

Mesure de couleur des végétaux.

Eric Pietri, Patrice Reling¹

Résumé : Pour mesurer la couleur des végétaux nous utilisons un chromamètre de marque Minolta de type CR 400 dont le logiciel de pilotage fourni par la marque ne nous convient pas, nous avons donc développé un logiciel de pilotage convivial qui nous permet d'effectuer des mesures fiables et rapides. Reste un problème de représentativité de ces mesures. En effet la fenêtre de mesure de 8 mm ne permet pas par exemple l'estimation de surface de modèle multicolore. Nous présenterons des applications ainsi que les perspectives d'analyse d'image.

Mots clés : réflectance, couleur, calibration, image numérique,

Introduction

L'unité de recherche Sécurité et qualité des produits d'origine végétale (SQPOV) du centre Inra d'Avignon et plus particulièrement l'équipe « qualité des fruits » a pour mission la caractérisation biochimique, physiologique et physique. La mesure de couleur via un chromamètre de marque Minolta de type CR 400 est utilisée pour évaluer des stades de maturité, pour différencier des variétés contrastées, des descendances hybrides, l'évolution post récolte et la qualité au cours de la conservation des fruits et légumes.



Photo 1 © Minolta : CR 400

1. Mesurer la couleur

Les mesures de couleur sont réalisées à l'aide d'un chromamètre Minolta CR 400/410 (photo 1). C'est un analyseur de couleur tristimulus, composé d'une tête de mesure et d'un calculateur. La tête de mesure est constituée d'une lampe à xénon pulsé qui fournit l'illumination qui va éclairer la surface de l'objet. La lumière réfléchie par l'objet est lue par six capteurs photoélectriques au silicium. Le calculateur analyse les données qu'un processeur calcule dans l'espace couleur choisi avec un illuminant de D-65 (standard de la CIE pour la lumière du jour), un angle 0° et 8 mm de diamètre d'ouverture. L'espace L^* , a^* , b^* (figure 1) est un espace qui décorrèle la luminance et la chrominance L^* , a^* , b^* (CIELAB), c'est à dire des valeurs proche de la perception de l'œil humain.

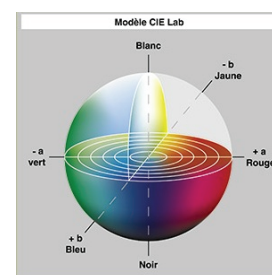


Figure 1 : espace de couleur $L^*a^*b^*$

L^* indique la clarté ou luminance et varie de 0 pour le noir à 100 pour le blanc
 a^* varie de -60 pour le vert à +60 pour le rouge
 b^* de -60 pour le bleu à +60 pour le jaune.

¹ UMR408 Sécurité et qualité des produits d'origine végétale - SQPOV INRA-Univ. Avignon et Pays de Vaucluse - F-84914 Avignon – ☎ 04 32 72 25 37 ✉ reling@avignon.inra.fr

Les informations données par l'appareil sont calculées par rapport à une couleur de référence ou étalon.

Cet appareil de mesure est fiable (données répétables et reproductibles), les frais de fonctionnement sont réduits (une plaque de calibration tous les ans : 200 €) et l'investissement initial est relativement faible (7 000 €). La tête de lecture est reliée à un ordinateur via la liaison RS 232 qui pilote cet appareil et où sont sauvegardés les fichiers de mesure.

2. Le logiciel de pilotage développé au laboratoire

Le logiciel de pilotage payant proposé par Minolta apparaît complexe et il n'est pas très convivial. Nous avons donc développé en interne, au laboratoire en Delphi : un langage de programmation orienté Pascal objet, un logiciel de pilotage (**figure 2**) simple d'utilisation, automatique, convivial et accessible à tous : stagiaires, CDD... Ce logiciel intègre la calibration, sans pénaliser la fréquence des mesures puisque cet appareil réalise près de 40 000 mesures par an sur une période très courte de mai à juillet. Les données sont exportées automatiquement sous la forme d'un tableau Excel.

année	2004	2005	2006	2007
nbre d'analyses	41 861	37 757	27 771	37 904

Tableau 1 : nombre de mesures du chromamètre ces dernières années.

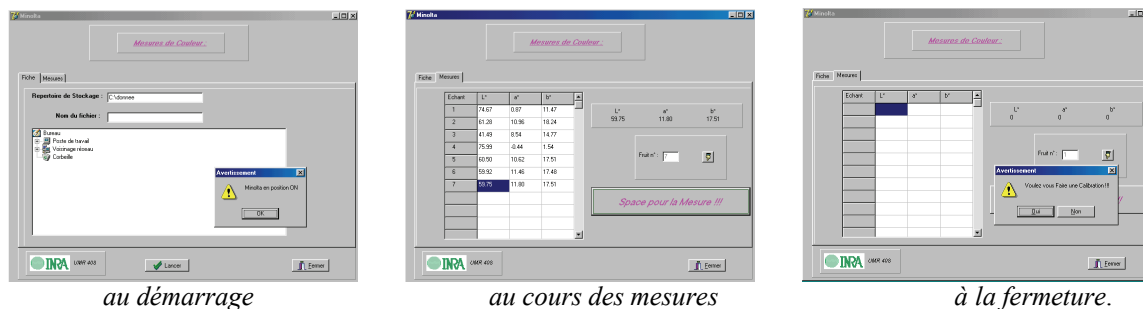


Figure 2 : différentes fenêtres du logiciel.

3. Applications

Les applications sont de deux types : une première est utilisée pour le tri des végétaux : évaluer des stades de maturité, différencier des variétés contrastées, des descendances hybrides (**figure 3**). La seconde permet la mesure de couleur comme par exemple pour l'évolution post récolte et de la qualité au cours de la conservation.

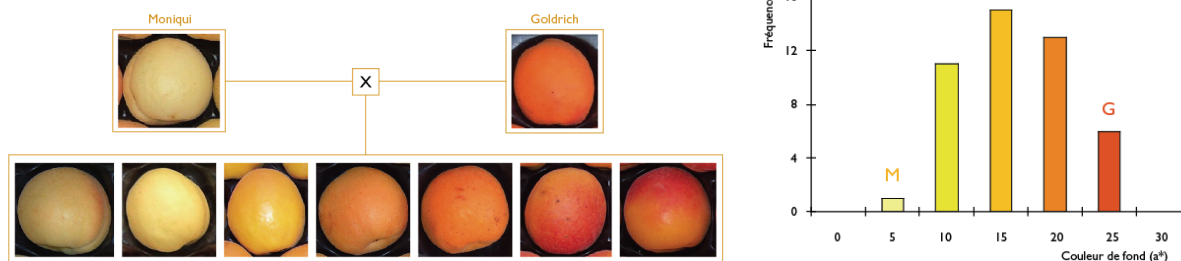


Figure 3 : classement d'une descendance d'abricot en fonction de sa couleur de fond (axe chromatique a^* de, L^* , a^* , b^*)

3.1 Le tri de végétaux

Les végétaux sont des produits vivants que nous sommes amenés à évaluer toute ou partie de leur vie : évolution de la qualité au cours de la conservation, suivi post-récolte,... Il est donc essentiel que les mesures aient le moins possible d'incidence sur leur comportement et soient non destructives, nous utilisons au laboratoire plusieurs techniques :

- mesure d'élasticité (fermeté/compression),
- mesure du spectromètre proche infrarouge sur des fruits entiers.
- mesure de couleur dans l'espace L^* , a^* , b^* et un illuminant de D-65 (lumière du jour).

Après plusieurs années d'expérience, nous présentons dans le **tableau 2** la pertinence de ces différentes mesures à des fins de tri. La couleur d'un fruit n'étant pas homogène dans l'espace, il est délicat d'effectuer un tri sur ce seul critère. Par convention, l'opérateur prend la mesure sur les endroits les moins colorés, (ou le plus, couleur de fond/couleur de surimpression).

Critères	analyse		
	fermeté	proche IR	couleur
destructif	oui	non	non
rapidité	lent	rapide	très rapide
cohérence des résultats	moyen	en cours d'étude	bonne
rapport surface de mesure / surface globale	élevé	petit	petit

Tableau 2 : mesures non destructives effectuées au laboratoire, classées par pertinence

3.2 Les mesures

La mesure de couleur est une mesure physique discriminante pour nos études, illustrée **figure 4**.

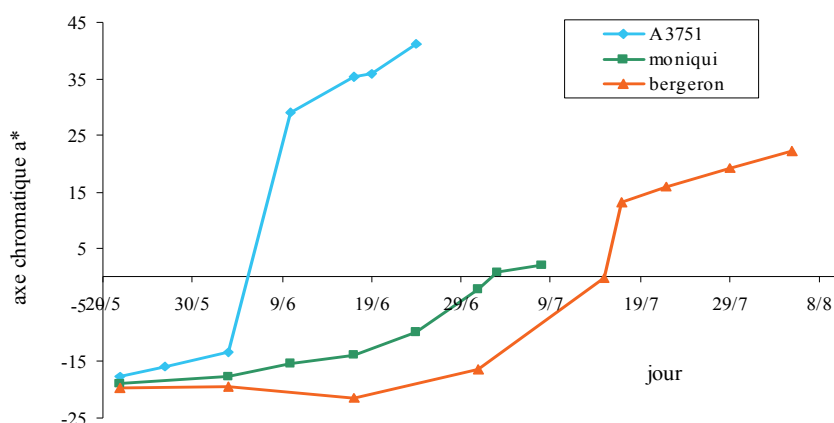


Figure 4 : évolution post récolte de la couleur de fond de trois variétés d'abricot dans l'espace L^* , a^* , b^*

4. Bilan

Après quelques années d'utilisation, ce logiciel de pilotage, a subi quelques évolutions et nous permet maintenant de collecter rapidement et simplement des données fiables. Cependant, il restait un problème de représentativité. En effet, la fenêtre de mesure est de 8 millimètres, et si dans la plupart des cas cette mesure constitue une bonne indication cette surface est elle bien représentative du fruit ? L'utilisation de la fenêtre de mesure de 50 mm du CR 410 s'avère irréaliste du fait de convexité des surfaces à mesurer. Tout comme multiplier les points de mesure qui pénaliserait le temps d'analyse, et comment mesurer la couleur des fruits bicolores ? (photo 2).



Photo 2 © P. Reling/Inra : abricots bicolores.

Conclusion et perspectives

Nous envisageons de développer une nouvelle méthode capable de mesurer non seulement les couleurs de ces fruits mais également d'en estimer les surfaces correspondantes. Nous utiliserons l'analyse d'image : la chaîne d'analyse d'image numérique commence par l'acquisition de l'image avec un capteur et des conditions d'éclairage optimales pour obtenir une image pertinente exempte de défauts : défocalisation, contraste...) et elle se poursuit avec le traitement via un logiciel (figure 5).

L'image obtenue est seuillée. Ainsi simplifiée, cette image numérique devient binaire pour séparer les régions d'intérêts qui vont être traitées via le logiciel.

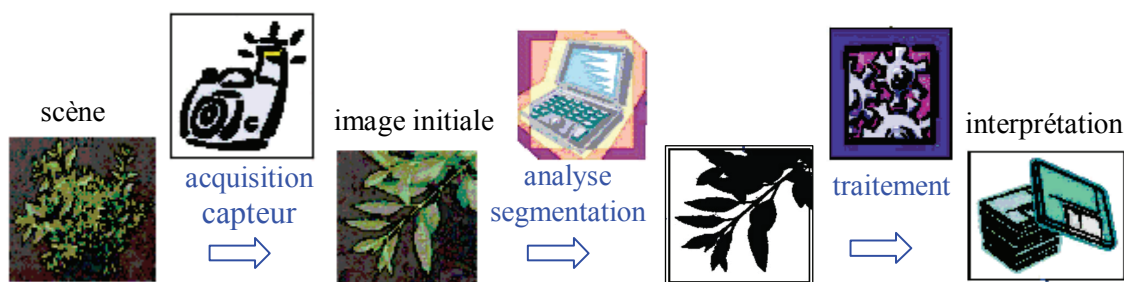


Figure 5 : l'analyse et le traitement de l'image numérique

Le traitement des images portera une attention particulière à la calibration, que cela soit de la valeur du point blanc de la caméra (utilisation de la plaque de calibration du chromamètre du laboratoire (Minolta CR 400) pour contrôler les conditions d'éclairage. Avec l'utilisation d'une mire de couleur de référence : la MacBeth Color Chart, pour comparer nos valeurs obtenues L^* , a^* et b^* avec les valeurs du chromamètre du laboratoire. Les surfaces calculées pourront aussi être contrôlées en comparant avec l'aire d'objet connue.

Le budget global du matériel nécessaire à l'acquisition de l'image équivaut à 17 500 €.

Pour l'acquisition de l'image, nous utiliserons une caméra couleur Pixelink 1/2" CMOS, 2 048 × 1 536 avec un objectif Pentax 16 mm (**photo 3**).



Photo 3 : caméra couleur CMOS

L'éclairage dans les trois canaux R, G et B est effectué sous un dôme axial plus éclairage rasant (Darkfield), de 324 mm de diamètre équipé de 480 et 240 leds (DMC/DMK 3218) plus un back light 200 × 200 à leds (phlox/LRGB 200 × 200) (**photo 4**). La gestion de l'éclairage (intensité, proportion des canaux) est réalisée par un utilitaire que nous avons développé.



Photo 4 : dôme axial équipé d'un darkfield

Le traitement de l'image sera effectué par le logiciel Aphelion® d'une valeur de 4 500 € chez ADCIS. Il est utilisé par d'autres unités de recherche de notre département « Caractérisation et élaboration des produits issus de l'agriculture » (CEPIA). Il permettra le pilotage de la caméra et l'automatisation du traitement une fois qu'il sera validé. Il s'agit d'une suite de bibliothèque Aphelion® qui est automatisée par un script Visual Basic.

A noter également que les qualités de notre chaîne d'acquisition et les multiples possibilités logiciel nous permettrons d'autres mesures comme la reconnaissance d'objet, de forme, leur comptage, mesure, classement...

Actuellement, tous les éléments sont acquis, il nous reste la mise en œuvre de ces méthodes d'analyse et la validation scientifique de ces mesures.

Références

<http://www.konicaminolta.com/instruments/products/color/index.html> (consulté le 6 juillet 2009)

<http://www.adcis.net/index.html> (consulté le 6 juillet 2009)

<http://www.elvitec.fr/> (consulté le 6 juillet 2009)

<http://www.emse.fr/spip/IMG/pdf/animage.pdf> ((consulté le 6 juillet 2009)

