

## Application de l'imagerie hyperspectrale PIR et de la chimiométrie à l'étude de la dureté et de la vitrosité des grains de blé

**Eloïse Lancelot<sup>1</sup>, Valérie Lullien-Pellerin<sup>2</sup>, Dominique Bertrand<sup>3</sup>,  
Benoît Jaillais<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> INRA, UR1268 Biopolymères Interactions Assemblages, F-44300 Nantes, France

<sup>2</sup> INRA, UMR 1208 Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes (IATE) 2, place Pierre Viala - F-34060 Montpellier cedex 1, France

<sup>3</sup> data\_frame, rue stendhal, F-44300 Nantes, France

**Orateurs : Eloïse LANCELOT et Benoît JAILLAIS**

Le blé est l'une des céréales les plus cultivées au monde qui constitue la base de l'alimentation humaine. La qualité des grains, incluant leur aptitude au fractionnement pour produire des farines ou semoules, représente un enjeu fondamental pour la filière céréalière. Cette qualité est influencée à la fois par des facteurs génétiques et/ou environnementaux. En particulier, les propriétés mécaniques des grains qui régissent leur aptitude au fractionnement dépend de leurs caractéristiques de dureté et de vitrosité. La dureté est définie comme le degré de résistance à la déformation et est contrôlée par des facteurs génétiques qui régissent l'adhésion entre granules d'amidon et réseau protéique au sein du grain, tandis que la vitrosité, attribuée au degré de compacité de l'albumen, est une propriété optique du matériau influencée par les conditions de développement du grain.

Ces paramètres ont été largement étudiés en Spectroscopie Proche Infrarouge (SPIR) et plus rarement en imagerie hyperspectrale PIR et encore jamais simultanément. Cette technique, qui suscite un intérêt grandissant pour la recherche agronomique, combine l'information spectrale à une forte résolution spatiale et permet ainsi la détermination et la localisation des constituants chimiques dans l'échantillon sans préparation ni destruction.

Dans cette étude, un système d'imagerie hyperspectrale PIR a été utilisé pour analyser la structure de grains de blé répartis en quatre lots de 15 grains issus de lignées de blés quasi-isogéniques qui ne diffèrent que par le caractère de dureté et de lieux de culture différents qui permettent l'obtention de vitrosité contrastées. Une image a été acquise pour chaque grain entier et en coupe transversale dans la gamme 950-2500nm. Les hypercubes de taille 231X318X212 ainsi obtenus ont ensuite été traités par deux traitements chimiométriques, spécifiquement développés sous Matlab: une ACP classique réalisée sur des pixels de chaque image échantillonnés aléatoirement d'une part, et une ACP concaténée appliquée à tous les pixels des images. Cette dernière conduit à l'obtention d'images en fausses couleurs, communes à toutes les images, pouvant être visuellement comparées. Les résultats obtenus par l'ACP classique montrent une bonne séparation des quatre lots de grains en fonction de leur vitrosité et de leur dureté. Les images obtenues par ACP concaténée permettent de mettre en évidence les différents tissus du grain et d'estimer une variabilité au sein d'un lot.

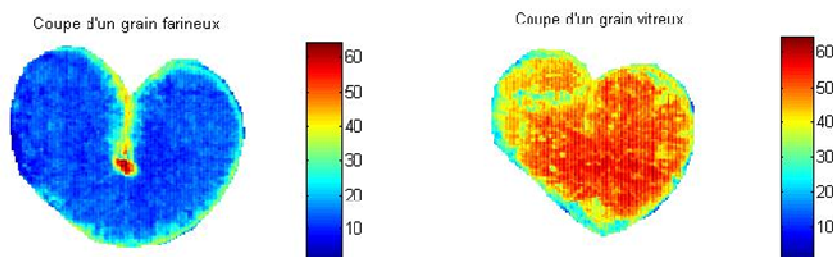


Figure 1: APC concaténée appliquée à des coupes de grains farineux et vitreux

D'autre part, l'étude montre des résultats cohérents entre les échantillons en coupe et les grains entiers. L'imagerie hyperspectrale PIR combinée à une ACP s'avère donc être un outil très prometteur pour l'exploration de données et la classification de grains de blé en fonction de leur dureté et de leur vitrosité.

## **Abstract**

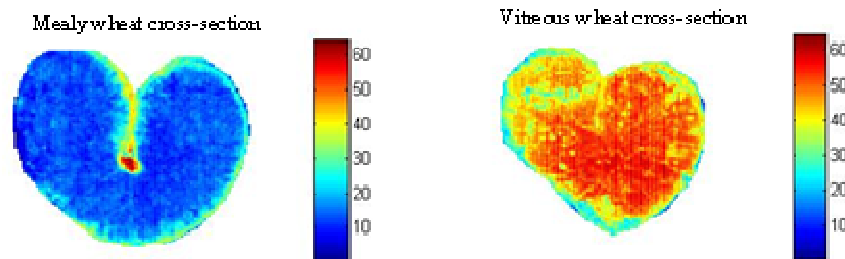
### **Application of Near-Infrared hyperspectral imaging and chemometrics to study hardness and vitreousness of wheat kernels**

Wheat is the most common cereal in the world which forms the basis for human food. A faultless grain quality is thus a fundamental issue for the cereal industries. However, grain quality is influenced by both genetic and/or environmental factors. This can be evaluated by several parameters: protein, gluten, water or lipid contents, color, vitreousness, hardness etc.... In particular, the mechanical properties of grains enabling the fractionation and the ability to mill for producing flour or meal depend on their hardness and vitreousness characteristics. Hardness is defined as the degree of resistance to deformation (adhesion between starch granules and protein network), while vitreousness, assigned to the degree of compactness of the endosperm, is an optical property influenced by the conditions of development of grain material.

These parameters have been studied extensively in Near Infrared Spectroscopy (NIRS) but rarely in NIR hyperspectral imaging and never simultaneously. This technique, which is gaining an increasing interest in agricultural research, combines spectral information with high spatial resolution and thus allows the identification and localization of chemical components in the sample without preparation or destruction.

In this study, a NIR hyperspectral imaging system was used to analyze the structure of wheat kernels from near-isogenic lines which were divided into four batches of 15 grains each. These particular grains differ only by the nature of their hardness and vitreousness. Images of whole grains and cross-sections were acquired in the 950-2500nm range. Hypercubes of size 231X318X212 were then treated by two chemometrical treatments specifically developed with Matlab: a standard PCA performed on pixels randomly sampled, and a variant: a concatenated PCA applied to all pixels of the image. The latter leads to the production of false-color images, common to all the images, which can be thus visually compared.

The results obtained by standard PCA showed a good separation of the four batches of grains on the basis of their hardness and vitreousness. The images obtained by concatenated PCA allow to highlight the different tissues of the grain and to estimate variability within a batch.



**Figure 2 : Concatenated PCA applied to vitreous and mealy wheat cross-sections**

Furthermore, the study shows consistent results between whole grains and cross-sections. Thus, NIR Hyperspectral imaging combined with PCA appears to be very promising for data mining and classification of wheat according to their hardness and vitreousness.