



## ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE CARCASSES DE DINDE PAR VISION NUMÉRIQUE : DÉTECTION DES DÉFAUTS D'ASPECT

### GRADING TURKEY CARCASS BY COLOR MACHINE VISION : COLOR DEFECTS DETECTION

par Pascale **Marty-Mahé (\*)** et Philippe **Marchal (\*)**

#### RÉSUMÉ

Le CEMAGREF élabore un outil de vision numérique couleur permettant de quantifier de façon objective le rendement et la qualité des carcasses de dinde sur chaîne d'abattage. Le système d'acquisition et de traitement d'images délivre des informations sur l'aspect des carcasses. Différentes méthodes algorithmiques permettent de détecter et de localiser automatiquement les différents défauts d'aspect. Ces méthodes sont validées sur différents jeux d'images tests et donnent des résultats qui nous permettent d'envisager leur mise en œuvre sur un système temps réel opérationnel sur chaîne d'abattage.

**Mots clés :** carcasse, dindon, contrôle de qualité, défaut, classement, méthode.

#### SUMMARY

CEMAGREF develops an appraisal tool to grade lots of turkey carcasses on suspension chain by color machine vision. The quality of the carcasses can be appraised by different appearance features. The feature extraction procedures use color segmentation methods. The quality of our results shows that coloured defects detection methods can be used efficiently in processing plants.

**Key words :** carcasses, turkeys, quality control, defects, grading, methods.

#### INTRODUCTION

L'objectif de ce travail de recherche, en collaboration avec les industriels de la filière dinde, est de mettre au point un système de vision en temps réel permettant une caractérisation rapide de la qualité des carcasses de dinde sur chaîne d'abattage.

L'enjeu est de permettre la prise en compte objective de critères de qualité dans le dialogue entre abatteurs et éleveurs. En effet, sur la base d'informations précises sur la qualité des lots livrés à l'abattoir, les éleveurs pourront prendre des mesures pour améliorer les conditions d'élevage et de ramassage. Par ailleurs, les abatteurs pourront optimiser la gestion de l'abattoir et planifier la transformation des lots selon leur qualité.

(\*) CEMAGREF, Groupement de Rennes, Division Technologie, 17, avenue de Cucillé, 35044 Rennes Cedex.  
C. R. Acad. Agric. Fr., 1997, 83, n° 2, pp. 128-136

## 1. DÉFINITION DES CRITÈRES DE QUALITÉ DES CARCASSES DE DINDE SUR CHAÎNE D'ABATTAGE

Dans ce projet, la notion de qualité est restrictive et des critères ont été définis en collaboration avec les industriels de la filière dinde. Les critères d'évaluation de la qualité d'un lot de carcasses de dinde retenus sont des critères liés à la conformation et des critères d'aspect liés à la présence ou à l'absence de défauts. L'ensemble des défauts d'aspect apparaissant sur les carcasses de dinde sur la chaîne d'abattage ont été définis en collaboration avec les industriels de la filière dinde dans le Guide des défauts d'aspect des carcasses de dinde (8). La vision numérique est utilisée pour évaluer ces critères de façon objective.

Dans cet article seront présentées les méthodes de détection des défauts d'aspect. Les méthodes d'évaluation des caractéristiques morphologiques des carcasses font l'objet des articles 6 et 7.

On distingue les défauts systémiques et les défauts locaux. Les défauts dits systémiques atteignent l'ensemble de la carcasse, comme par exemple pour les dindes cachectiques, dindes cadavériques qui se distinguent par une couleur violette de l'ensemble de la carcasse. Les défauts locaux (picages, hématomes anciens ou récents, ampoules du bréchet) atteignent une partie de la carcasse.

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

Au vu des critères à déterminer, de préétudes en vision monochrome et d'études bibliographiques sur la classification de produits biologiques par vision numérique (1, 2, 5, 9 et 10), nous avons opté pour un système de vision couleur. Le dispositif comporte deux sous-systèmes :

- un système d'acquisition d'images,
- un système de traitement d'images.

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

L'objectif de ce système est d'acquérir des images couleur de carcasses sur chaîne d'abattage, en évitant les problèmes d'ombres et de réflectance sur une scène de 50 cm sur 70 cm.

Le dispositif comprend :

- un **système d'éclairage** diffus et homogène constitué d'un flash de température de couleur 5600 °K, d'un réflecteur et d'un diffuseur de lumière ;
- une **caméra** Sony Tri-CCD DXC 930 P d'une résolution de 752(h)x582(v) munie d'un objectif Canon PH12x7,5 - 90 mm.

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 IA 512 C de la société **Edixia** est montée sur un bus VME. Cette carte permet l'acquisition d'images d'une résolution de 512x512 pixels avec 7 bits par pixel pour chaque composante couleur.

## 2.2. Le système de traitement d'images

### 2.2.1 Les prétraitements

**L'étalonnage du système** : l'étalonnage couleur est effectué à l'aide de 10 plaquettes de calibrage couleur **Minolta** CRA47 dont on connaît les caractéristiques  $Y_{xy}$  pour un illuminant C et D65. Les coordonnées XYZ sont calculées à partir des coordonnées  $Y_{xy}$ .

**La transformation RVB-L\*a\*b\*** (figure 1) : le repère colorimétrique L\*a\*b\* a été retenu, car, dans ce repère, il est possible de calculer des distances euclidiennes pour évaluer des différences de couleur. On réalise une transformation RVB (Rouge, Vert, Bleu)-L\*a\*b\* en deux temps. On passe d'abord des coordonnées RGB aux coordonnées XYZ par une transformation linéaire. La matrice de passage de RVB à XYZ est obtenue par régression linéaire multiple entre les coordonnées RVB et XYZ des différentes plaquettes.

On applique ensuite une transformation non linéaire XYZ-L\*a\*b\* issue des ouvrages (3) et (12) :

$$\begin{aligned}L^* &= 116 \cdot f(Y/Y_n) - 16 \\a^* &= 500 ( f(X/X_n) - f(Y/Y_n) ) \\b^* &= 200 ( f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n) )\end{aligned}$$

où  $(X_n, Y_n, Z_n)$  sont les coordonnées du blanc nominal.

et  $f(x) = \sqrt[3]{x}$  si  $x > 0,008856$

$$f(x) = 7,787 \cdot x + 16 / 116 \text{ sinon.}$$

### 2.2.2. Les traitements sur l'aspect des carcasses

Notre but est de détecter les défauts systémiques et les défauts locaux sur la carcasse.

Les **défauts systémiques** sont détectés par des mesures globales des caractéristiques colorimétriques de la carcasse.

Les **défauts locaux** sont localisés par des méthodes de segmentation couleur permettant de partager l'espace des couleurs en sous-ensembles d'éléments plus ou moins proches colorimétriquement.

Chaque classe correspond soit à la peau saine, soit à un type de défaut coloré.

Deux types de méthodes sont utilisés pour détecter les **défauts locaux** :

- des **méthodes automatiques** traitant directement une image sans connaissance a priori des classes recherchées ;

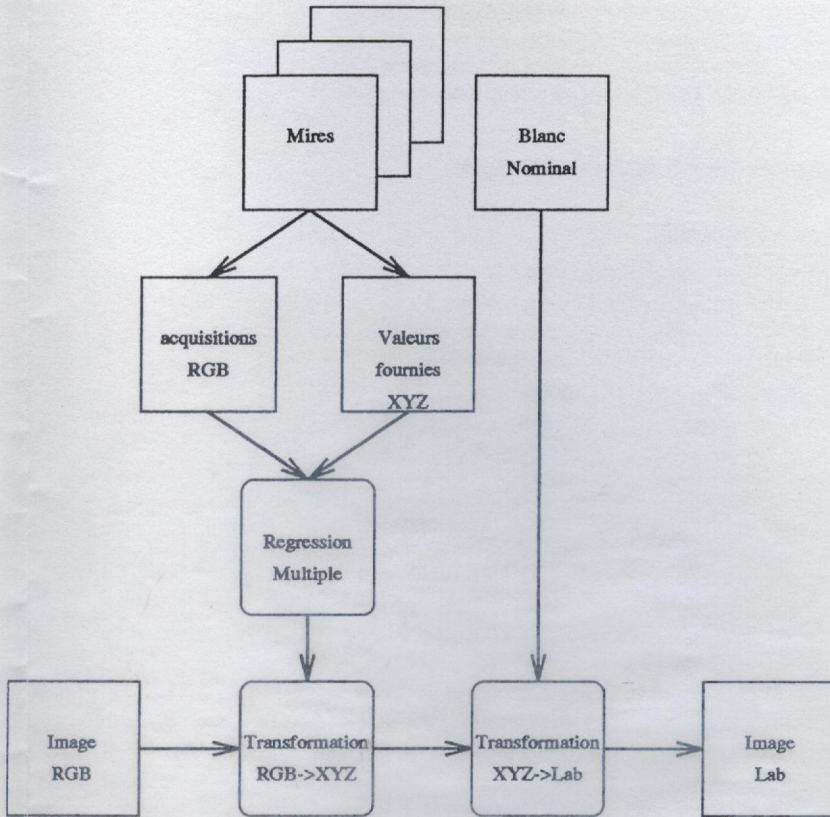


Figure 1 : Conversion de l'espace RGB vers l'espace L\*a\*b\*.  
Figure 1 : RGB - L\*a\*b\* transformation.

- des **méthodes supervisées** comportant une phase d'apprentissage (définissant des caractéristiques "couleur" des différentes régions recherchées dans la scène: fond, peau saine, défauts...) et une phase de classification de l'image.

Sur la base de ces deux types de méthodes, différents algorithmes ont été développés.

**\* Des algorithmes de segmentation automatique par calcul de la distance à la peau saine**

Un **critère de peau saine**, couleur dominante de la carcasse, peut être obtenu de deux façons différentes :

- par calcul de la moyenne des coordonnées colorimétriques de la carcasse,
- par calcul du maximum de l'histogramme multidimensionnel de la carcasse en L\*a\*b\*.

Lors de la phase de segmentation, pour chaque pixel de la carcasse, on évalue la **distance euclidienne à la peau saine**, dans l'espace  $L^* a^* b^*$  :

$$d = \sqrt{(L^* - L^*_{\text{peau\_saine}})^2 + (a^* - a^*_{\text{peau\_saine}})^2 + (b^* - b^*_{\text{peau\_saine}})^2}$$

On obtient ainsi une carte sur laquelle, pour chaque pixel, la distance colorimétrique à la peau saine est déterminée. Les zones de défauts de couleur sont obtenues par seuillage sur cette carte des distances (figure 2).

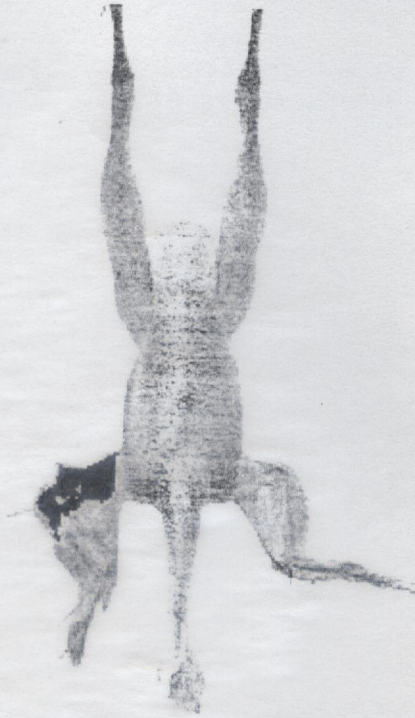


Figure 2 : Segmentation par distance à la peau saine.  
Figure 2 : Defectless skin distance segmentation method.

#### \* Des algorithmes avec apprentissage

Ces algorithmes sont basés sur la théorie bayésienne, communément utilisée en vision couleur pour segmenter des objets biologiques dans des scènes (4 et 10), qui nécessite le calcul d'une probabilité  $p(x \in C_i)$  d'appartenance de l'observation  $x$  à une classe  $C_i$

$$p(x \in C_i) = \frac{p_i(x) \cdot p(C_i)}{S}$$

$$\text{ou } S = \sum_{j=1}^{N_c} p_j(x) \cdot p(C_j)$$

et  $p(C_i)$  est la probabilité d'occurrence de la classe  $C_i$ ,  $N_c$  le nombre de classes ;

$x$  est un vecteur de l'espace  $L^*a^*b^*$  ;

$C_i$  est une classe de couleur.

Les classes  $C_i$  sont supposées équiprobables d'où :  $p(C_i) = \frac{1}{N_c}$

La phase d'apprentissage consiste à caractériser la distribution  $p_i$  de chaque classe  $C_i$  à partir de zones d'intérêt prélevées sur des images échantillons.

Si l'on considère que ces distributions suivent une loi normale :

$$p_i(x) = \frac{1}{(2\pi)^{3/2} \cdot \sqrt{|\sigma_i|}} \cdot e^{-\frac{1}{2}(x-\mu_i)\sigma_i^{-1}(x-\mu_i)}$$

alors il suffit de calculer le vecteur moyenne  $\mu_i$  et la matrice des covariances  $\sigma_i$  à partir des zones jugées comme appartenant à la classe  $C_i$ .

Suite à la phase d'apprentissage, deux algorithmes de segmentation (figure 4) ont été développés :

#### \* Un algorithme de segmentation multiclassé

C'est l'approche classique qui est mise en œuvre ; on calcule, pour chaque pixel, les probabilités d'appartenance  $p_i(x)$  à chacune des classes et on lui attribue le numéro de classe  $j$  tel que :

$$p(x \in C_j) = \max_{i=1..N_c} (p(x \in C_i))$$

#### \* Un algorithme de segmentation par seuillage

Le critère de peau saine est obtenu par apprentissage sur des zones d'intérêt représentant la peau saine et l'on estime, pour chaque pixel, la différence colorimétrique à la peau saine par une "distance statistique" calculée à l'aide de la probabilité d'appartenance à la peau saine :

$$p_i(x) = \frac{1}{(2\pi)^{3/2} \cdot \sqrt{|\sigma_0|}} \cdot e^{-\frac{1}{2}(x-\mu_0)\sigma_0^{-1}(x-\mu_0)}$$

où  $\mu_0$  est le vecteur des coordonnées colorimétriques moyennes de la peau saine,

et  $\sigma_0$  est la matrice des covariances des coordonnées colorimétriques de la peau saine.

Un seuillage de la carte des « distances statistiques » permet de localiser les défauts qui correspondent à des zones où la probabilité d'appartenance à la peau saine est faible.

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 Les défauts systémiques

La mesure des caractéristiques colorimétriques  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  moyennes de la carcasse permet de détecter les défauts dits systémiques de façon simple. Des tests paramétriques de comparaison des moyennes des coordonnées colorimétriques  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  permettent de rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes de  $L^*$  et de  $a^*$  de deux échantillons de dindes comportant des défauts systémiques pour l'un et des défauts locaux pour l'autre. Les coordonnées colorimétriques  $L^*$  et  $a^*$  permettent donc de discriminer, d'une part, les défauts systémiques et, d'autre part, les dindes saines des dindes comportant des défauts locaux (figure 3). Par exemple, un seuillage sur  $L^*$  moyen permet de différencier les dindes atteintes de défaut systémique des dindes atteintes de défauts locaux (figure 4).

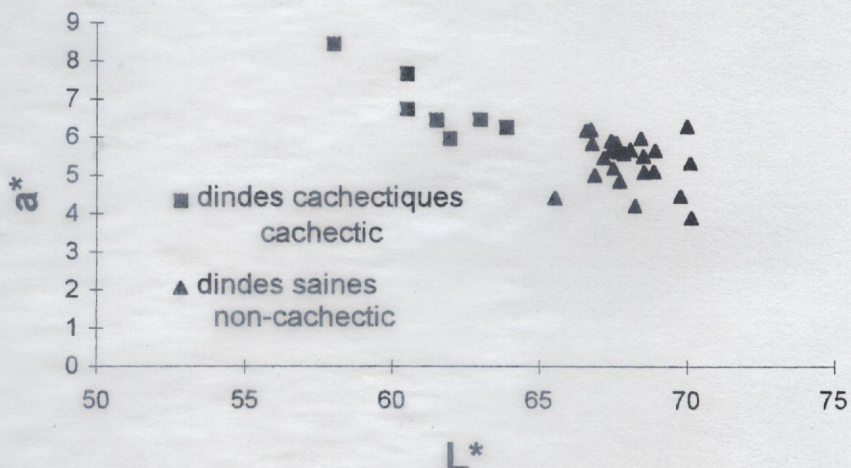


Figure 3 : Caractérisation des défauts systémiques par calcul des caractéristiques colorimétriques  $L^*$  et  $a^*$  moyennes de la carcasse.

Figure 3 : Distribution of mean of  $L^*$  and  $a^*$  for cachectic and non-cachectic turkeys.

#### 3.2. Les défauts locaux

Les algorithmes de segmentation des défauts ont été testés sur un jeu d'images en  $L^*a^*b^*$  de carcasses comportant différents défauts locaux : déchirures, hématomes récents ou anciens, griffures, fractures ouvertes, ampoules du bréchet, pustules (tableau 1).



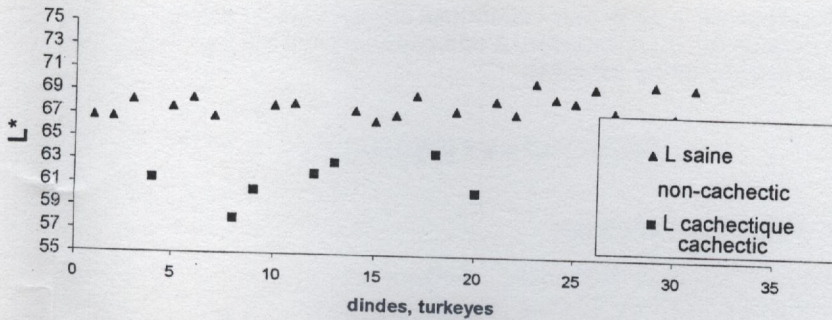


Figure 4 : Graphique de L\* moyen sur des dindes atteintes de défaut systémique et sur des dindes atteintes de défauts locaux.

Figure 4 : Distribution of L\* mean for cachectic and non-cachectic carcass.

### 3.2.1. Algorithme de segmentation automatique par calcul de la distance à la peau saine

Le principe de cette méthode est d'évaluer, pour chaque point de la carcasse, la différence colorimétrique par rapport à la couleur de la peau saine (figure 2). Cette méthode automatique ne nécessite donc aucune connaissance a priori.

Par contre, c'est une méthode de segmentation binaire qui détecte les défauts locaux sans en fournir de classification. Cette méthode peut donner des résultats erronés dans le cas de défauts locaux de grande surface qui entachent d'erreur le critère de peau saine.

### 3.2.2 Algorithmes avec apprentissage

Ces méthodes nécessitent un étalonnage colorimétrique du système. Elles permettent de faire un apprentissage sur différentes parties de la carcasse et de tenir compte des caractéristiques spécifiques de la peau saine sur les membres et le thorax.

Deux approches ont été testées :

- **algorithme de segmentation multiclasse** : la segmentation multiclasse est une méthode de détection et de classification des différents défauts. La méthode de segmentation bayésienne multiclasse permet de détecter tous les défauts sauf les pustules où l'emprise géométrique du défaut est très faible et les ampoules du bréchet où la différence de teinte par rapport à la peau saine est faible (tableau 1) ;

- **algorithme de segmentation bayésienne par seuillage** : il détecte les défauts, les localise, en donne les caractéristiques géométriques, mais ne fournit pas de classification.

**Tableau 1 : Détection des défauts d'aspect locaux sur carcasses de dinde par les méthodes de segmentation couleur sur les lots clezio1 et clezio2.**  
*Table 1 : Detection of local defects on the test set.*

Défauts	Hématomes verts	Hématomes violets	Déchirures, fractures, griffures	Ampoules de bréchet	Pustules
nombre de défauts existants	7	6	17	6	2
nombre de défauts détectés	7	6	17	1	0

#### 4. CONCLUSIONS

La vision numérique couleur permet de réaliser la détection des défauts d'aspect des carcasses de dinde, de façon objective, sur chaîne d'abattage.

Les tests de méthodes de segmentation couleur sur des images comportant différents défauts (tableau 1) : déchirures, hématomes récents ou anciens, griffures, fractures ouvertes donnent des résultats prometteurs. Les hématomes anciens dus à l'élevage se distinguent, par leur couleur sur l'image, des hématomes récents dus au ramassage ou au transport, ce qui permet de connaître l'origine de ces défauts.

Les méthodes basées sur la théorie bayésienne sont très stables et donnent des résultats reproductibles sur une même famille de défauts.

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 la validation des résultats sur des échantillons d'effectif plus important et sur les aspects de traitement en temps réel sur chaîne d'abattage.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) CHEN Y.R., 1994. - Intensified multispectral imaging system for poultry carcass inspection. *In Proceedings of the Food Processing Automation III Conference 9-12 February, Orlando, Florida 1994*, 97-106.
- (2) DALEY W. D., THOMPSON, J. C., 1992. - Color Machine Vision For Meat Inspection. *In Proceedings of the Food Processing Automation III Conference, 4-5-6 may 1992*, 230-237.
- (3) DORDET Y., 1990. - La Colorimétrie, Principes et Applications. Editions Eyrolles, Paris, 1<sup>o</sup> édition, 147 p.
- (4) HARREL R. C., 1991. - Processing of color images with bayesian discriminant analysis, On-Machine Vision Systems for the Agricultural and Bio-Industries. International Seminar of the 3rd and 6th Technical sections of CIGR, September 1991, CEMAGREF Edition, Antony, 11-20.
- (5) LIAO K., PAULSEN M. R., REID, J. F., 1994. - Real-Time Detection of Colour and Surface Defects of Maize Kernels Using Machine Vision. *Journal of Agricultural Engineering Research* 1, 59, 263-271.
- (6) MARCHAL PH., MARTY-MAHÉ P., LOUVEAU V., 1992. - On Line Detection of Defects on Turkeys Carcasses Using a Machine Vision System - AGENG 92 n° 9206112.
- (7) MARTY-MAHÉ P., MARCHAL P., LOUVEAU V., 1991. - Grading lots of Turkeys Carcasses on Suspension Chain by Machine Vision. On-Machine Vision Systems for the Agricultural and Bio-Industries. International Seminar of the 3rd and 6th Technical sections of CIGR, September 1991, CEMAGREF Edition, Antony, 103-109.
- (8) MARCHAL PH., MARTY-MAHÉ P., THURIOS F., 1994. - Guide des défauts d'aspect des carcasses de dindes. CEMAGREF Edition, Département Equipements Agricoles et Alimentaires, Antony, 67 p.
- (9) PRECETTI C.J., KRUTZ G. W., 1993. - Building a Color Classifier. ASAE Paper N° 93-3003.
- (10) PRECETTI C.J., KRUTZ G. W., 1993. - Real-Time Color Segmentation. ASAE Paper N° 93-3002.
- (11) MARCHAL PH., MARTY-MAHÉ P., 1996 - Detection of turkey carcasses defaults by machine vision. ASAE Paper N° 963061, 1996 ASAE Annual International Meeting, July 17.
- (12) TROUVÉ A., 1991. - La mesure de la couleur. Principes, techniques et produits du marché. Editions Afnor-Cetim, Paris, 193 p.

(Reçu le 25 juin 1996, accepté le 19 février 1997)