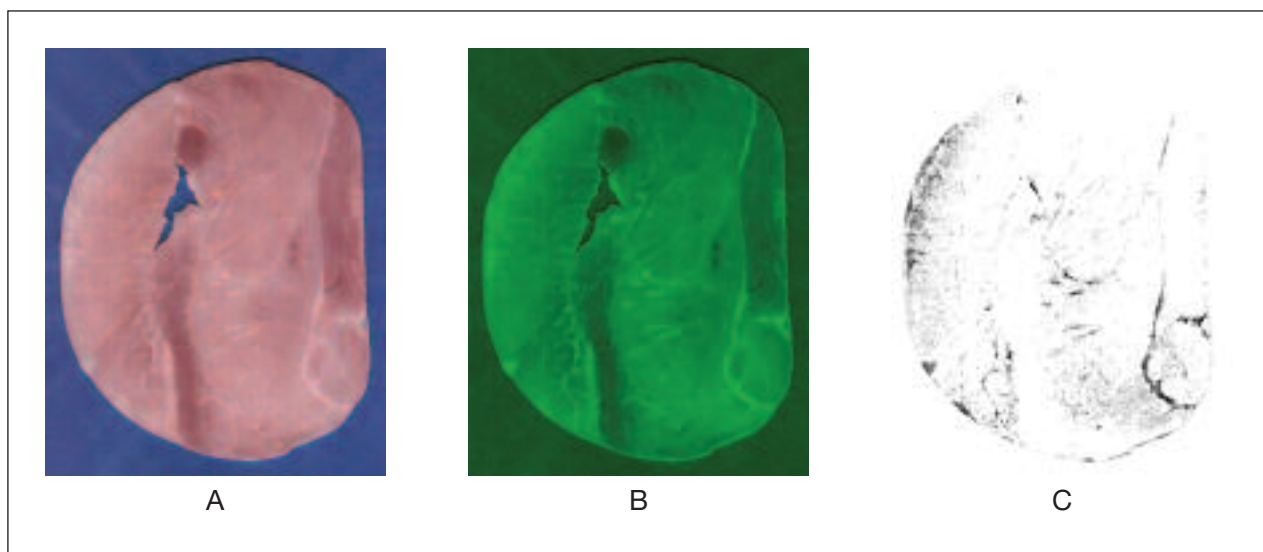


FIGURE 6 : Extraction de persillé d'une tranche de jambon. A image couleur, B composante verte, C objet analysé