



Les Rencontres du
Végétal

9^e
édition

2017
16 & 17 janvier

AGROCAMPUS OUEST
ANGERS, FRANCE

RECHERCHE
EXPÉRIMENTATION
INNOVATION

Fruits
Légumes
Ornement
Plantes aromatiques
et médicinales
Semences
Cidriculture
Viticulture
Paysage

sensométrie
chimométrie



data_frame



INRA
SCIENCE & IMPACT

Oniris
École Nationale
Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation
Nantes Atlantique



Caractérisation variétale de graines de légumineuses par Imagerie Hyperspectrale Proche Infrarouge

Session : Diversité au sein des systèmes de
Production

Benoît JAILLAIS

Ingénieur de Recherches, StatSC INRA/ONIRIS

Eloïse Lancelot

Ingénieur de Recherches, Gepea, ONIRIS

Dominique Bertrand

data_frame, Nantes

LEGATO Project



LEGATO (LEGumes for the Agriculture of TOMorrow) est un projet de 7,000,000 € pour une durée de 4 ans et financé par l'Union Européenne*. Il a pour but d'accroître la part de protéines végétales dans le régime alimentaire et donc de développer la culture des légumineuses en Europe.

Parmi les légumineuses étudiées (pois, féveroles, lentilles, pois chiche), les recherches entreprises dans le projet sont focalisées sur les deux espèces majeures (pois et féveroles) et portent sur l'identification et l'évaluation de nouvelles lignées ayant des apports nutritionnels pour le consommateur, et sur le développement d'outils rapides de screening basés sur des modèles spectroscopiques.

L'imagerie hyperspectrale proche infrarouge (NIR-HSI) a été choisie car elle combine simultanément les avantages de la spectroscopie proche infrarouge (simple d'utilisation, précision, reproductibilité, analyse multiparamétrique) et ceux de l'imagerie, et fournit une information spectrale et spatiale pour un échantillon.

* "The research leading to these results has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme (FP7/ 2007-2013) under the grant agreement n°FP7-613551, LEGATO project" 1 January 2014 – 31 December 2017

Echantillons

Graines de légumineuses broyées:

ESPECES	Nombre	Code (Nom)
féveroles	92	VF801-VF892
Pois	105	PS201-PS305
Pois chiche	86	CA601-CA731

Différents pays : Espagne, Portugal, Bulgarie, France...

Différentes sous-espèces : major, equina Pers, paucijuga Beck

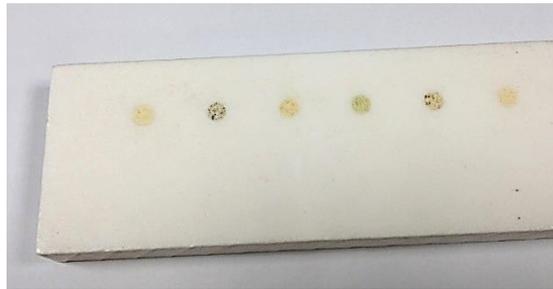
Différents pays : Inde, Australie, République Tchèque...

Différentes conditions de culture: Landraces, Cultivar, Breeding lines, Wild...

Pas d'information

Matériel et méthode

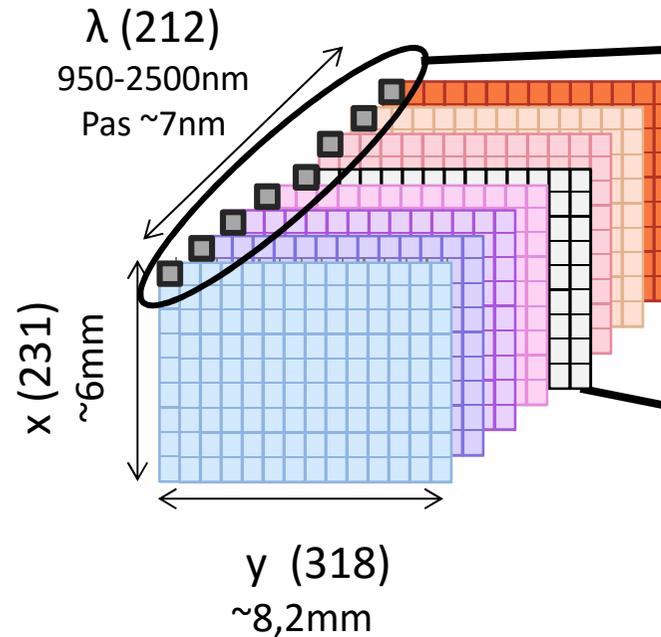
Les broyats de légumineuses sont placés dans des trous d'un porte-échantillons en téflon, usiné au laboratoire.



La surface de chaque poudre est automatiquement imagée par le système NIR-HSI.

Système d'imagerie hyperspectrale NIR

HyperPro (BurgerMetrics)



Spectre à un pixel donné xy

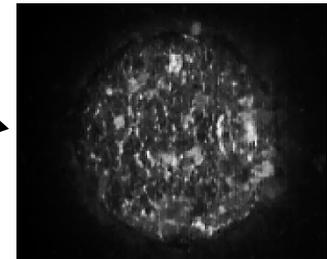
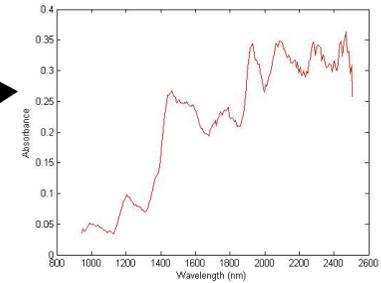


Image obtenue à
une longueur
d'onde
sélectionnée

1min20s/image

Système d'imagerie hyperspectrale "Pushbroom" :

- Acquisition d'une ligne entière (résolution spatiale $26\mu\text{m}$)
- Le convoyeur avance selon la direction y et une nouvelle ligne est acquise

Objectifs du projet

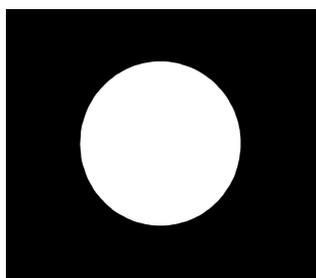
La première étape consiste à effectuer des analyses exploratoires pour faire ressortir les différences majeures entre les échantillons et créer des groupes d'échantillons similaires ayant la même signature spectrale. Nous présentons ici les résultats obtenus par Analyse en composantes principales (ACP), par ACP concaténée et par la méthode des K-means.

Ensuite, des modèles de régression supervisée vont être développés pour relier les images hyperspectrales NIR à des données chimiques et physiques (l'acquisition de ces données par des partenaires du projet est en cours).

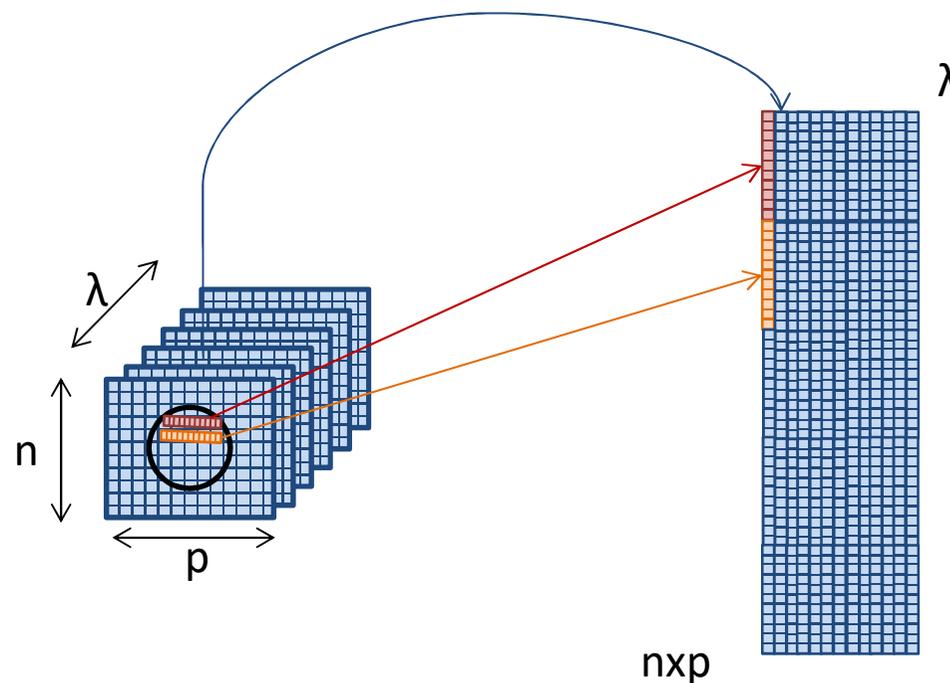
Prétraitement des données

Sélection d'une ROI :

Une segmentation manuelle est réalisée sur une image moyenne de chaque cube de données, conduisant à une image binaire (valeurs des pixels égales à 1 pour les pixels dans la ROI et à 0 pour les pixels du fond).



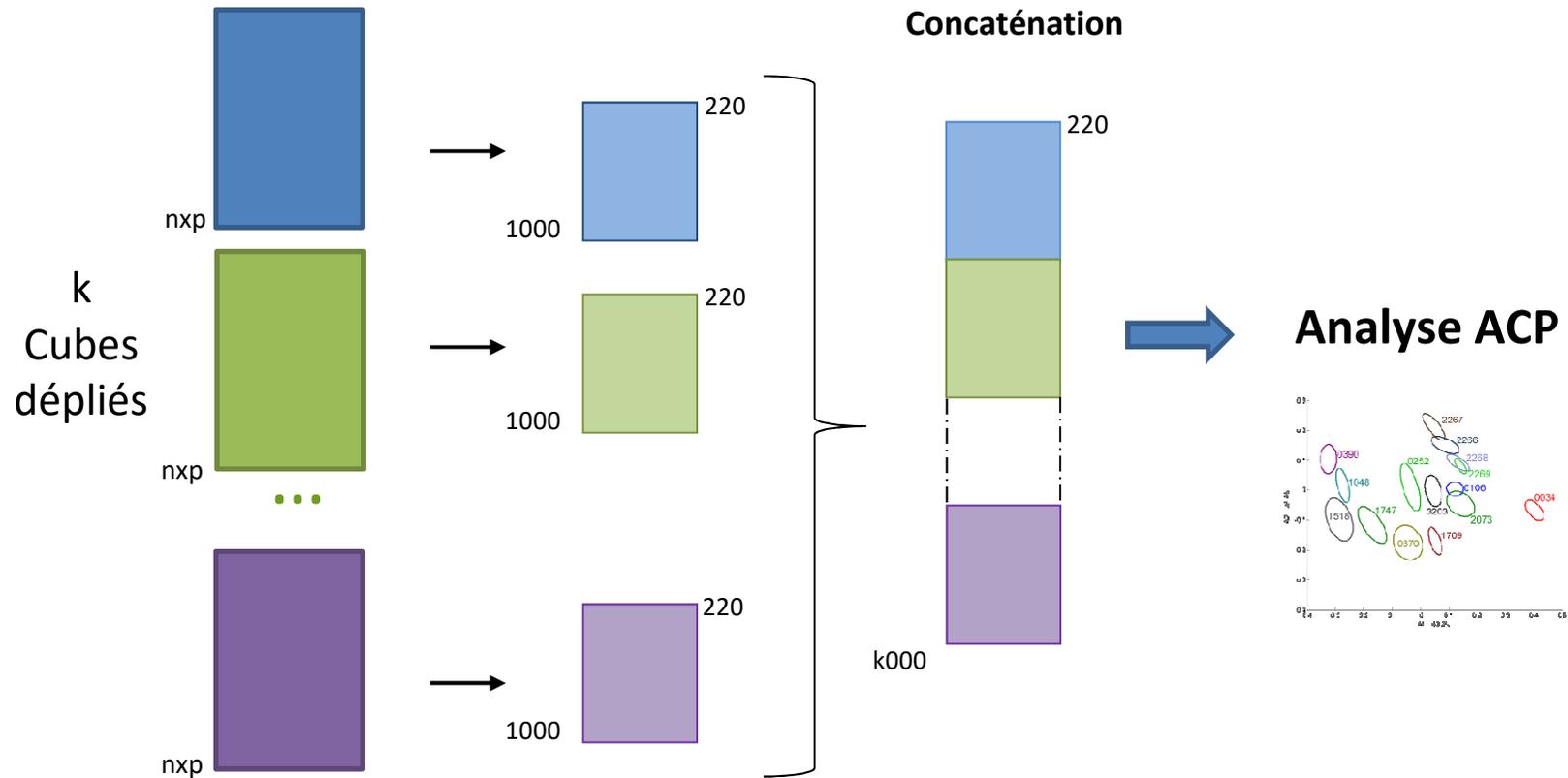
Dépliage de l'hypercube :



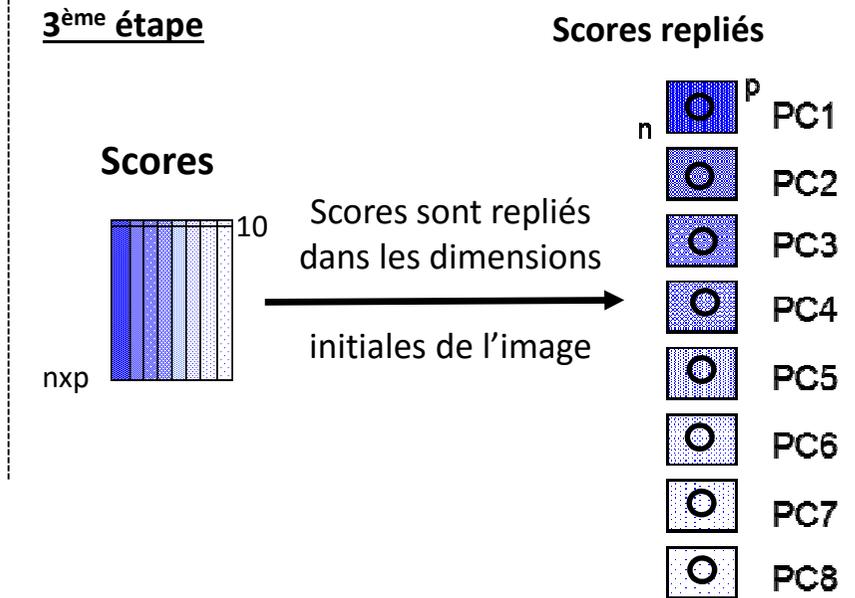
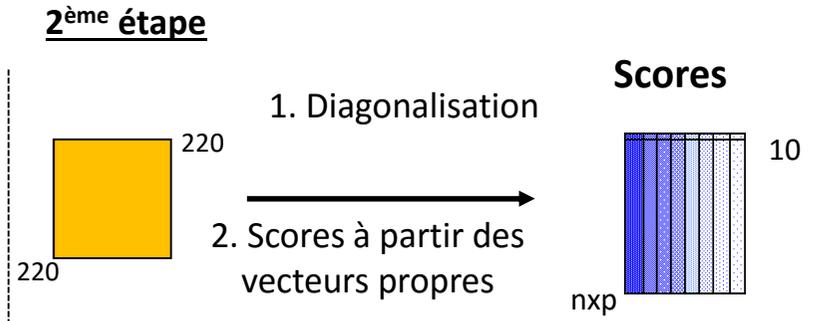
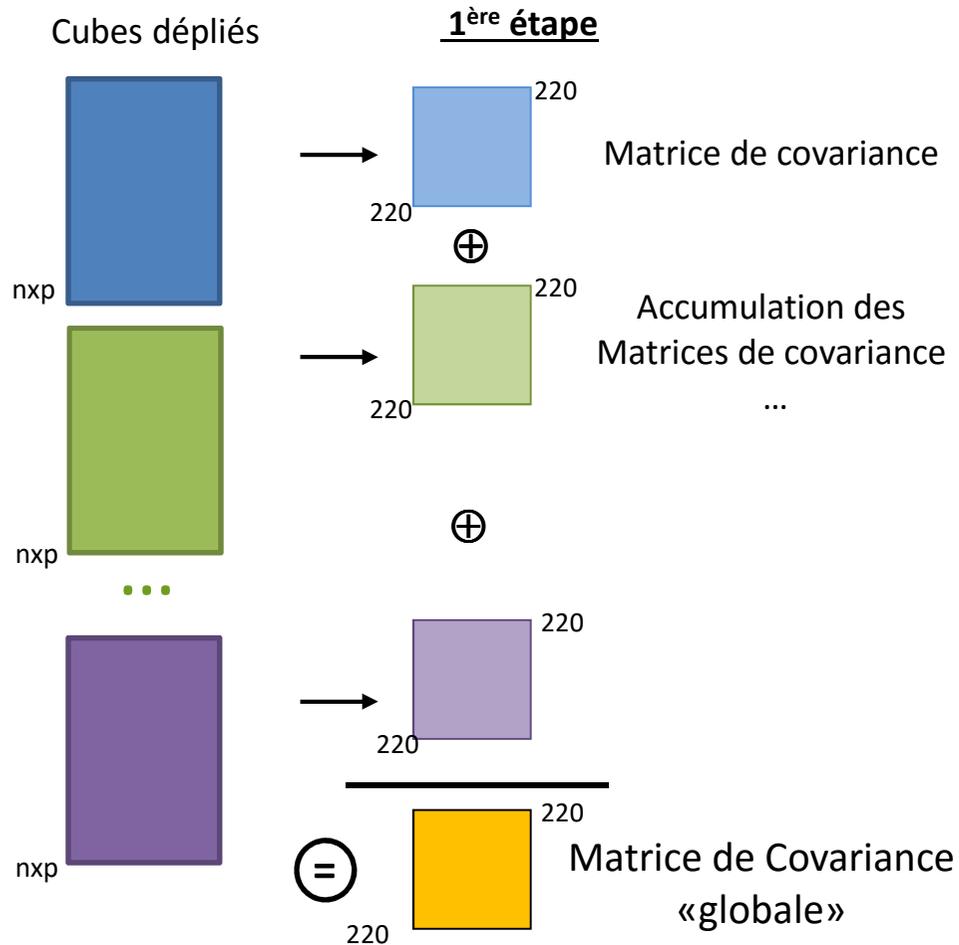
Smoothing+SNV

Analyse en composantes principales (ACP)

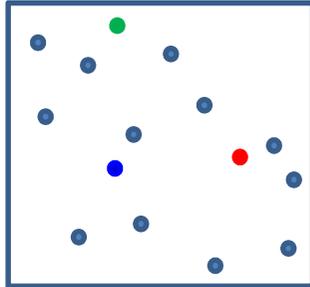
Echantillonnage aléatoire:
1000 pixels de chaque ROI



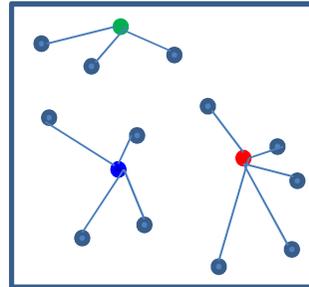
ACP concaténée



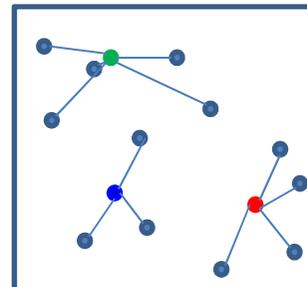
K-means (1)



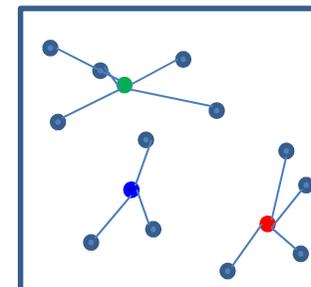
Sélection arbitraire
de k centres \Rightarrow k
groupes



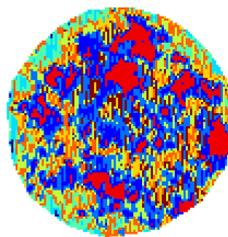
Chaque pixel est
assigné à un groupe



Les centres de chaque groupe
sont bougés vers la moyenne
des points du groupe et les
pixels assignés aux nouveaux
groupes



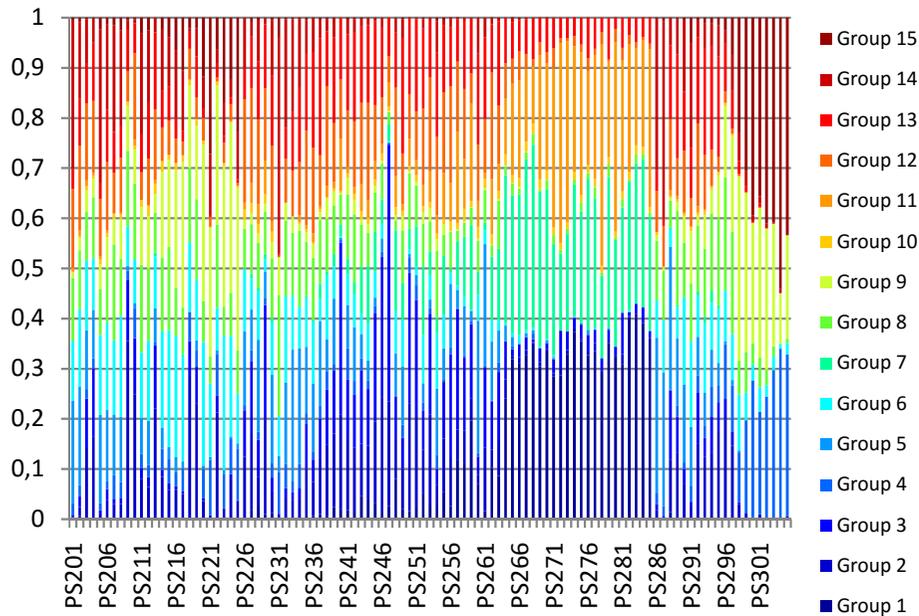
Les centres sont
encore bougés à la
moyenne des points



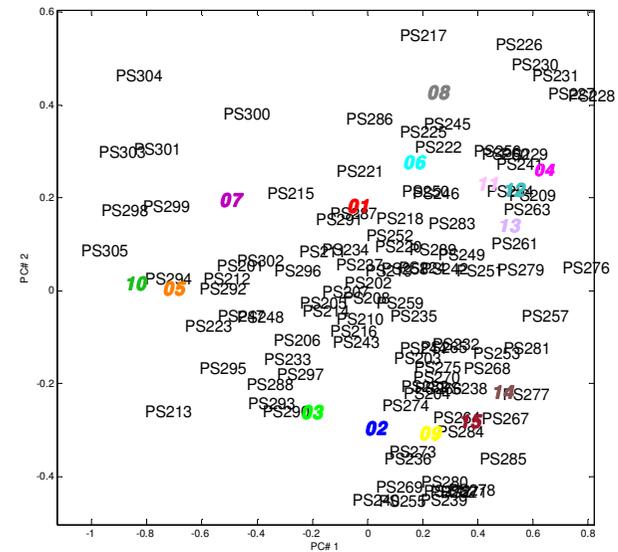
Une image en fausses couleurs peut être recréée en assignant une couleur arbitraire à chaque groupe.

K-means (2)

Les proportions des groupes pour chaque image sont estimées, et une analyse des correspondances est effectuée sur les proportions dans les groupes, de façon à mettre en évidence les relations entre les échantillons et les groupes.



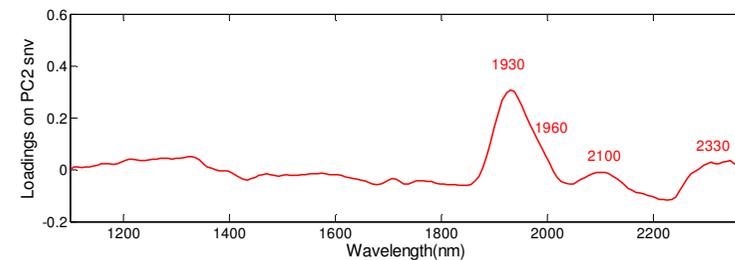
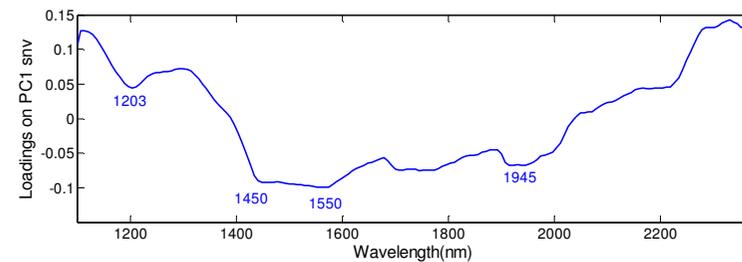
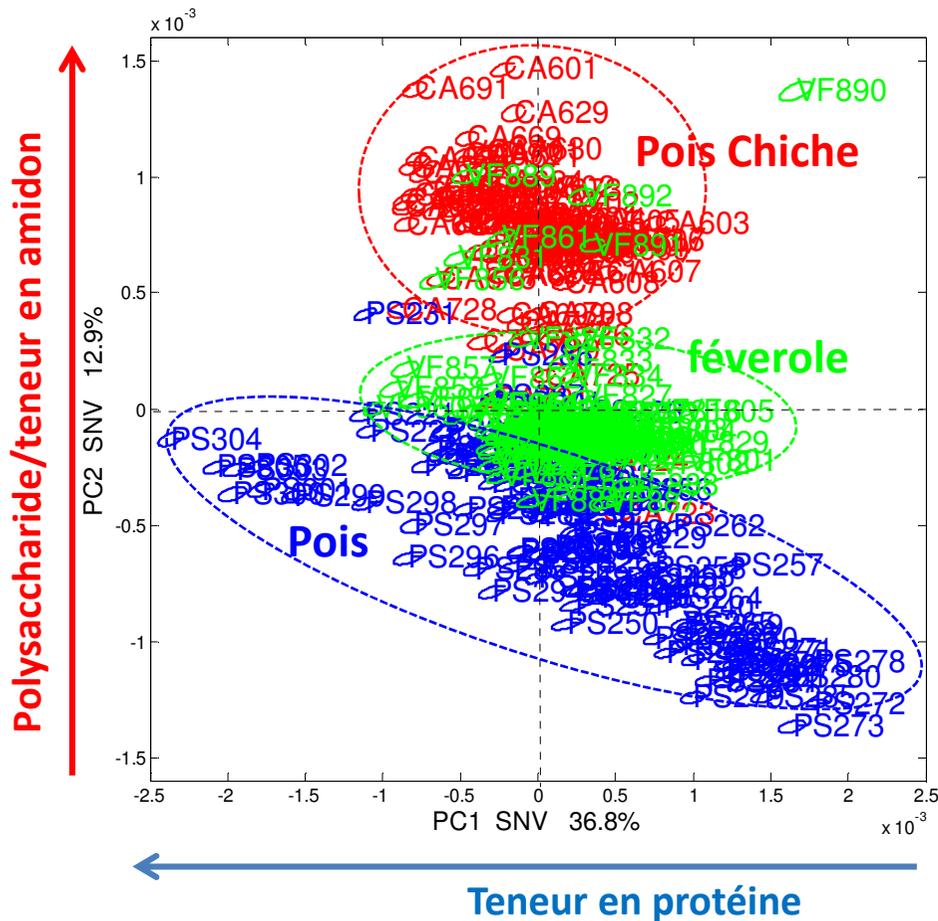
Proportions des groupes pour chaque image



Analyse des correspondances

Résultats ACP (1)

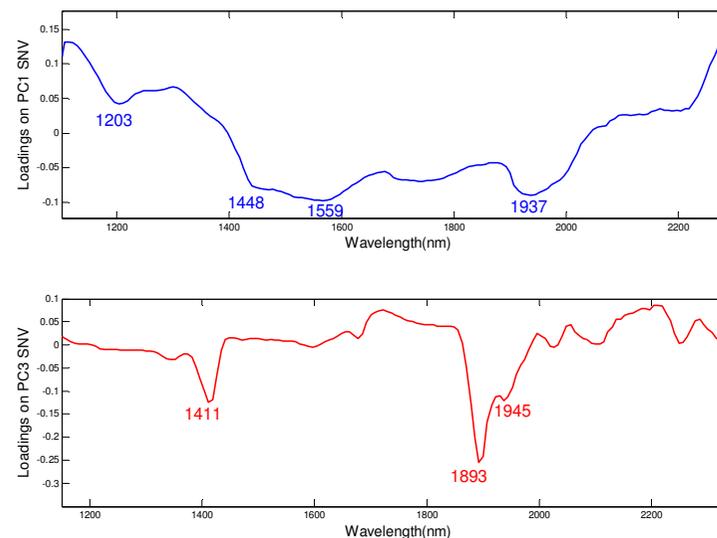
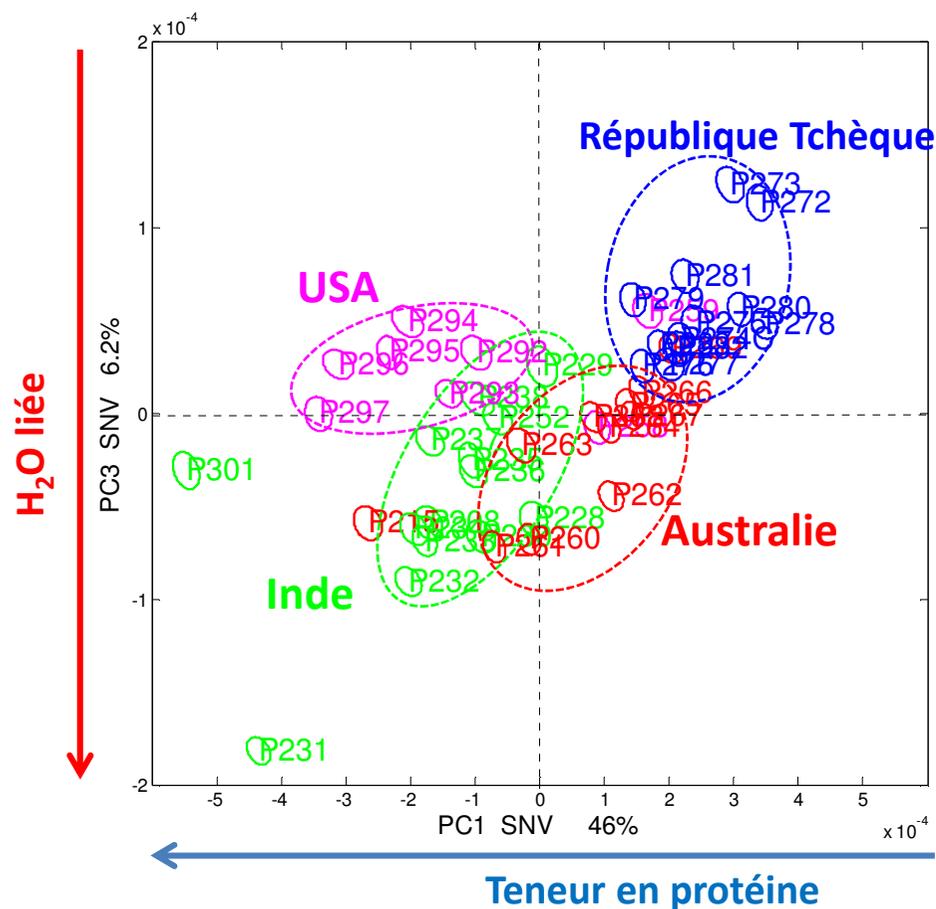
ACP réalisée sur 3 espèces : Pois, féverole et Pois chiche



(à confirmer avec les partenaires en charge des déterminations chimiques)

Résultats ACP (2)

ACP réalisée sur les échantillons de pois en regard de leur origine

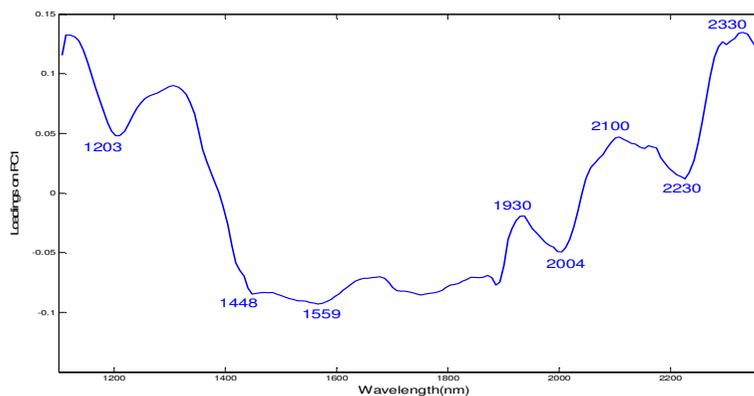
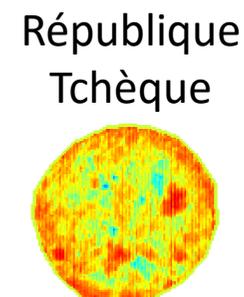
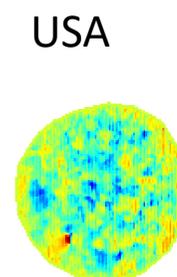
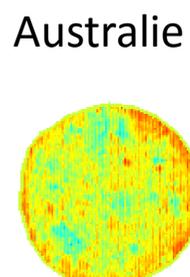
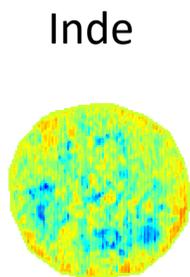
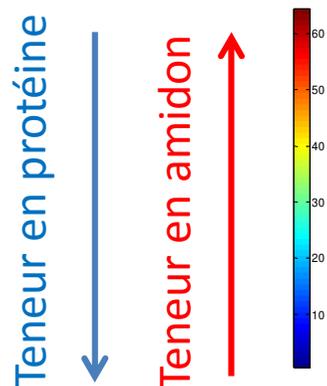


(à confirmer avec les partenaires en charge des déterminations chimiques)

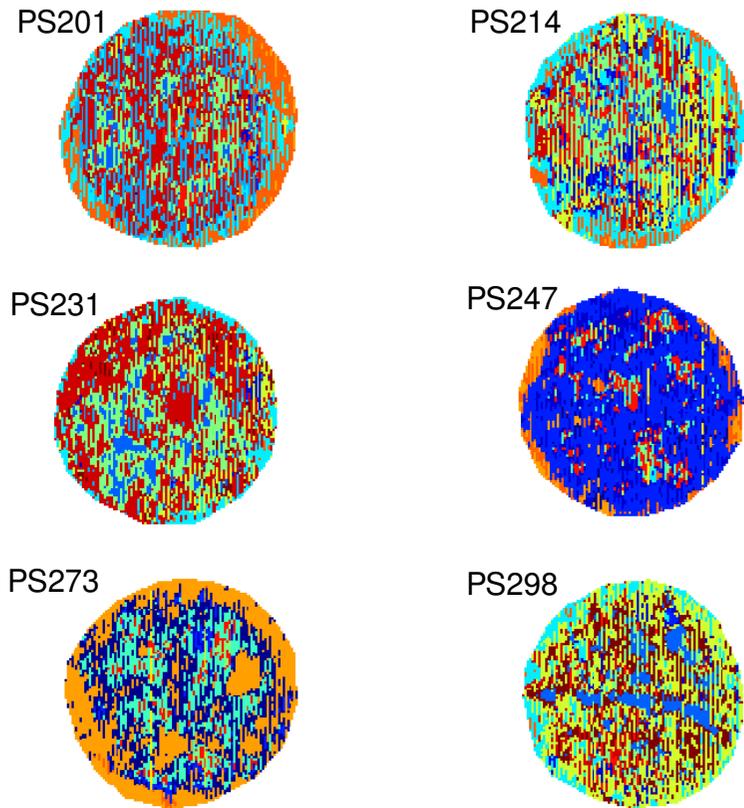
Résultats ACP concaténée

ACP concaténée réalisée sur les échantillons de pois en regard de leur origine

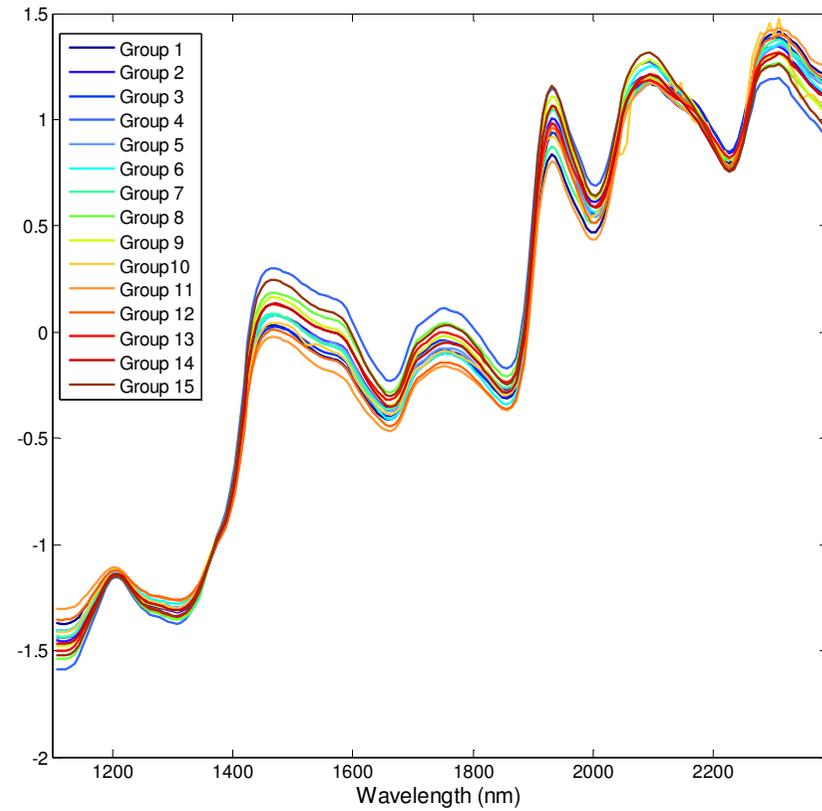
Scores PC1



Résultats K-means Pois (1) - 15 clusters

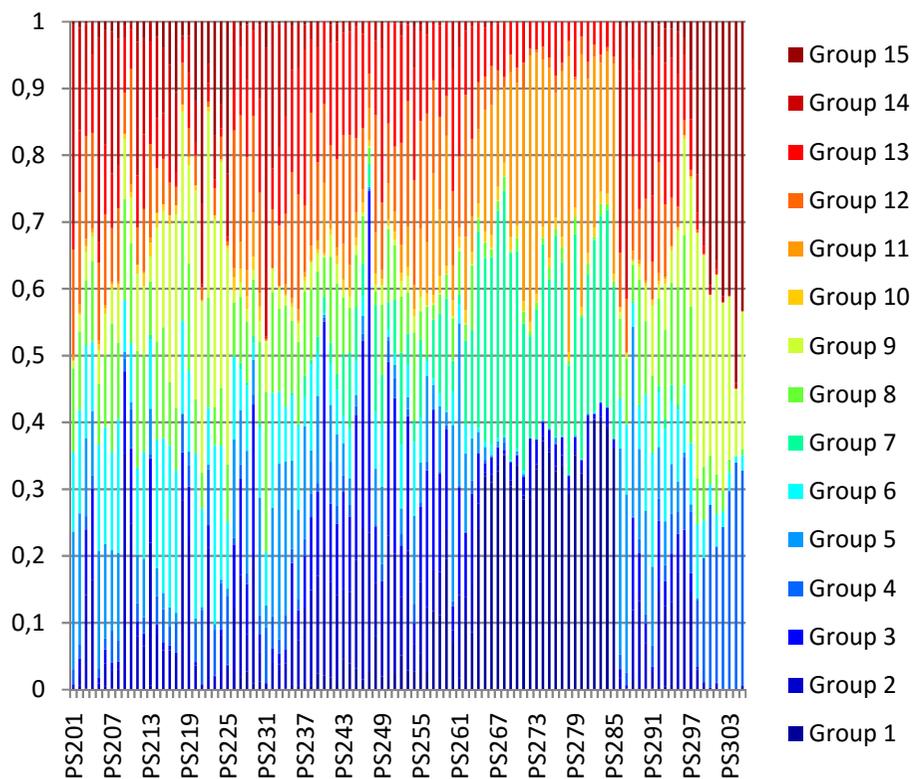


Images en fausses couleurs

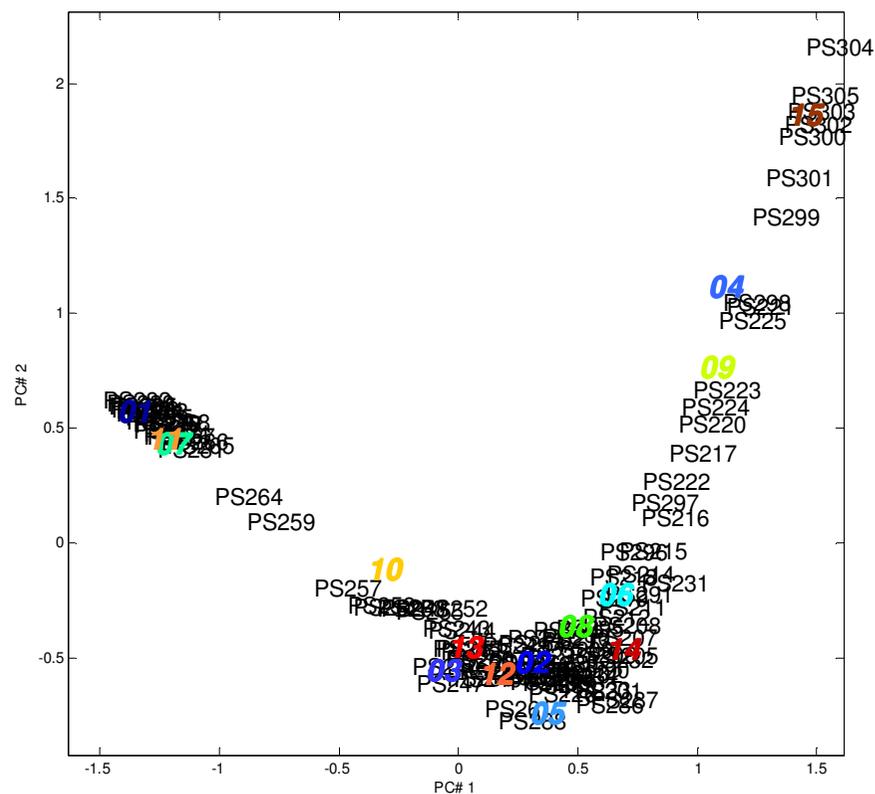


Barycentres des groupes

Résultats K-means Pois (2) - 15 clusters

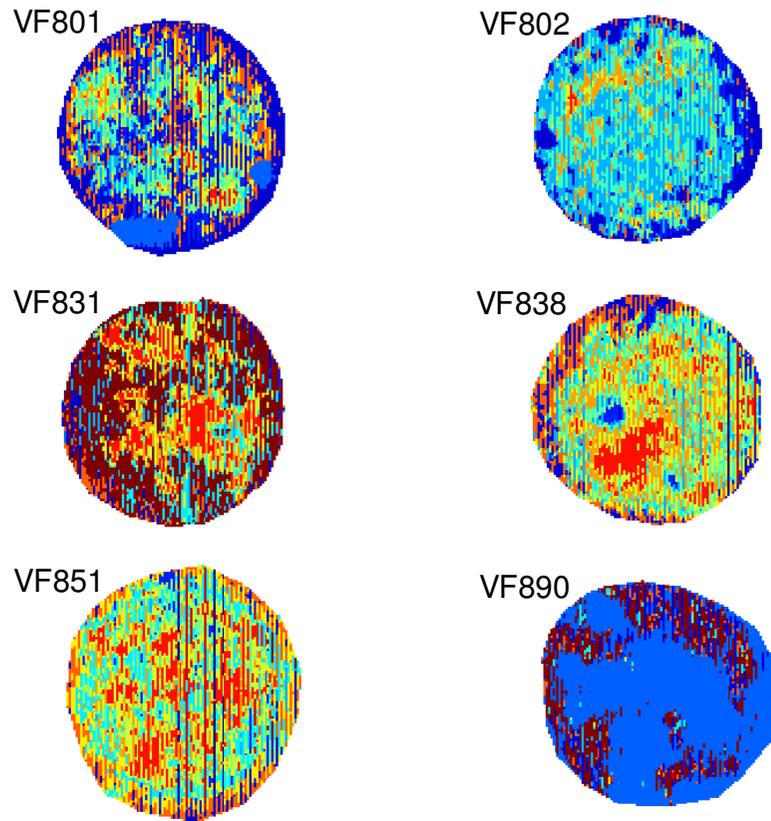


Proportions des groupes pour chaque image

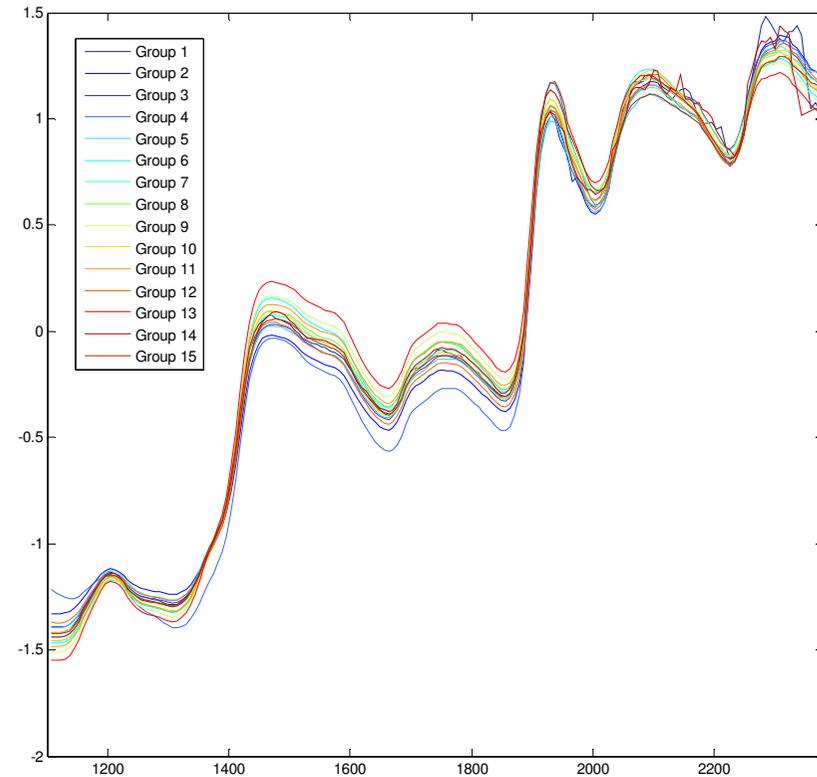


Carte factorielle de l'analyse des correspondances

Résultats K-means féveroles (1) - 15 clusters

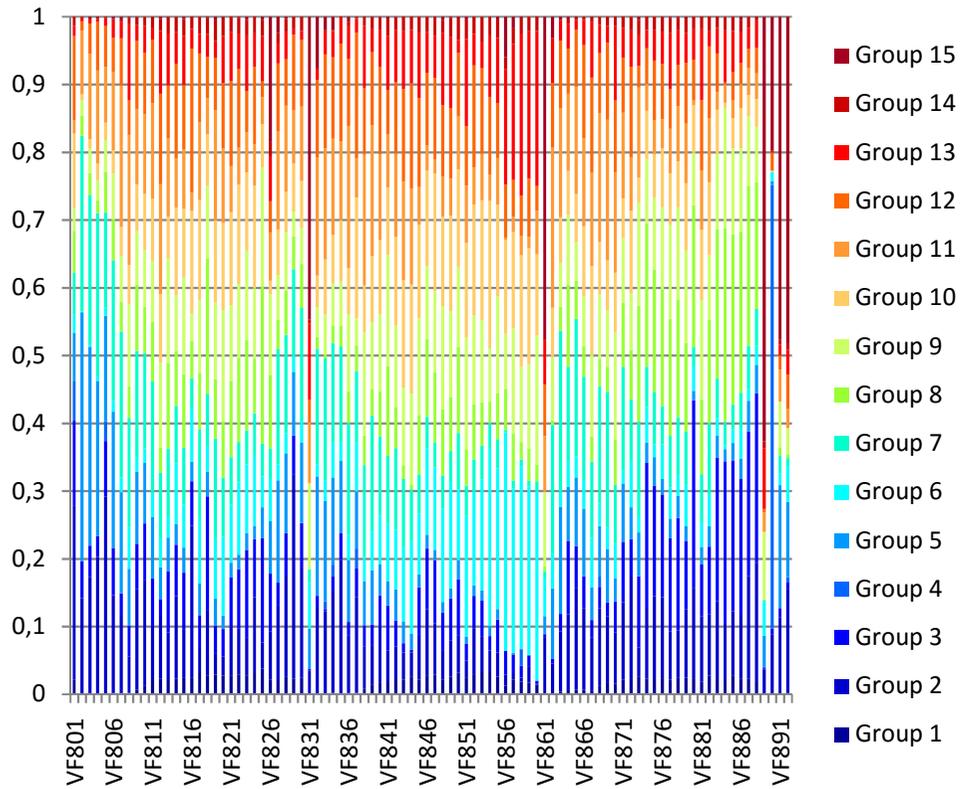


Images en fausses couleurs

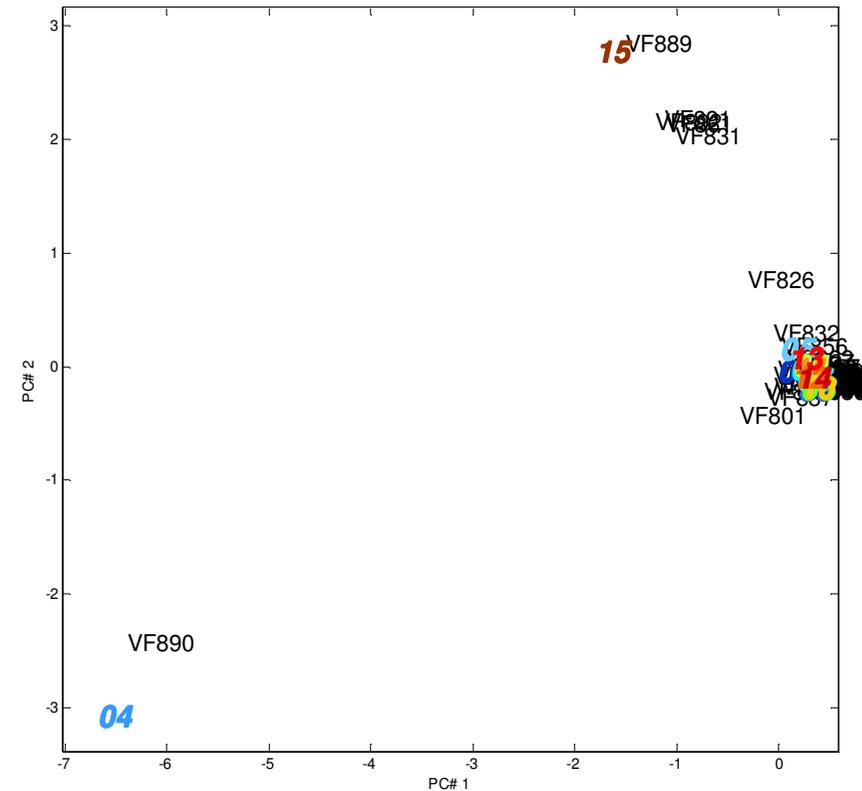


Barycentres des groupes

Résultats K-means féveroles (2) - 15 clusters

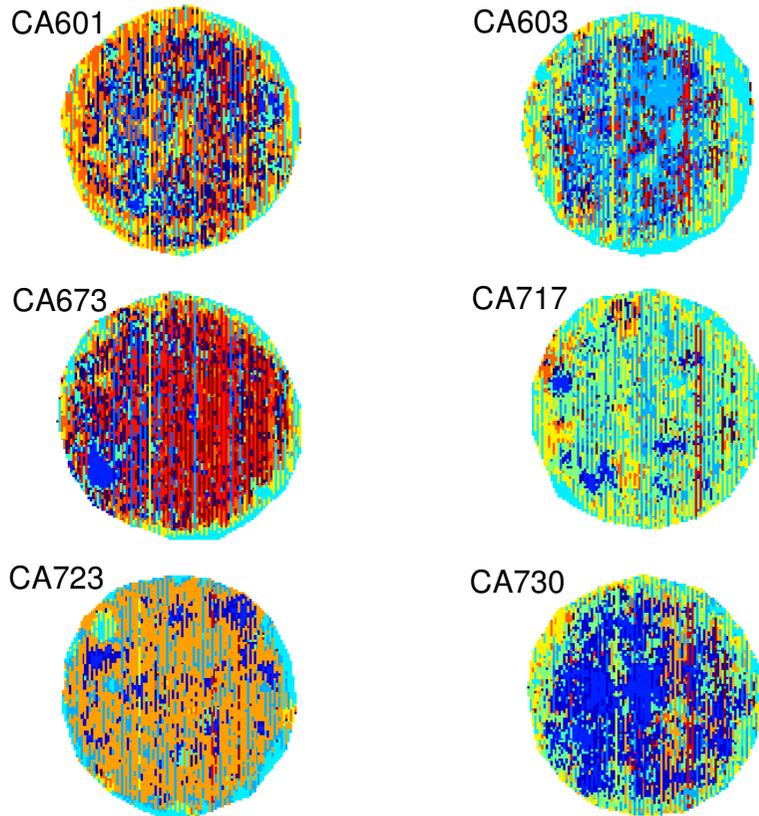


Proportions des groupes pour chaque image

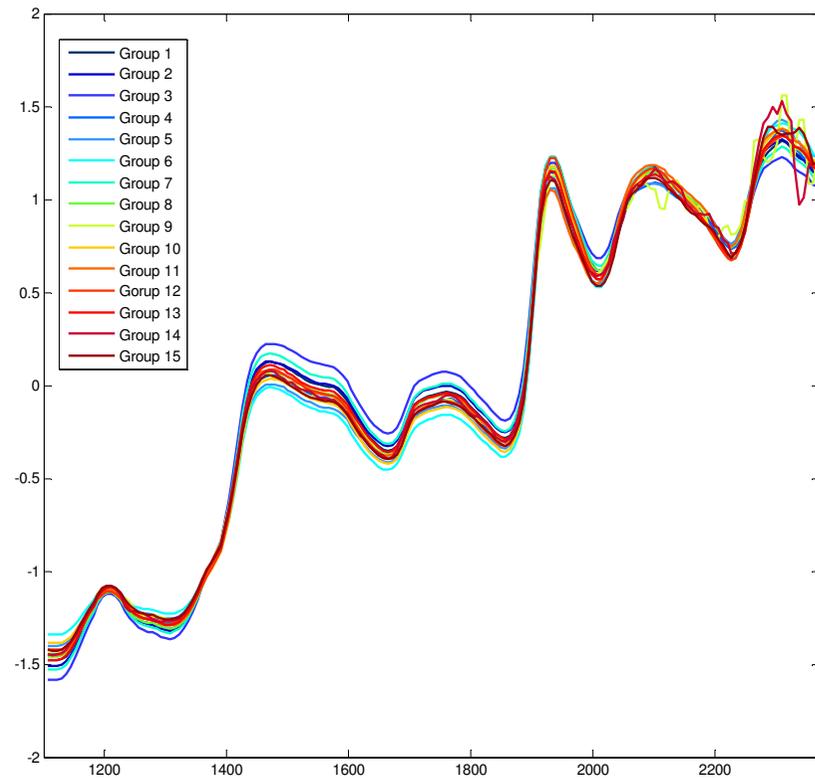


Carte factorielle de l'analyse des correspondances

Résultats K-means Pois Chiche (1) - 15 clusters

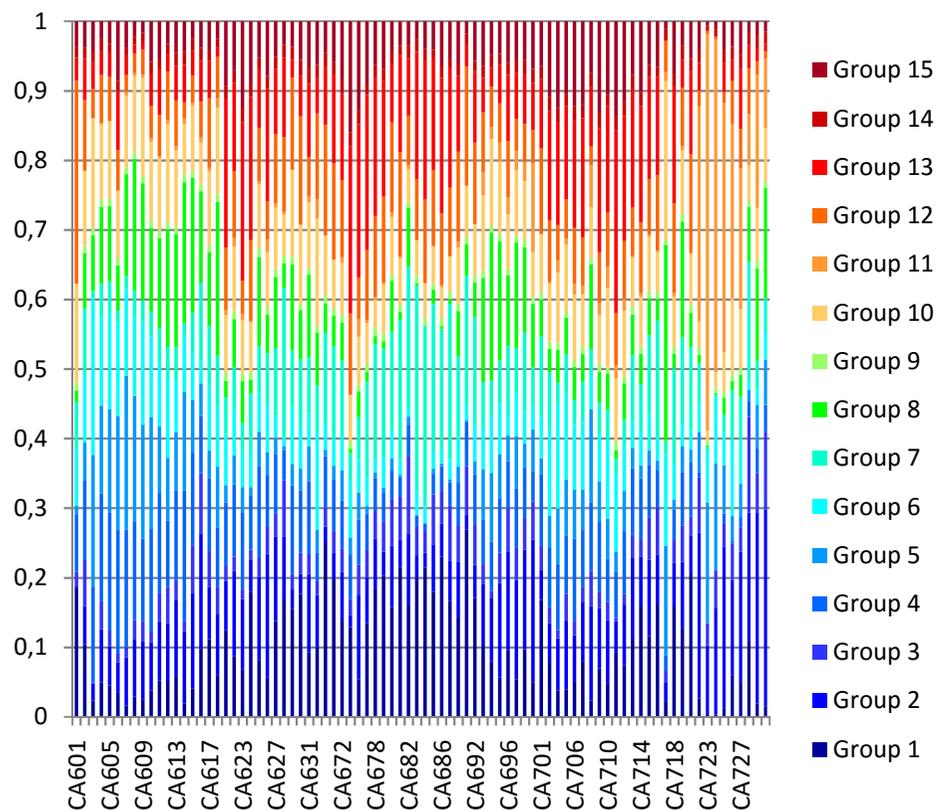


Images en fausses couleurs

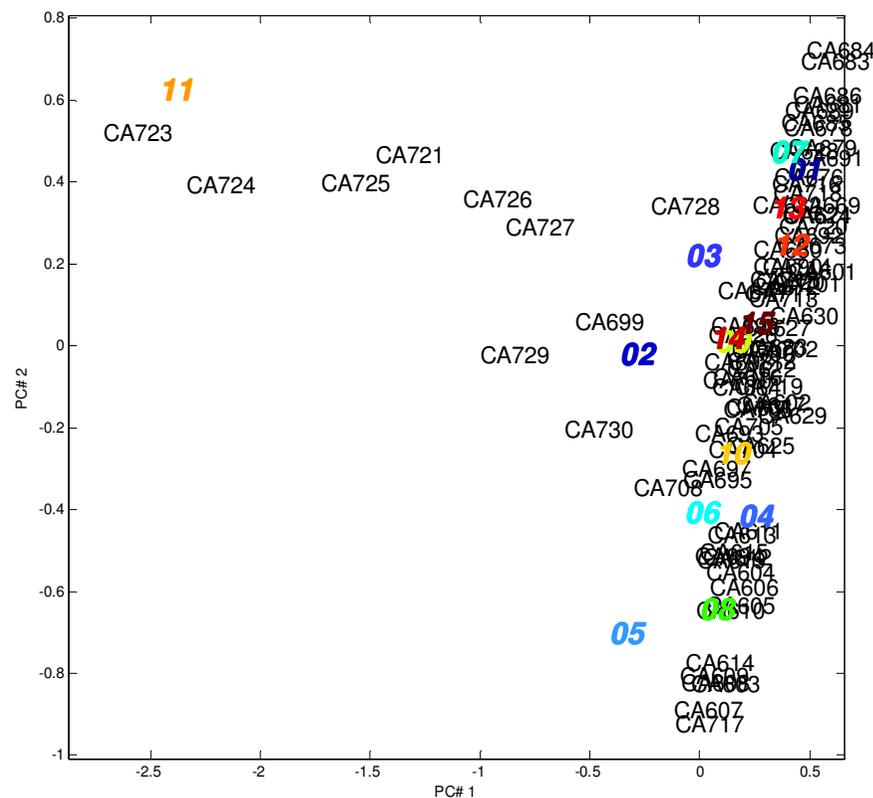


Barycentres des groupes

Résultats K-means Pois Chiche (2) - 15 clusters



Proportions des groupes pour chaque image



Carte factorielle de l'analyse des correspondances

Conclusions

Les graines de légumineuses broyées de pois, de féveroles et de pois chiche ont été analysées par imagerie hyperspectrale NIR et par des méthodes chimiométriques non supervisées (ACP, ACP concaténée, k-means).

L'ACP permet de séparer rapidement les échantillons en fonction des espèces ou de l'origine au sein d'une même espèce, en utilisant les teneurs en amidon et en protéine. Cependant, ces résultats doivent être confirmés par les analyses chimiques réalisées par les partenaires du projet LEGATO.

L'ACP concaténée peut être utilisée pour comprendre la distribution des composés dans un échantillon et estimer l'homogénéité de celui-ci.

La méthode des Kmeans permet de grouper des échantillons en fonction de leurs signatures spectrales, liées aux teneurs en constituants.

Cette méthode met en évidence l'hétérogénéité des échantillons au sein d'une espèce, liée à leur origine, leur sous-espèces et leurs conditions de culture.

Perspectives

Appliquer les méthodes statistiques non supervisées aux données chimiques et physiques mesurées par les partenaires de LEGATO.

Utiliser la régression multivariée pour relier les images NIR aux teneur en constituants.

Merci pour votre attention



data_frame

