

**Introduction:** Les céréales sont d'importantes sources de matières premières industrielles qui peuvent être utilisés comme sources directes ou indirectes de nourriture pour les humains et les animaux. Mais l'une des principales qualités des graines est leur potentiel à germer et produire une nouvelle génération de plantes. Le processus de germination est déclenché lors de l'absorption d'eau par la graine (phase d'imbibition). Connaissant les propriétés de haute absorption de l'eau dans le proche infrarouge (NIR), l'imagerie hyperspectrale HSI-NIR combinée à des traitements chimiométriques a été utilisée pour suivre la diffusion de l'eau en temps réel dans les tissus de grains de blé.

## Echantillons

5 grains de blé ont été coupés transversalement à 50% et placés dans des orifices creusés dans un support Téflon, reliés à un réservoir d'eau.

Une image de la section de chaque grain est alors acquise individuellement par un système d'imagerie hyperspectrale NIR à intervalles réguliers pendant 24 heures.



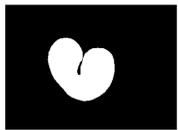
## Système d'imagerie hyperspectrale NIR



Les images hyperspectrales ont été acquises en absorbance avec un système d'imagerie de type « pushbroom » (BurgerMetrics, SIA, Riga, Lettonie) couvrant la gamme spectrale de 950-2500nm avec une résolution spectrale de 7 nm. Leur taille finale est de 231x318x212 pixels (champ de vision de 8.2x6mm, avec une résolution spatiale de 26µm).

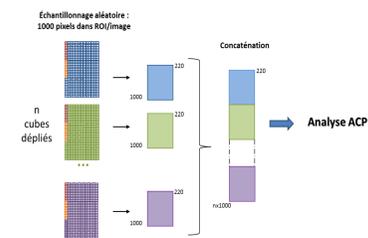
## Traitements des images et chimiométrie

### Sélection d'une région d'intérêt



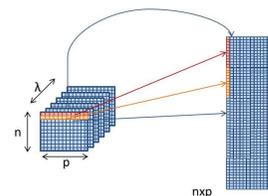
Un masque binaire de la forme du grain est créé pour chaque cube-image afin de séparer le fond de la zone d'intérêt (ROI).

### Méthode ACP classique



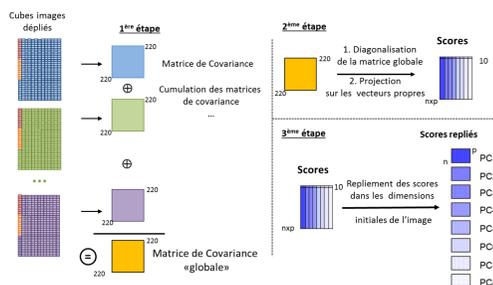
Une Analyse en Composante Principale est appliquée sur une matrice concaténée, obtenue en sélectionnant 1000 pixels au hasard dans la ROI de chaque image dépliée. Un pré-traitement (SNV et centrage) est appliqué à chaque spectre individuel pour enlever l'offset et les effets multiplicatifs.

### Dépliage de l'hypercube



Une étape de dépliage est nécessaire pour adapter les hypercubes aux modèles chimiométriques bilinéaires.

### Méthode ACP concaténée



Des matrices de variance-covariance sont calculées pour les images de chaque grain et cumulées dans une matrice de variance-covariance globale. Sa diagonalisation donne les vecteurs propres et les valeurs propres de l'ACP, les scores de chaque hypercube sont ensuite repliés pour créer des images en fausse couleur.

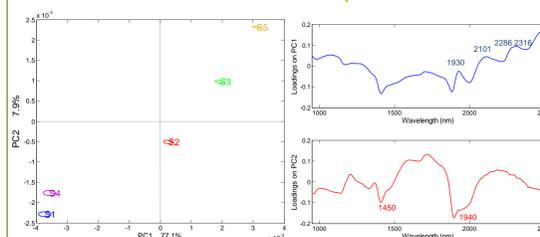
## Résultats

### Images des grains après 24h d'imbibition



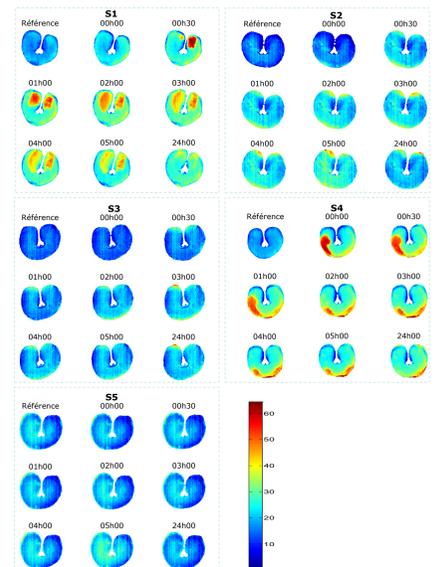
Les grains 1,2,3 et 4 présentent un radicule et ont donc germé. Le grain 5 n'a pas germé.

### ACP classique



Les graines 1 et 4, qui ont été fortement imbibées et qui ont germé, sont clairement séparées des autres le long des première et seconde composantes. Le premier vecteur propre est construit à partir des réponses spectrales liées à l'amidon, qui sont assez faibles pour les graines 1 et 4 (1930nm: élongation OH et déformation HOH, 2101nm: élongation C = O et CO et déformation OH, 2286nm et 2316nm: élongation CH et déformation CH<sub>2</sub>). La partie négative du second vecteur propre est caractéristique du signal de l'eau (larges bandes autour de 1450 et 1940nm (OH)). La position des graines 1 et 4 montrent qu'elles contiennent une forte proportion d'eau.

### ACP concaténée



Les scores de la seconde composante principale liée à la concentration en eau ont été utilisés pour reconstruire les images en fausses couleurs. Les scores les plus élevés (en rouge) indiquent une concentration en eau plus importante. Ainsi, les grains 1 et 4 ont été partiellement imbibés en surface, les grains 2 et 3 légèrement imbibés sur les bords du grain et le grain 5 ne montre pas d'imbibition en surface.

**Conclusion et Perspectives:** Une nouvelle approche a été développée pour donner une cartographie détaillée de l'absorption et de distribution d'eau dans les tissus du grain de blé coupé à 50% à l'aide de l'imagerie HSI-NIR. Ces premiers résultats montrent que la cinétique de propagation de l'eau est spécifique du grain selon trois modalités : forte imbibition et germination (grains 1 et 4), faible imbibition et germination (grains 2 et 3), pas d'imbibition et pas de germination (grain 5). Ils ont également mis en évidence certaines limites:

1- l'épaisseur trop importante des échantillons rend difficile la diffusion de l'eau à la surface

2- au cours de la nuit, aucune alimentation en eau n'est possible et la quantité d'eau dans le réservoir diminue conduisant à un assèchement de la surface.

De nouvelles études sont menées sur des échantillons coupés à 75%, le germe est ainsi apparent à la surface et on peut également suivre ses modifications durant l'imbibition. Des améliorations sont apportées au support pour prévenir du dessèchement de la surface des grains durant la nuit.

**Remerciements:** Nous remercions Eugène Drouet pour son aide technique et ses conseils dans la réalisation du support.

