

# Espaces hybrides couleur – texture adaptés au comptage d'épis de blé

F. COINTAULT<sup>1</sup>, D. GUERIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ENESAD, UMR CPAP, 21, Bd. O de Serres, 21800 QUETIGNY  
[f.cointault@enesad.fr](mailto:f.cointault@enesad.fr)

**Résumé** – Une méthode d'analyse d'image texture – couleur basée sur la détermination d'un espace hybride couleur a été développée dans le cadre d'une étude de faisabilité d'un système de comptage (semi)-automatique des épis de blé dans un champ, pour une prédiction précoce de rendement. A cette fin, des analyses couleur et de texture (paramètres d'Haralick) sont utilisées pour permettre une nouvelle représentation des images prises dans un espace spécifique (espace hybride) construit à partir de connaissances a priori sur les images. Les méthodes classiques de classification et de segmentation des images, combinées à des informations morphologiques sur les épis, sont appliquées pour le comptage. Le taux de reconnaissance des épis est compris entre 73% et 85% sur les quelques images prises pendant le stade de floraison. Couplées avec le temps, la luminosité et en accord avec les modèles de développement du blé, les informations générées à partir de l'algorithme implémentés dans cette étude semblent significatives pour pouvoir évaluer le troisième apport d'engrais azotés qui se déroule au début de la floraison.

**Abstract** – A colour and texture image analysis method based on colour hybrid space was developed for a feasibility study concerning (semi)-automatic wheatears counting, for yield prediction. To detect ears, textural (Haralick features) and colour analyses are used to give a new representation of the images in a specific space (hybrid space) built with a priori knowledge of the images. Classical methods of image segmentation and classification, combined with morphological information of heads, are applied to the new images for the counting, for which the recognition is included between 73% and 85%. Coupled with weather, lighting, and in accordance with wheat development models, information generated from this algorithm developed in this investigation may be relevant to the evaluation of nitrogen requirements for the third application (head emergence and flowering).

## 1. Introduction et contexte

Le rendement est un facteur primordial en agriculture qui permet l'établissement de cartes afin d'adapter certaines pratiques des agriculteurs les années suivantes (apports d'intrants, applications de produits phytosanitaires...), en fonction de la variabilité intra-parcellaire.

Les capteurs de rendements développés sur les moissonneuses-batteuses sont relativement efficaces mais ne fournissent le rendement instantané et en continu que lors de la récolte, avec une précision de 3 à 4%. L'objet de notre recherche est l'étude de faisabilité d'un système ((semi)-automatique) de comptage d'épis de blé par imagerie pour une estimation de rendement : l'utilisation de l'imagerie peut alors offrir des possibilités d'analyses étendues (évaluation précoce du rendement), et est en outre un atout par rapport aux protocoles de dénombrement manuel dont disposent les agronomes. Peu de travaux ont cependant été réalisés sur l'étude de rendement du blé par vision. Le principal projet (analyse essentiellement texture) est l'étude de faisabilité qui s'est développée à l'ENITA de Bordeaux, dans laquelle Germain *et al.* ([1]) réussissent à extraire les épis et à les compter sur une surface assez réduite, dans des conditions de prise d'images idéales (images noir et blanc), sans pour autant exploiter les résultats.

La période d'observation des échantillons est un point crucial mais reste délicate à choisir; néanmoins, la fin de la floraison (mai à juillet) semble être plus appropriée que le gonflement ou l'épiaison pour l'observation et la prise d'images. Dans un souci de réduction des coûts et de facilité d'utilisation, un appareil photo numérique a été préféré à une caméra (figure 1).

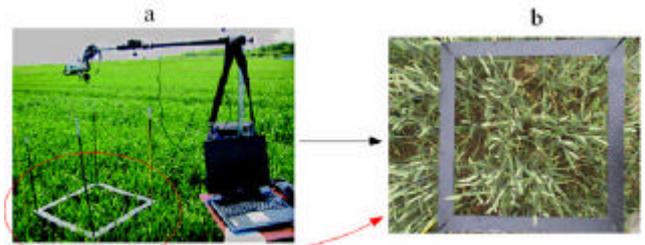


FIG. 1 : (a) : Dispositif expérimental pour l'acquisition d'images au champ ; (b) : Une image type

La variabilité intra-parcellaire nécessite un suivi d'échantillons caractéristiques de la parcelle. La variabilité de l'éclairage et des conditions météorologiques (ombres, vent) demandent l'adaptation de l'appareillage lors de la prise d'images ([2]). Un cadre noir posé au sol (taille 50x50 cm<sup>2</sup>) sert à délimiter la zone de l'image traitée (figure 1) : il est supprimé par morphologie mathématique.

## 2. Méthode d'extraction des épis de blé

### 2.1. Objectif et principe

Pour discerner des épis dans une scène en milieu naturel, l'étude de la couleur s'avère trop sensible à la variabilité de la luminosité sur un échantillon d'observation ([3]). Nous la complétons par une étude de texture qui lui donne plus de robustesse, nécessitant la construction d'un espace hybride qui allie des informations texture obtenues sur des composantes couleur. Son principe repose sur une analyse discriminante qui détermine le pouvoir séparateur des paramètres de texture, évalués sur toutes les composantes couleurs choisies pour leur utilisation dans la reconnaissance d'adventices. La construction de l'espace est tirée de la généralisation de l'espace couleur hybride de Vandembroucke ([4]).

## 2.2. Construction de l'espace couleur

L'analyse discriminante est basée sur un échantillon d'apprentissage constitué d'individus (pixels) dont la classe est connue a priori. L'analyse de texture est déroulée sur une fenêtre d'apprentissage autour de ces pixels. Un système à 3 classes est retenu pour différencier {terre, déchets de végétaux, cailloux, feuilles malades}, {feuilles saines et tiges} et {épis}. Le nombre de points d'apprentissage (identique pour chaque classe) est fixé à 20. Pour chaque fenêtre, l'ensemble des composantes couleurs utilisées dans la construction de l'espace hybride peut être regroupé au sein d'un espace de couleurs global formé d'un repère de  $N_\pi = 23$  vecteurs :

$$\{H-R, G, B, r, g, b, r-g, g-b, \frac{g-b}{r-g}, 2g-r-b, H, S, L, L^*, a^*, b^*, u^*, v^*, I, V1, V2, Z, B$$

L'analyse de texture complémentaire repose sur l'étude de  $N_{\text{texture}} = 7$  paramètres de texture : 2 paramètres statistiques sur les intensités  $P$  des pixels (la moyenne  $\mu$  et la covariance  $\text{cov}_v$ ); 5 paramètres d'Haralick obtenus à partir d'une matrice de cooccurrence  $M_{\text{cooc}}$  (l'énergie (traduite par le second moment angulaire), le moment des différences inverses, l'entropie, la variance et le contraste). Il existe cependant dans la littérature d'autres paramètres (paramètres de textures couleurs) non encore utilisés par manque de temps ([5]). L'analyse de texture doit évaluer la capacité discriminante de  $N_{\text{attributs}} = N_{\text{texture}} \times N_\pi = 161$  attributs, données de textures colorées, nécessitant une normalisation pour la construction des matrices de cooccurrence (valeurs d'intensité de pixel comprises dans l'intervalle  $[0, N-1]$ ).

La construction de l'espace hybride est itérative : elle sélectionne au pas d'exécution  $d = \{1, \dots, N_{\text{attributs}}\}$  l'espace discriminant de dimension  $d$  (le meilleur au sens du critère choisi et selon sa construction), constitué de l'espace de dimension  $d-1$  trouvé au pas précédent et d'un nouvel attribut  $A_d$  :  $E_{\text{hybride}}(d) = E_{\text{hybride}}(d-1) \times A_d$ . Le choix du nouvel espace au rang  $d$  est effectué parmi  $(N_{\text{attributs}} - d + 1)$  espaces potentiels. Il est aussi utile de limiter la recherche à des attributs  $A_d$  qui ne seront pas trop corrélés (réduire les redondances d'information entre attributs) :  $\text{cor}(A_d, A_i) < 0.80$ . Cette corrélation est calculée sur les attributs normalisés puisqu'elle est calculée pendant l'espace hybride, qui utilise ces mêmes attributs.

Le critère d'arrêt du processus est choisi pour  $\text{dim}(E_{\text{hybride}}) = D$  : la dimension  $D$  est déterminée en évaluant un critère informationnel basé sur le calcul des matrices de compacité et de séparabilité des classes ([6]).

## 3. Résultats de la classification et de la segmentation des pixels

Chacun des critères définit des espaces hybrides permettant une classification des pixels d'épis. Pour des raisons de temps de calcul, les critères s'appuyant sur des opérations d'additions comme la trace, moins complexes que des calculs de déterminant (critère de Hotelling ou de Wilks), sont préférés.  $E_{\text{hybride}}$  a une structure d'espace euclidien ce qui permet ensuite d'utiliser des méthodes de segmentation par mesure de distances, mesures effectuées par les classifieurs à distance

minimale déjà définis dans  $\mathbb{R}^D$  que sont les distances Euclidienne ou de Mahalanobis.

Les résultats obtenus sont tout à fait satisfaisants (figure 2) et il s'avère que la distance de Mahalanobis génère moins d'erreurs de classification (bruits issus des effets de bord et feuilles malades).

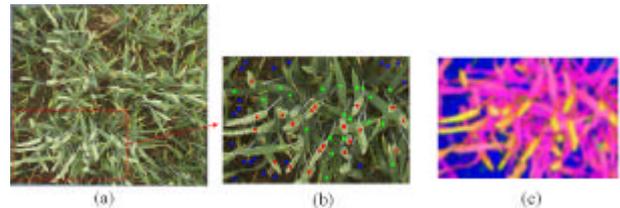


FIG. 2 : (a) : Image sans cadre; (b) : Portion de l'image et sélection des classes; (c) : Image dans le nouvel espace de représentation (en jaune-orange les épis)

La segmentation obtenue est complétée par des algorithmes de comptage d'épis (individualisation) utilisant des outils de morphologie mathématique, en particulier la squelettisation (figure 3).

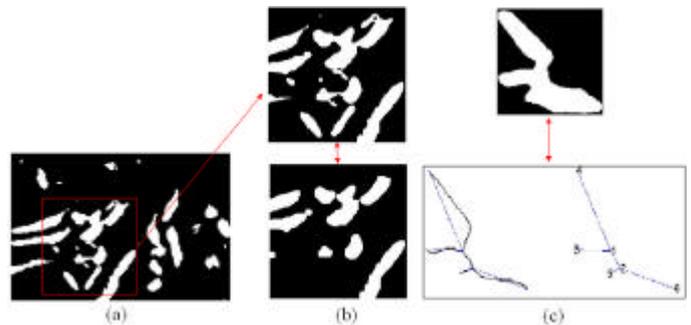


FIG. 3 : (a) : Segmentation par mesure de distance (Mahalanobis); (b) : Exemple d'utilisation de la morphologie mathématique; (c) : Exemple d'utilisation de la squelettisation (dans cet exemple : 23 épis reconnus sur 27 (85% de reconnaissance))

La méthode de construction de l'espace hybride est supervisée et ne permet donc pas une automatisation de la technique actuellement. Néanmoins, en faisant varier les paramètres du système (tableau 1) nous avons observé une certaine redondance pour les espaces hybrides obtenus, qui doit être validée sur d'autres images.

TAB. 1 : Paramètres utilisés

| Paramètres                      | Valeurs testées              |
|---------------------------------|------------------------------|
| Points d'apprentissage          | {10; 15; 20; 25; 30; 35; 40} |
| Dimension de l'espace           | {2; 3; 4}                    |
| Coefficient de corrélation      | {0,7; 0,75; 0,8; 0,85; 0,9}  |
| Niveau de quantification        | {8; 16; 32; 64; 128; 256}    |
| Taille des fenêtres (en pixels) | {11; 13; 15; 17; 19; 21}     |

Les analyses statistiques menées sur seulement 5 images sont ouvertes aux critiques. Les résultats nécessitent d'être confirmés par de nouvelles observations. En outre, l'espace hybride semble indépendant de la luminosité. Au niveau du comptage, les améliorations devraient être possibles par l'optimisation des algorithmes de squelettisation.

Une nouvelle approche pour la classification de pixels serait d'utiliser les réseaux de neurones à réponse binaire. Les modèles de perceptrons multicouches et de réseaux de

neurones à base radiale floue sont deux techniques qui justifient un développement. Ensuite il serait intéressant d'évaluer l'influence, sur notre classification, du choix du système d'apprentissage et de la structure du réseau ([7]).

## 4. Conclusion

A travers cette étude de faisabilité d'un système de comptage d'épis de blé dans un champ, nous avons étudié les différentes composantes couleur utilisées en agronomie et qui permettent d'extraire des plantes du sol. Afin de minimiser les contraintes dues à la prise d'images en conditions naturelles, nous avons complété cette étude couleur par une étude de texture en construisant un espace d'attributs texture nécessitant 7 paramètres de texture.

L'utilisation de méthodes de segmentation basées sur des mesures de distance fournit des résultats satisfaisants qui doivent être validés sur de nombreuses autres images et évidemment pour différentes variétés de blés. La technique de comptage doit être améliorée (avant 2008) pour obtenir une méthode au champ capable de prédire le rendement de blé en temps-réel.

Les perspectives d'un tel projet sont nombreuses et essentiellement tournées sur la conception d'un outil de développement utilisé par les instituts de recherches pour réaliser des comptages au champ. Cet appareil pourrait également être utilisé pour évaluer les corrélations entre les composantes du rendement et l'état sanitaire de la parcelle, pour compter le nombre de plantes levées par rapport aux plantes semées, pour mesurer l'influence des traitements et la compétition entre la culture et les mauvaises herbes et pour évaluer les bénéfices économiques liés au troisième apport d'engrais.

## Références

- [1] Germain, C., Rousseau, R. and Grenier, G. 1995. Non destructive counting of wheatears with picture analysis. *Image Processing and Its Application* 435-439.
- [2] El-faki, M., Zhang, N. and Peterson, D. 2000. Factors affecting colour-based weed detection. *Transactions of the ASAE* **43**(4) 1001-1009.
- [3] Lu, J.W. 2003. Segmentation d'images couleur et application à la séparation des oignons et des adventices (Colour image segmentation and application to onions-weeds separation). Ph-D Thesis, University of Burgundy, Dijon, France.
- [4] Vandenbroucke, N. 2000. Segmentation d'images couleur par classification de pixels dans des espaces d'attributs colorimétriques adaptés. Application à l'analyse d'images de football (Colour image segmentation by pixel classification in colorimetric attributes spaces. Application to football image analysis). Ph-D Thesis, University of Sciences and Technologies, Lille 1, France.
- [5] Foucher, I., Gouton, P., Devaux, J., Truchetet, F. 2004. New methods for analysing colour texture based on the karhunen-loeve transform and quantification". *Pattern Recognition*.
- [6] Guérin, D., Cointault, F., Gée C. and Guillemin, J.P. 2004. Etude de faisabilité d'un système de comptage d'épis de blé par vision (feasibility study of a wheatears counting system per vision). *Revue Traitement du Signal*, Vol. 21, N° 5, pp. 549-560.

[7] Foucher, P., Revollon, P. and Vigouroux, B. 2001. Segmentation d'images couleur par réseaux de neurones : application au domaine végétal (Image segmentation by neural networks : application to plant domain). ORASIS 2001 Poster.