

# Évaluation, par vision numérique, de la qualité de jambons frais

## Mesure du gras de couverture et évaluation de la couleur

*Pascale MARTY-MAHÉ (1), D. LEGEARD (2), Ph. LOISEL (1), Ph. MARCHAL (1)*

*(1) CEMAGREF, Unité de Recherche Technologie des Équipements Agro-Alimentaires  
17, avenue de Cucillé, CS 64427, 35044 Rennes Cedex*

*(2) Société ONNO, Parc d'Activité Tréhonin Le Sourn, 56302 Pontivy Cedex*

### **Évaluation, par vision numérique, de la qualité de jambons frais. Mesure du gras de couverture et évaluation de la couleur.**

Nous avons développé un outil de vision numérique couleur permettant de quantifier de façon objective la qualité de jambons frais sur la chaîne d'approvisionnement d'une unité de fabrication de jambons cuits en terme de mesure du gras de couenne et d'évaluation de la couleur.

Le système d'acquisition et de traitement d'images délivre des informations sur la conformation et l'aspect des jambons frais. Des méthodes algorithmiques permettent de détecter, de localiser et de mesurer automatiquement le gras de couverture et la couleur des muscles profond et supérieur sur la coupe du jambon. Ces méthodes sont validées sur différents jeux d'images tests et donnent des résultats qui nous permettent d'envisager leur implantation sur un système temps réel opérationnel sur chaîne industrielle.

### **Evaluation of fresh ham quality by digital imaging. Measurement of fat cover and meat colour**

We have developed a colour digital imaging system to quantify objectively the quality of fresh ham on the production line of a factory producing cooked ham. The system measures rind fat depth and meat colour.

The acquisition and image processing system gives information on the conformation and appearance of fresh ham. Algorithmic methods allow the detection, the localisation and the automatic measurement of fat cover and the colour of superficial and deep muscles on a cross-section of ham. The methods have been compared with different groups of test pictures and give results which suggest that the system can be used on-line in a processing plant.

## INTRODUCTION

Les jambons frais sont actuellement triés manuellement à l'approvisionnement des chaînes de fabrication de jambon cuit selon leur qualité. Les critères de qualité actuels retenus sont le poids, le pH, les défauts sur la couenne, l'épaisseur de gras sous-cutané, la couleur et l'homogénéité de couleur de la viande.

L'objectif de ce travail de recherche, en collaboration avec un industriel charcutier salaisonnier et un industriel de la vision numérique, est de mettre au point un système de vision temps réel permettant une caractérisation rapide de la qualité des jambons frais en tête d'une chaîne d'approvisionnement d'unité de fabrication de jambons cuits.

L'enjeu est de permettre la prise en compte objective de critères de qualité pour la gestion de l'approvisionnement en matière première de l'unité de fabrication de jambons cuits. Par ailleurs l'industriel pourra optimiser la transformation des jambons selon leur qualité.

## 1. DÉFINITION DE LA QUALITÉ DES JAMBONS POUR LA FABRICATION DE JAMBON CUIT

Dans ce projet, la qualité des jambons frais se définit en terme d'épaisseur du gras sous la couenne et en terme d'aspect couleur, couleur du muscle supérieur et de différence de couleur du muscle profond par rapport au muscle supérieur. La vision numérique est utilisée pour évaluer ses critères de qualité du produit de façon objective et répétable.

Dans cet article seront présentées les méthodes de localisation et de mesure du gras sous la couenne et les méthodes d'évaluation de la couleur des jambons par vision numérique.

## 2. DISPOSITIF DE VISION NUMÉRIQUE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ

Après la définition des critères à quantifier et une étude de faisabilité, nous avons étudié un dispositif d'acquisition et de traitement d'image pouvant être implanté sur chaîne d'approvisionnement. Il comporte 2 sous-systèmes :

- d'acquisition d'images
- de traitements d'images

### 2.1. Le système d'acquisition d'images couleur

L'objectif de ce système est d'acquérir des images couleur du jambon sur un convoyeur d'approvisionnement de jambons frais. Ce système doit assurer une uniformité de l'éclairage et éviter le problème de réflectance sur le produit qui représente une scène de 40 cm sur 50 cm.

#### 2.1.1. Le dispositif

Il comprend

- un système d'éclairage diffus et homogène
- une caméra Sony Tri CCD 003 d'une résolution de 752(h)x582(v) munie d'un objectif 12 mm Cosmicar-Pentax
- une réglette japonaise est placée dans le plan d'acquisition des images de jambon. Elle comporte 6 plots de cou-

leur permettant d'identifier l'état de la viande de porc comme étant PSE (viande pâle, molle, exsudative), normale ou DFD (viande sombre, ferme, sèche)

- une mire géométrique
- un fond noir

Le tout est disposé dans un tunnel noir, afin de maîtriser parfaitement l'éclairage.

- une carte d'acquisition et de numérisation d'images: la carte EDX 512 C de la société Edixia est montée sur un bus VME. Cette carte a une résolution de 512x512 pixels avec 7 bits par pixel pour chaque composante couleur

#### 2.1.2. Réglage du dispositif

Les différents éléments du dispositif sont réglés pour assurer un éclairage uniforme sur le champ de l'image correspondant à l'emplacement du jambon et de la réglette japonaise qui constituent la zone centrale de l'image d'une dimension environ de 40 cm\*50 cm. L'uniformité est vérifiée sur une image d'un fond blanc sur la composante I (intensité) par une segmentation à un niveau d'intensité de 140 avec une tolérance de 5 %.

Par ailleurs les gains Rouge et Bleu de la caméra sont réglés de façon à avoir sur les composantes Rouge Vert Bleu d'une image de fond blanc des niveaux égaux.

Les images sont acquises dans le système HSI (teinte, saturation, intensité) du système EDIXIA EDX 512 C.

## 2.2. Les traitements d'images

### 2.2.1. Les traitements sur la localisation du gras sur la tranche des jambons frais

Notre but est de détecter le gras sous la couenne et d'en mesurer l'épaisseur.

Dans un premier temps, on effectue une segmentation des différents objets de l'image : fond, jambon, plots de la réglette et mire géométrique. Une segmentation sur la composante H (teinte) et sur la composante I (intensité) ( $H = 254$  : classe de rejet du système Edixia et  $I < 50$ ) permet de localiser le fond de l'image.

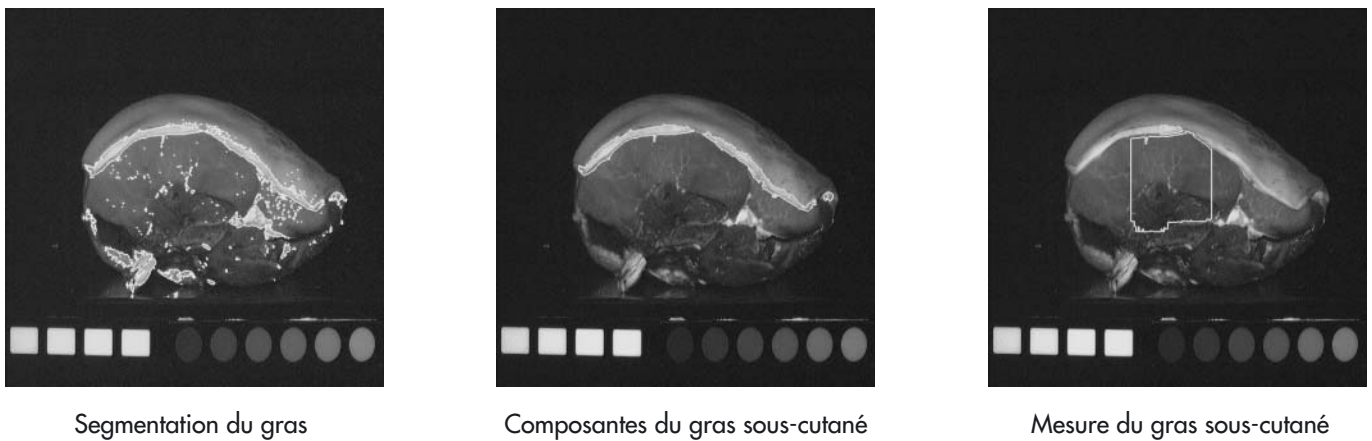
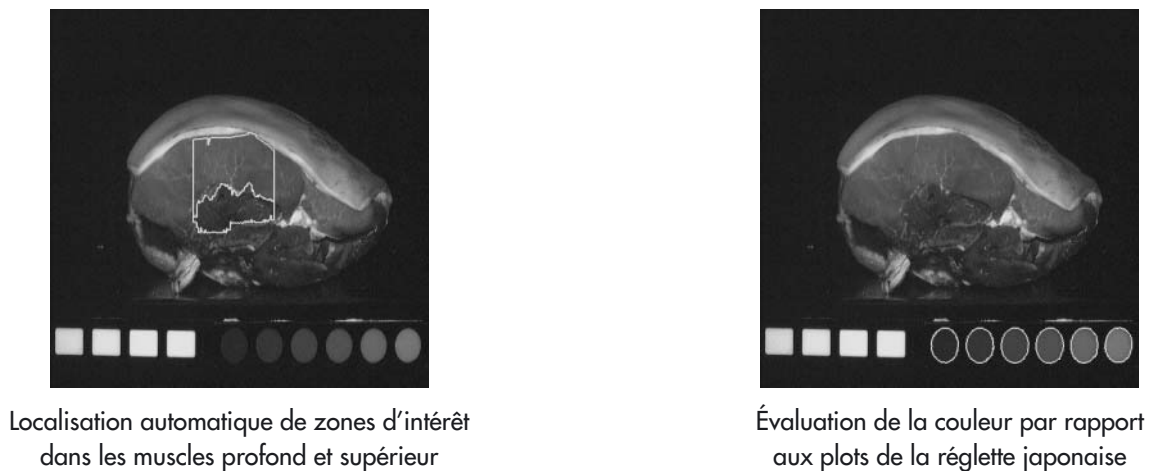
Une segmentation sur le plan S par apprentissage sur la composante jambon permet d'isoler le gras (sous cutané, intermusculaire et intramusculaire) (figure 1). Les composantes de gras sous-cutané sont localisées comme étant les plus hautes dans l'image.

Ce qui permet d'obtenir le masque du gras sous-cutané sur lequel différentes mesures peuvent être effectuées, la hauteur moyenne sur une zone d'intérêt au dessus de l'os du quasi a été retenue pour évaluer l'épaisseur de gras sous-cutané. (figure 1).

### 2.2.2. Les traitements sur la localisation de zone d'intérêt pour la mesure de la couleur des muscles

Une zone d'intérêt d'une largeur de 190 à 200 pixels est retenue de part et d'autre du centre de gravité de la composante jambon, le centre de gravité de la zone de viande se trouvant à proximité de l'os du quasi.

Sur les profils colonne de cette zone d'intérêt sur la composante jambon, la transition entre l'os du quasi et muscle profond se

**Figure 1** - Segmentation et mesure du gras sous-cutané**Figure 2** - Localisation et évaluation de la couleur des muscles profonds et supérieurs

caractérise par un passage de l'intensité forte à une intensité faible, le muscle profond étant plus sombre que l'os du quasi. La transition entre l'os du quasi et le muscle profond est calculée par un algorithme faisant le lissage de l'image et le calcul du gradient sur la composante I (intensité) sur les profils colonne, basé sur la méthode de SHEN et CASTAN (1992).

Dans la zone d'intérêt d'une largeur de 100 pixels comprise entre la transition entre l'os du quasi et du muscle profond et le gras sous-cutané, un algorithme basé sur la méthode d'OTSU (1979) permet de trouver la transition entre le muscle profond et le muscle supérieur. (figure 2)

### 2.2.3. Évaluation de la couleur des muscles profond et supérieur

Sur chaque image, la valeur moyenne des pixels des plots de la réglette japonaise est calculée en Teinte, Saturation, Intensité (HSI). Une ACP sur ces valeurs donne le premier axe d'inertie qui caractérise les plots de la réglette suivant la méthode de KARHUNEN (1960).

Dans chaque zone d'intérêt du muscle profond et du muscle

supérieur, la valeur moyenne est calculée à partir des valeurs des pixels en HSI et projetée sur le premier axe d'inertie de la réglette pour donner une note de couleur au muscle profond et supérieur par rapport aux plots de la réglette (figure 2).

## 3. LES RÉSULTATS

Le dispositif d'acquisition d'images et les méthodes de traitements d'images ont été expérimentés sur une chaîne d'approvisionnement sur des lots de jambons de provenance française ou danoise, le type de découpe étant différent.

Deux types d'expérimentations ont été réalisés :

- l'une étant le classement de 10 jambons visuellement sur la couleur du muscle supérieur et du muscle profond, du plus clair au plus sombre par 4 opérateurs et par traitement d'image. Les résultats sont présentés sur le tableau 1.

Le classement automatique sur la couleur du muscle supé-

**Tableau 1** - Classement de 10 jambons  
selon la couleur par la machine de traitement d'image et 4 opérateurs

N° jambon	Automatique	Opérateur 1	Opérateur 2	Opérateur 3	Opérateur 4
<b>Sur le muscle profond</b> (classements du plus sombre au plus clair)					
101	9	10	9	10	10
103	10	9	10	9	9
104	8	8	8	8	6
105	7	6	4	7	4
106	3	5	5	5	5
125	4	7	6	6	7
126	6	4	3	3	8
127	5	3	4	4	2
128	2	1	1	2	3
129	1	2	2	1	1
<b>Sur le muscle superficiel</b> (classements du plus sombre au plus clair)					
101	9	8	8	8	8
103	10	10	10	10	10
104	8	9	9	9	7
105	6	5	6	6	4
106	7	7	7	7	9
125	5	6	5	5	5
126	3	3	3	3	3
127	4	4	4	4	5
128	1	1	1	1	1
129	2	2	2	2	2

rieur est équivalent à une inversion près sur les jambons (101, 103) due à des notes automatiques de couleur très proches, aux classements de 2 opérateurs (opérateurs 2 et 3) sur 4 et très proche du classement de l'opérateur 1 (le classement du 4<sup>e</sup> opérateur étant très différent de celui des autres opérateurs).

Par contre les comparaisons sur le classement de la couleur des muscles profonds donnent des résultats médiocres car les évaluations sont beaucoup plus difficiles à effectuer de façon visuelle.

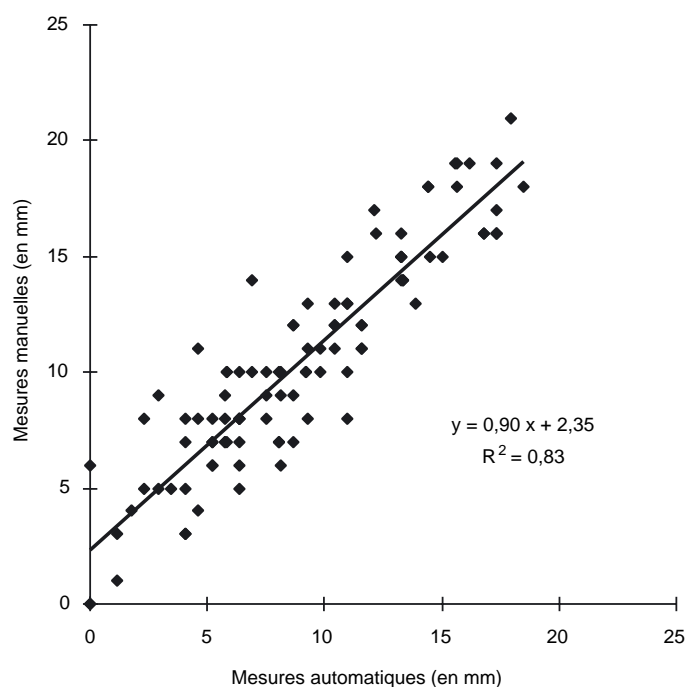
- l'autre expérimentation porte sur des lots expérimentaux comprenant au total 100 jambons de coupe française et danoise.

Des mesures d'épaisseur de gras sous-cutané ont été faites manuellement au droit de l'os du quasi et automatiquement par traitement d'images et donnent les résultats présentés sur la figure 3. Une bonne corrélation a été trouvée sur ces lots entre la mesure manuelle et la mesure automatique par traitement d'image. La constante de l'équation de la régression linéaire pouvant être expliquée par le fait que la mesure manuelle du gras incluait l'épaisseur de couenne alors que la mesure automatique excluait l'épaisseur de la couenne.

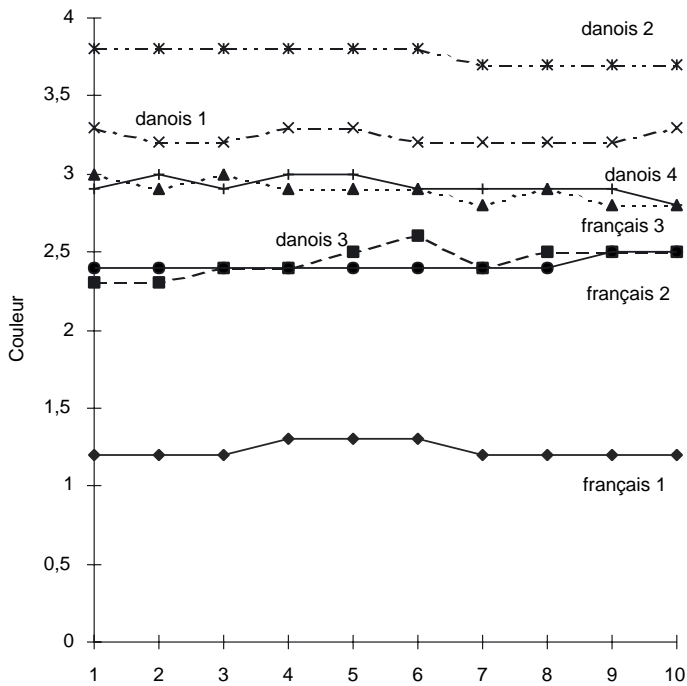
Par ailleurs, en faisant passer 10 fois dans le système d'acquisition d'image un lot de jambon, des essais de répétabilité des mesures automatiques par traitement d'image ont été réalisés tant sur l'évaluation couleur (figure 4) que sur la mesure de l'épaisseur de gras (figure 5) et donnent une bonne précision des mesures automatiques.

Les performances actuelles du prototype permettent d'acquérir et de traiter une image de jambon pour donner une épaisseur de gras et des notes de couleurs des muscles en moins de 4 secondes.

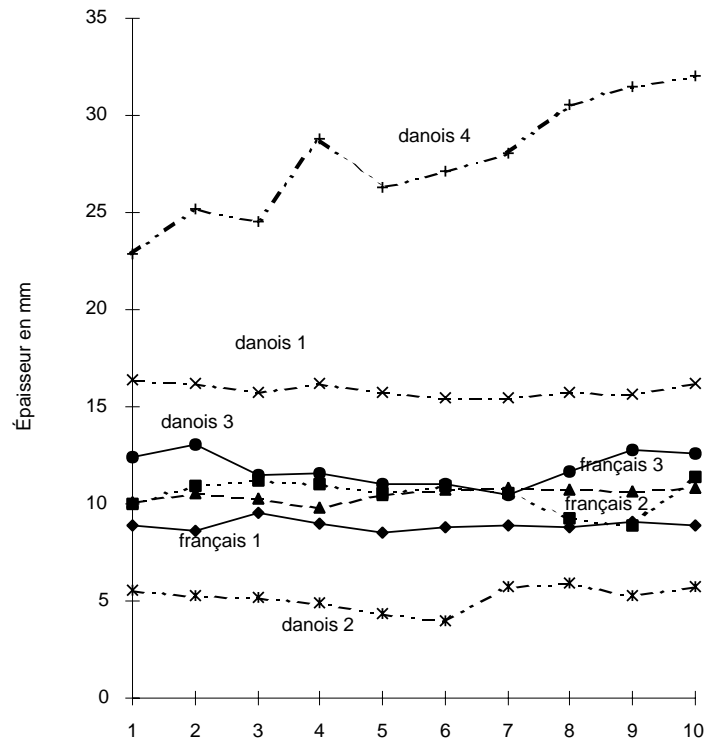
**Figure 3** - Mesures de l'épaisseur de gras sous-cutané  
(Régressions linéaires entre mesures manuelles  
et mesures automatiques)



**Figure 4** - Répétabilité de la mesure de couleur du muscle profond



**Figure 5** - Répétabilité de la mesure automatique de l'épaisseur de gras



## CONCLUSIONS

La vision numérique permet de quantifier de façon objective la qualité des jambons frais, aussi bien en ce qui concerne la mesure de l'épaisseur de gras sous-cutané que la couleur des muscles supérieur et profond.

Les tests du système élaboré donnent des résultats probants.

Les méthodes de mesures du gras et de la couleur sont stables, précis et donnent des résultats répétables.

La mise au point et la validation des différents algorithmes sur des jeux d'images différents étant effectuées et donnant des résultats satisfaisants nos efforts porteront à l'avenir sur l'implantation en ligne de ce système pour le tri industriel des jambons.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- OTSU N., 1979. A threshold selection method from gray-level histograms, IEEE Trans. on SMC, 9 (1), 62-66,
- SHEN J., CASTAN S., 1992. CVGIP, 54, 112-133.
- KARHUNEN K., 1960. On Linear Methods in Probability Theory, T-131, RAND Corp., Santa Monica Cal., U.S.A.