

ECOTECHS'2011

Discrimination adventices-culture par imagerie hyperspectrale : application au blé en post-levée

Gilles Rabatel, Nathalie Gorretta

Cemagref, UMR ITAP, BP5095, 34196 Montpellier Cedex 5, France

gilles.rabatel@cemagref.fr

Résumé : Le problème de la distinction entre adventices et culture par vision numérique reste aujourd'hui un verrou majeur à la mise en pratique du désherbage localisé. La présente étude a pour but d'évaluer le potentiel de l'imagerie hyperspectrale pour la détection d'adventices dicotylédones dans le blé en période de désherbage (fin de l'hiver). Un dispositif d'acquisition comprenant une caméra push-broom montée sur un rail motorisé a été utilisé pour acquérir des images de culture vues de dessus à un mètre de distance. Une surface de référence présente dans chaque scène, ainsi que des prétraitements spectraux spécifiques, permettent de s'affranchir des conditions variables de l'éclairage. La séparation spectrale entre adventices et culture, effectuée par PLS-DA, s'avère particulièrement efficace. Des études complémentaires de robustesse doivent cependant être menées.

Mots-clés : Désherbage localisé, détection adventices, imagerie hyperspectrale, PLS-DA

1. Introduction

Le concept de l'agriculture de précision consiste à moduler spatialement les opérations culturales pour mieux s'adapter aux hétérogénéités intra-parcellaires. Apparu il y a plus de vingt ans, il est aujourd'hui couramment mis en œuvre au niveau des apports azotés, permettant un meilleur contrôle des rendements et une économie de produit. En revanche, dans le domaine du désherbage, alors que les enjeux sont particulièrement importants sur les plans économique et environnemental, la pratique est encore celle d'une stratégie d'assurance, où les herbicides sont épandus uniformément sur toute la parcelle quel que soit le niveau effectif d'infestation.

La raison est essentiellement technologique. Si aujourd'hui des appareillages sont disponibles à bas coût pour assurer une pulvérisation localisée d'herbicides sur sol nu (détection de végétation par cellules photoélectriques), aucun dispositif commercial ne permet encore de traiter une culture de façon fiable et localisée en post-levée. Un tel dispositif nécessite en effet un système de perception sophistiqué, basé sur de la vision numérique et permettant de faire la distinction entre adventices et cultures.

C'est donc l'identification des espèces au sein de la végétation qui est aujourd'hui le verrou principal pour le développement du désherbage localisé. Les recherches qui y sont consacrées sont nombreuses, et se répartissent selon deux approches principales (Slaughter, D et al. 2008):

- l'approche spectrale, dans laquelle on s'intéresse à la réflectance des plantes, via l'acquisition d'images hyperspectrales ou multispectrales (Feyaerts and van Gool 2001) (Vrindts, De Baerdemaeker et al. 2002). La difficulté est alors d'établir des différences spectrales suffisamment robustes vis-à-vis des conditions d'éclairage
- l'approche spatiale, reposant sur des critères spatiaux tels que la morphologie des plantes (Chi, Y et al. 2003, Manh et al. 2001), leur texture (Burks, T et al. 2000) ou encore leur

organisation spatiale (Bossu, 2008). Ici, c'est la complexité et la variabilité naturelle des scènes de végétation qui constituent la difficulté principale.

L'étude présentée ici relève de la première approche : des images hyperspectrales de scènes de culture de blé ont été acquises en période de désherbage, et associées à des prétraitements spécifiques pour s'affranchir des conditions d'éclairage. La possibilité de distinction spectrale entre blé et adventices dicotylédones au moyen d'outils chimiométriques a ensuite été évaluée.

2. Matériel et méthodes

2.1 Acquisition des images

Des images de culture de blé ont été acquises en mars 2011 sur le domaine de Melgueil (INRA, 34) au moyen d'un dispositif spécialement développé par le Cemagref pour l'acquisition au champ d'images hyperspectrales de proximité. Ce dispositif est constitué d'un rail motorisé supporté par un tracteur, et assurant le déplacement longitudinale d'une caméra hyperspectrale push-broom (Hypspec VNIR-1600, NEO (Norsk Elektro Optikk), Norvège), à 1 mètre au-dessus de la couverture végétale (figure 1).

Caméra VNIR 1600

Matrice CCD 1600x160
(1600 pixels par ligne, 160 bandes)
Domaine spectral: 400 à 1000 nm
Résolution spectrale: 3.3 nm
Résolution spatiale: 0.2 mm (à 1 m)

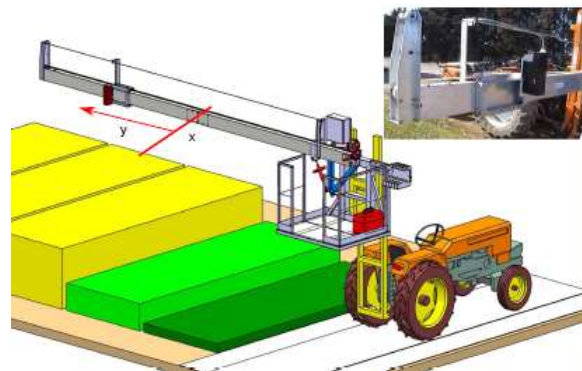


Fig. 1: Dispositif d'acquisition hyperspectral

2.2 Prétraitement des spectres

Les images acquises par la caméra (après un premier traitement interne tenant compte de la sensibilité spectrale du capteur) sont des images de luminance, qui par définition dépendent à la fois de la réflectance de la scène et des conditions d'éclairage. C'est pourquoi une surface de référence (céramique grise), dont la réflectance R_c a été mesurée en laboratoire, a été disposée systématiquement dans chaque scène (fig. 2). La luminance moyenne L_c observée dans l'image pour cette référence permet alors d'effectuer une correction en réflectance pour chaque pixel de végétation :

$$R_f = R_c * (L_f/L_c) \quad (1)$$

où L_f est la luminance observée pour ce pixel.

Ceci étant, la valeur R_f obtenue n'est qu'une réflectance « apparente ». D'autres phénomènes sont à considérer, à savoir :

- l'inclinaison de la feuille observée par rapport à la direction de la source solaire, introduisant un facteur multiplicatif sur son éclairement, et donc sur R_f
- la possibilité de réflexion spéculaire, ajoutant au spectre une composante non colorée, et se traduisant par une constante additive sur R_f .

Ces deux phénomènes sont pris en compte par l'application d'une opération de normalisation-centrage (SNV, ou « standard normal variate ») sur chaque spectre de l'image (Vigneau et al, 2011)

2.3 Modèle chimiométrique

Un total de 335 spectres a été relevé point par point sur une première image de réflectance (fig. 2) selon trois catégories, à savoir blé (157 spectres), dicotylédones (60 spectres) et sol (118 spectres).

Un modèle PLS-DA a ensuite été déterminé sur cet ensemble de données par cross-validation à l'aide d'un logiciel commercial de chimiométrie (The Unscrambler v9.7, CAMO Software AS, Oslo, Norvège).

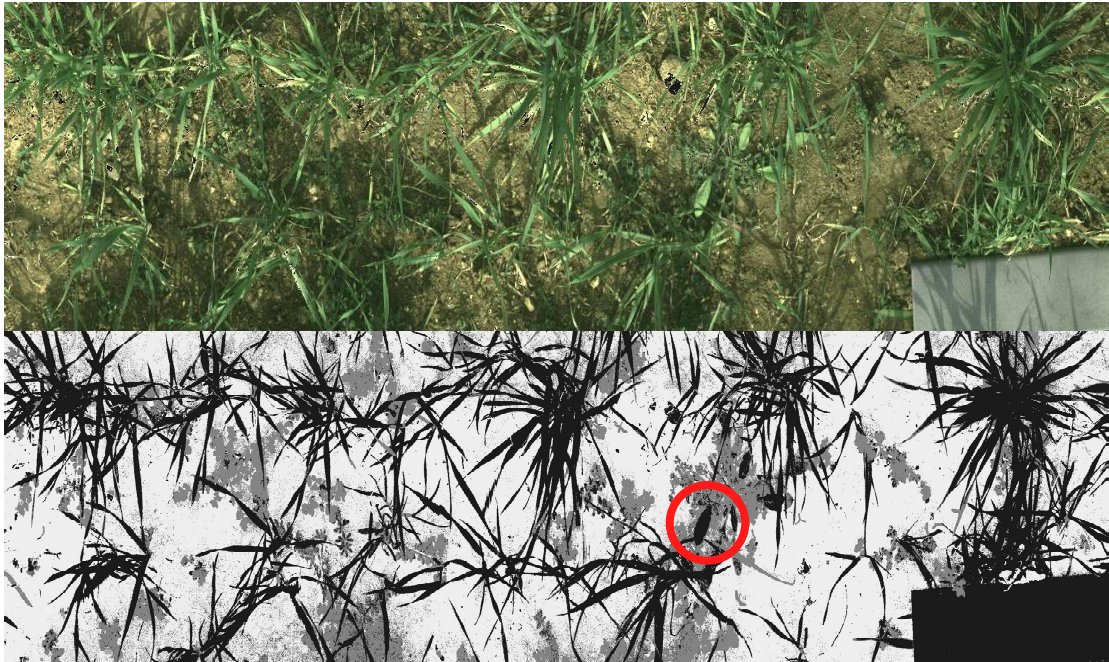
Le modèle discriminant ainsi obtenu a ensuite été exporté et appliqué sur l'ensemble des pixels d'une image de test, à l'aide d'un logiciel dédié développé en C++.



*Fig. 2: Image de relevé des spectres
(on distingue à gauche la céramique de référence d'éclairement)*

3. Résultats

La figure 3 représente l'image de test et les résultats obtenus en termes de classification. On y observe une excellente discrimination entre blé et adventices quelles que soient les conditions locales d'éclairage (ombre), à l'exception d'un type d'adventice (cercle rouge) qui n'était pas présent sur l'image d'étalonnage, et n'a donc pas été inclus dans le modèle.



*Fig. 3: Image test et résultat de classification
(gris clair : sol ; gris foncé : adventices ; noir : blé)*

4. Conclusion

Cette première étude met en évidence le potentiel de l'imagerie hyperspectrale pour la séparation adventices-culture. Une étude plus exhaustive doit maintenant être menée pour en évaluer la robustesse, et les résolutions spectrale et spatiale minimales nécessaires dans la perspective d'une mise en œuvre opérationnelle.

Références

- Burks, F. T, et al. (2000). "Classification of weed species using color texture features and discriminant analysis." Transactions of the ASAE 43: 441-448.
- Chi, T. Y, et al. (2003). "Leaf shape modeling and analysis using geometric descriptors derived from Bezier curves." Transactions of the ASAE 46: 175-185.
- Feyaerts, F. and L. van Gool (2001). "Multi-spectral vision system for weed detection." Pattern Recognition Letters 22(6-7): 667-674.
- Gée, C., J. Bossu, et al. (2008). "Crop/weed discrimination in perspective agronomic images." Computers and Electronics in Agriculture 60(1): 49-59.
- Manh, A.-G., G. Rabatel, et al. (2001). "Weed Leaf Image Segmentation by Deformable Templates." Journal of Agricultural Engineering Research 80(N°2): 139-146.
- Slaughter, C. D, et al. (2008). "Autonomous robotic weed control systems : A review." Computers and electronics in agriculture 61: 63 - 78
- Vigneau, N., M. Ecartot, et al. (2011). "Potential of field hyperspectral imaging as a non destructive method to assess leaf nitrogen content in Wheat." Field Crops Research 122(1): 25-31.
- Vrindts, E., J. De Baerdemaeker, et al. (2002). "Weed Detection Using Canopy Reflection." Precision Agriculture 3(1): 63-80.