



Interreg
Sudoe

European Regional Development Fund



EUROPEAN UNION



VINIOT

- Combinaison de la méthode de résolution multivariée de courbes avec la méthode d'analyse factorielle discriminante pour la détection des maladies de la vigne à l'aide de l'imagerie hyperspectrale. Une étude de cas: la flavescence dorée.

Silvia Mas Garcia, Maxime Ryckewaert, Florent Abdelghafour, Maxime Metz, Daniel Moura, Carole Feilhes, Fanny Prezman and Ryad Bendoula



INRAE



Hélio
SPIR

➤ Flavescence Dorée (FD)

Une maladie de quarantaine soumise à déclaration obligatoire présente en France depuis plusieurs dizaines d'années

Agent responsable = un phytoplasme (petite bactérie)

Principal vecteur = une cicadelle dorée



Une des maladies les plus dommageables du vignoble européen



Sa détection est indispensable pour éviter sa propagation

➤ Flavescence Dorée (FD)

Une maladie de quarantaine soumise à déclaration obligatoire présente en France depuis plusieurs dizaines d'années



- Imagerie hyperspectrale + analyse de données

➤ Instrumentation

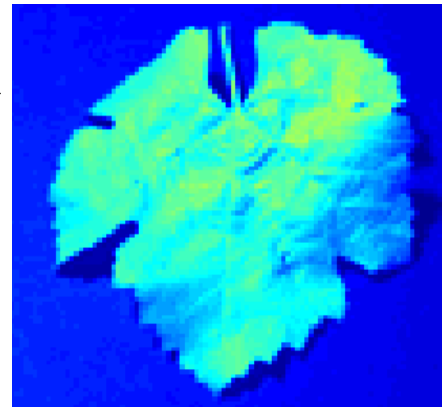
Hyperspectral camera
“ Specim IQ ”



VIS-PIR range :
397 – 1003 nm



Image hyperspectral



Taille: 512x512x204

➤ Jeu de données

| Cépages | FD | saines |
|---------------|----|--------|
| Gamay | 19 | 10 |
| Fer | 10 | 5 |
| Duras | 9 | 3 |
| Chardonnay | 12 | 11 |
| Colombard | 10 | 5 |
| Loin de l'œil | 10 | 5 |

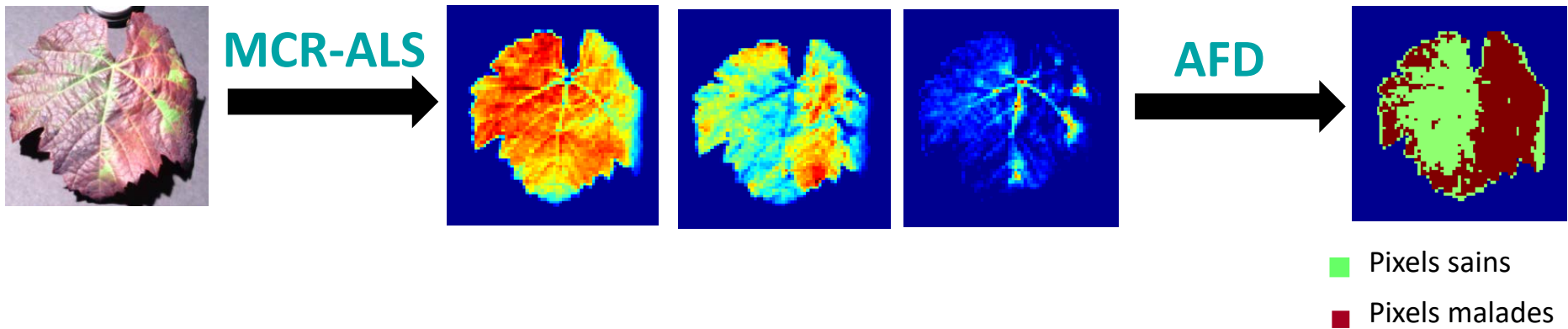
109 feuilles = 70 feuilles FD et 39 feuilles saines



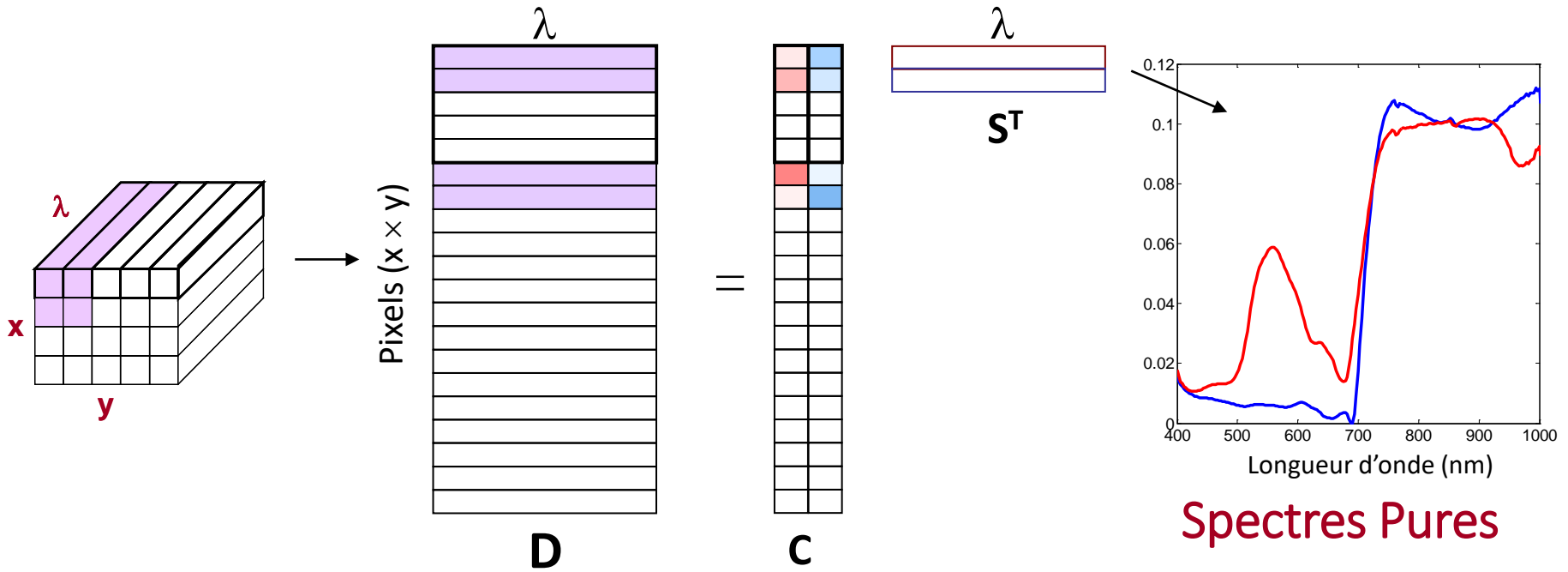
➤ Analyses de données

Combinaison MCR-ALS + AFD

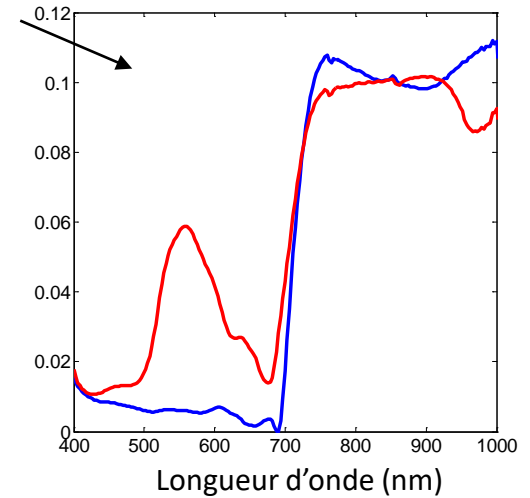
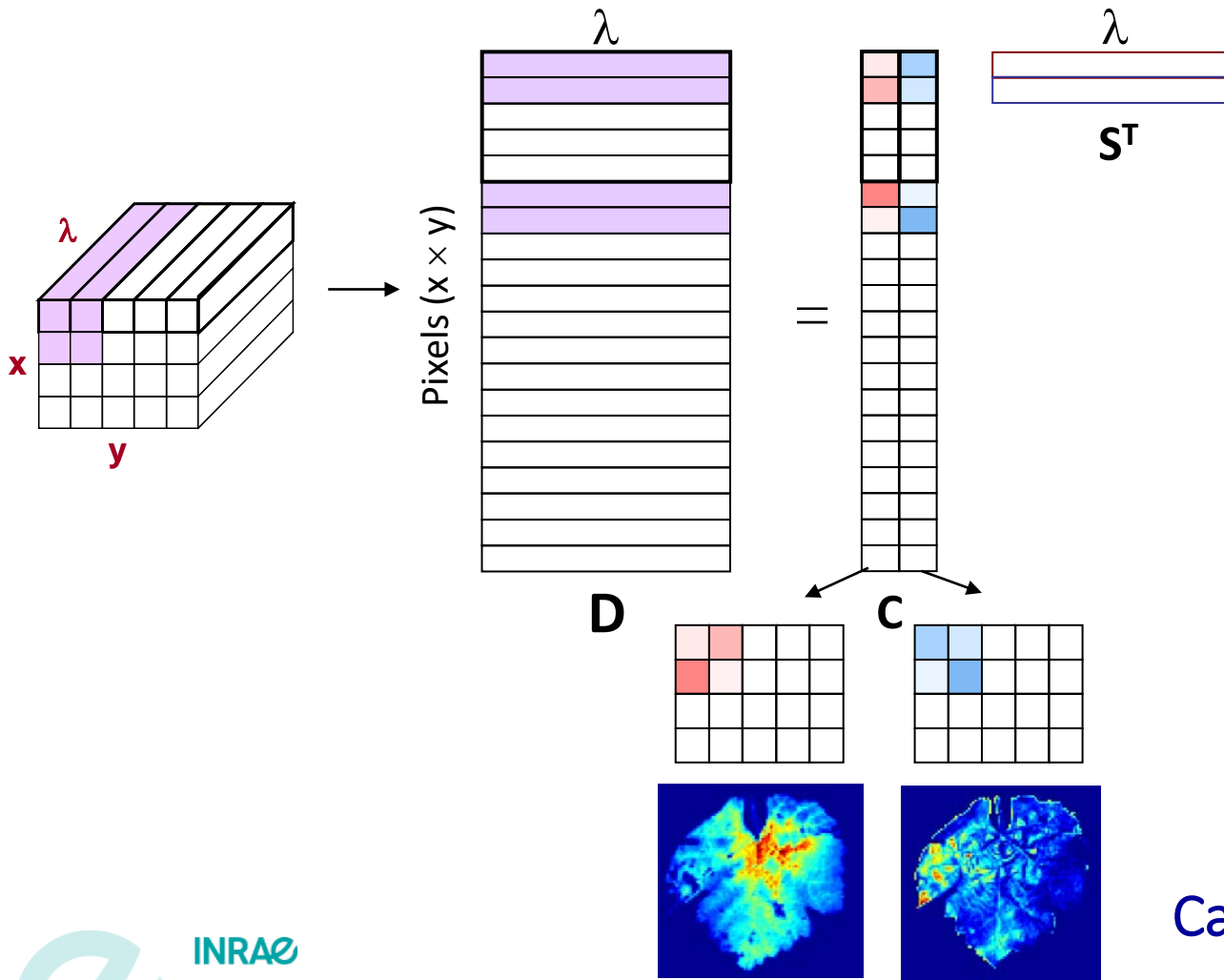
Sélection des composantes



➤ Application de la méthode MCR-ALS



➤ Application de la méthode MCR-ALS



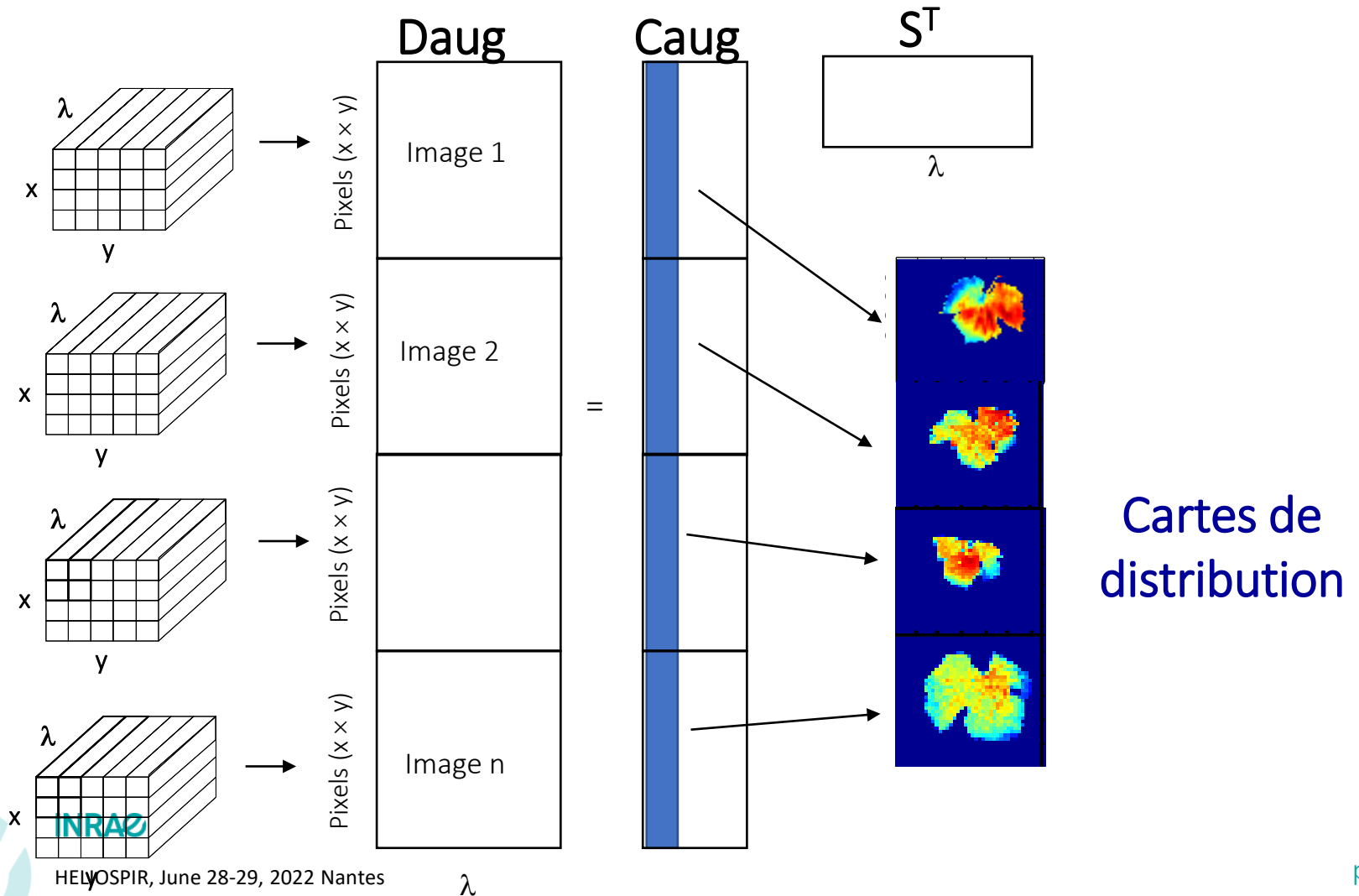
Spectres Pures

Cartes de distribution



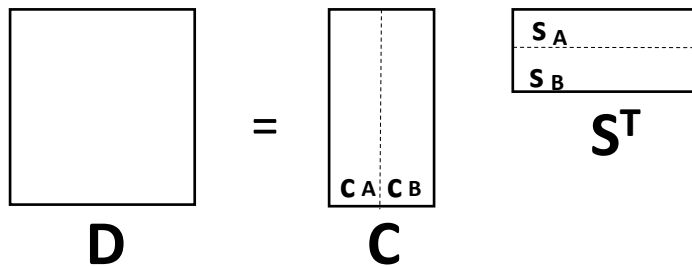
➤ Application de la méthode MCR-ALS

Model MCR. Multiset Analysis.

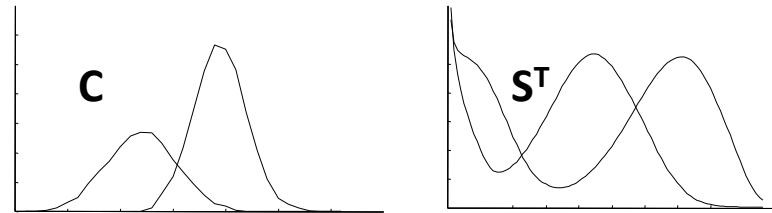


➤ MCR-ALS vs ACP

Modèle MCR

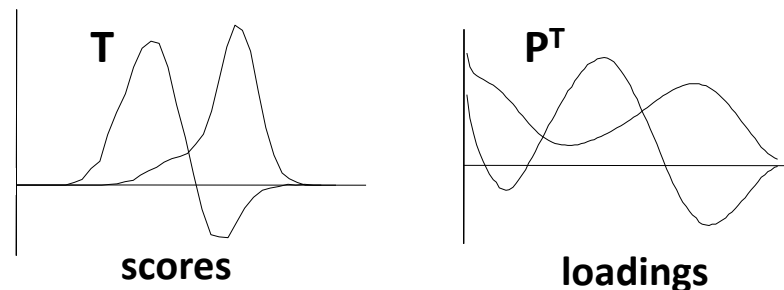
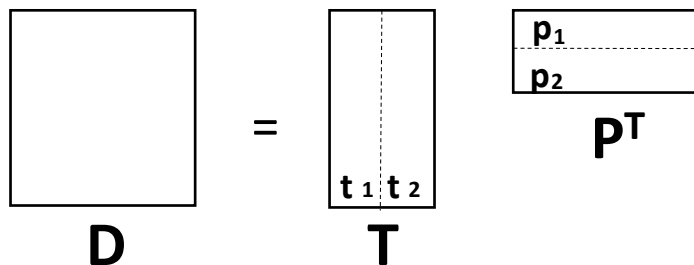


↑
Modèle bilinéaire
↓



- ✓ C, S^T (modélisées en fonction de **contraintes** chimiques et mathématiques)
- ✓ Solutions non uniques
- ✓ Signification chimique (**résolution**)

Modèle ACP



- ✓ T, P^T (orthogonal)
- ✓ Solutions uniques
- ✓ Pas de signification chimique (**exploration**)



➤ MCR contraintes

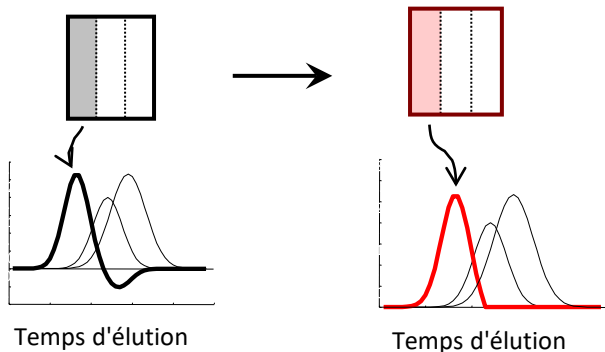
Contraintes Définition

Propriété présente systématiquement dans les profils **C** et **S^T**

Application :

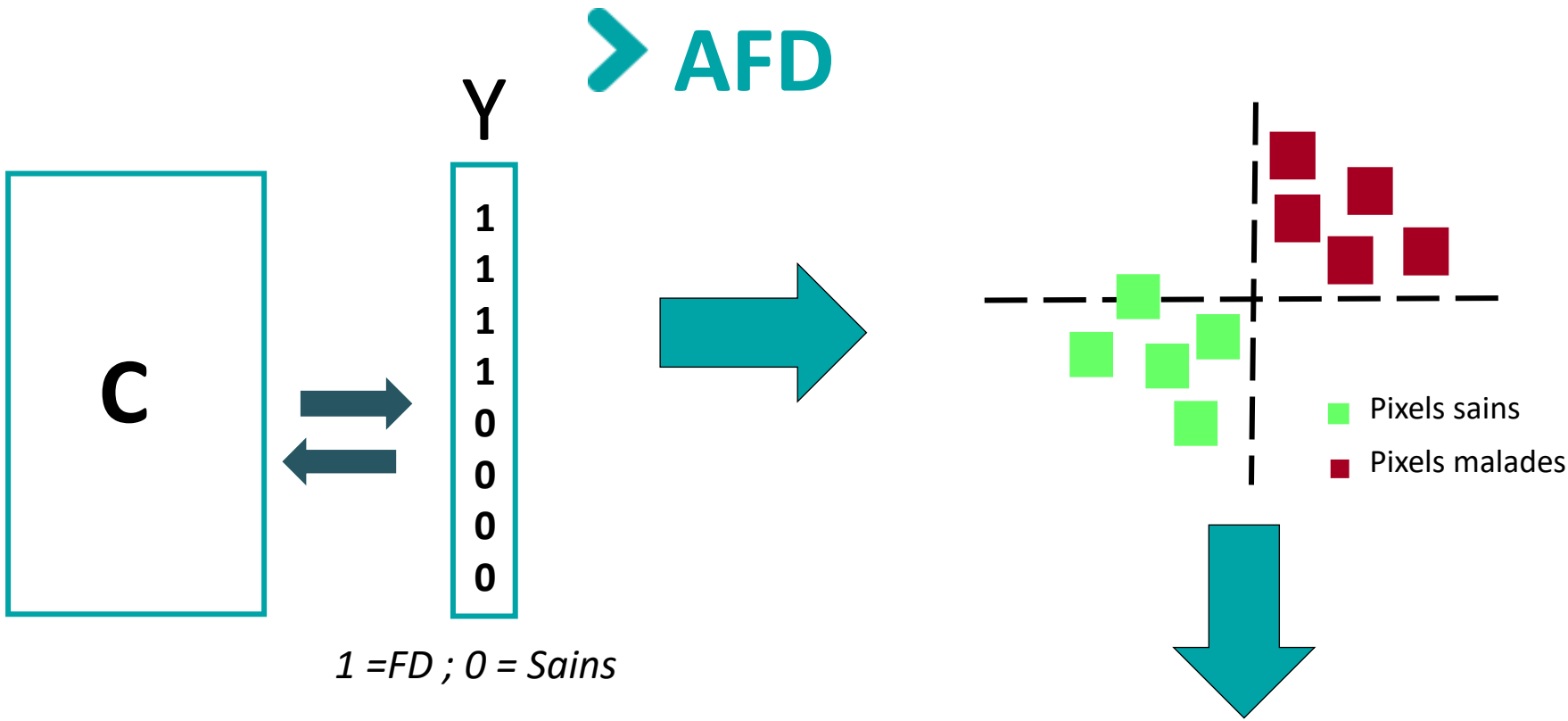
- **C** et **S^T** peuvent être contraint différemment.
- Les profils dans **C** et **S^T** peuvent être contraint différemment.

- Non-négativité (**C**, **S^T**)

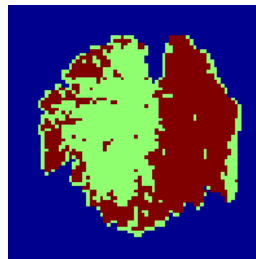


- Normalisation (**S^T**)

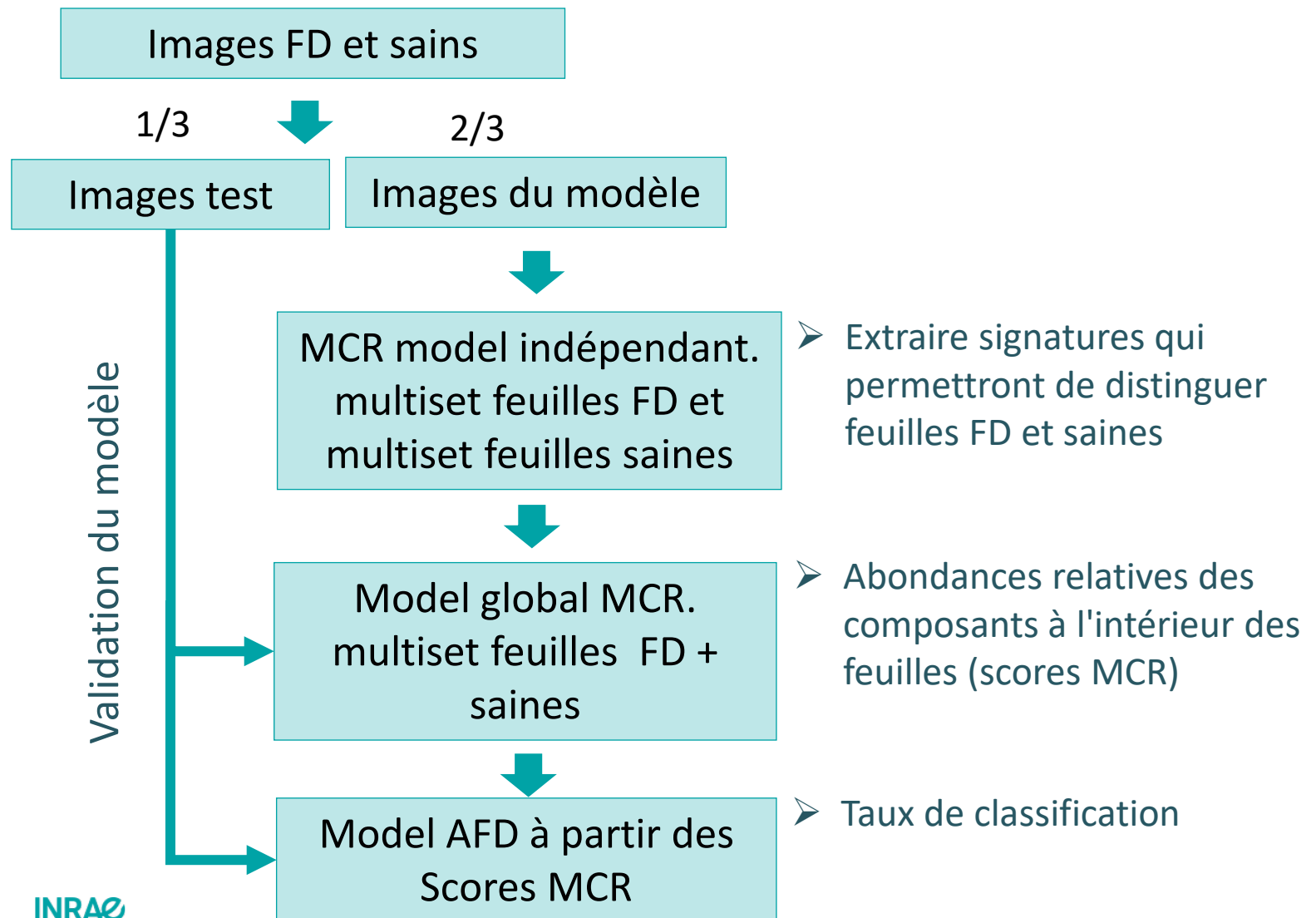
- Correspondence d'espèces



Cartes de distribution prédites



➤ Workflow pour l'analyse des données

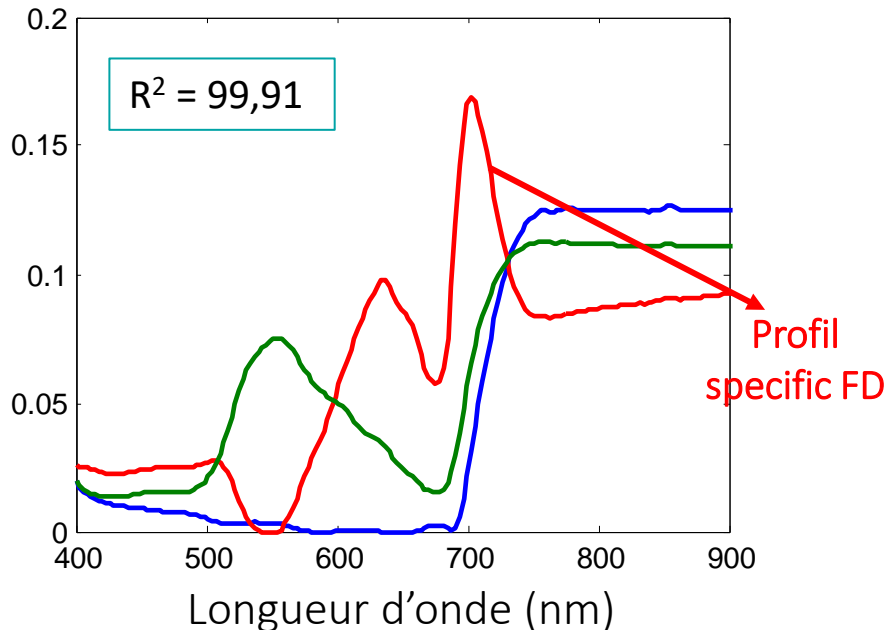


➤ Résultats

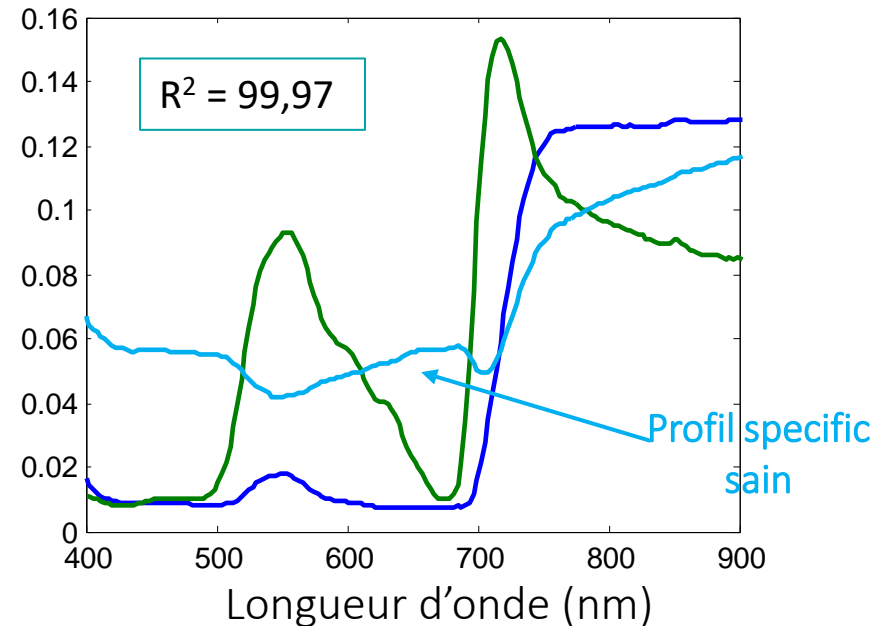
FD vs Sains. Résultats des modèles MCR indépendantes

Non négativité en C et S^T
Normalisation en S^T

Spectres purs FD (S^T) 47 feuilles



Spectres purs sains (S^T) 25 feuilles



INRAE

HELIOSPIR, June 28-29, 2022 Nantes



(Corr > 0.90)

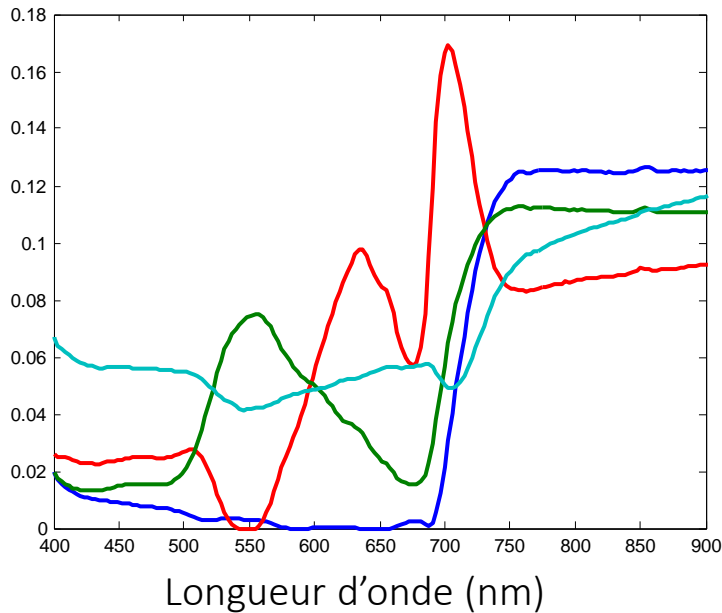


Composantes spécifiques

➤ Résultats

Analyse MCR. Multiset FD + sains

Estimations initiales



4 components = 3 FD+ 1 Sain

Non négativité en C et S^T

Normalisation en S^T

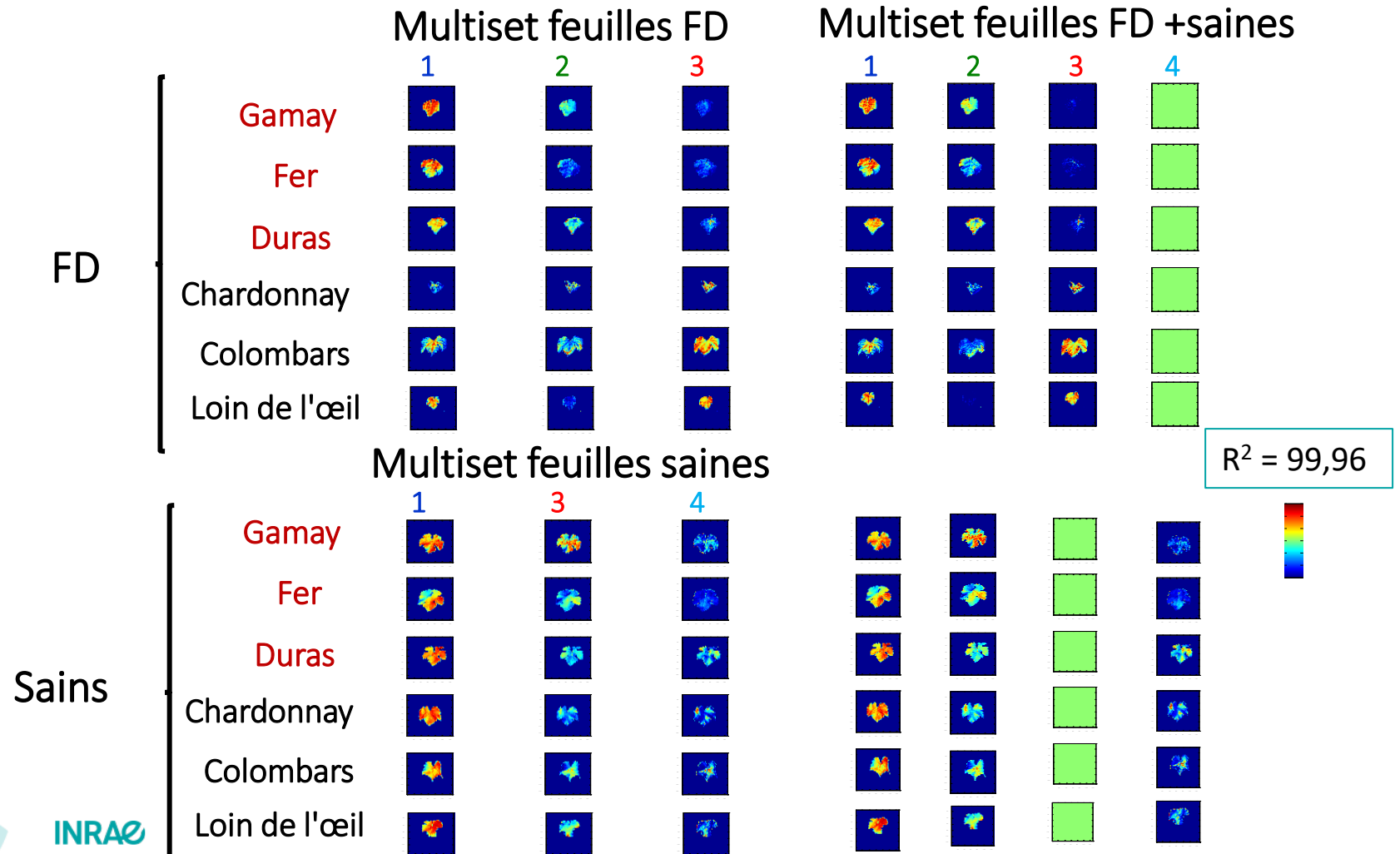
Correspondence d'espèces

Matrice isp (n. feuilles \times n composantes). 1, présence; 0, absence.

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------|---|---|---|---|
| FD | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Sains | 1 | 1 | 0 | 1 |

➤ Résultats

Résultats MCR. Cartes de distribution



➤ Résultats

Taux de classification à l'échelle du pixel

TC totale= 81,5%
TC de feuilles FD > 75 %
TC de feuilles saines > 95 %

➔ due au processus d'étiquetage ??

Taux de classification à l'échelle de la feuille

Critère de bonne classification :
Feuilles FD TC > 50 %
Feuilles saines TC > 75 %
Seules deux (une FD et une saine) des 37
feuilles ont été mal classées. Six feuilles FD
présentent également un TC inférieur à 60 %.

➔ <TC de feuilles FD due
à la plus grande
variabilité ?

➤ Résultats

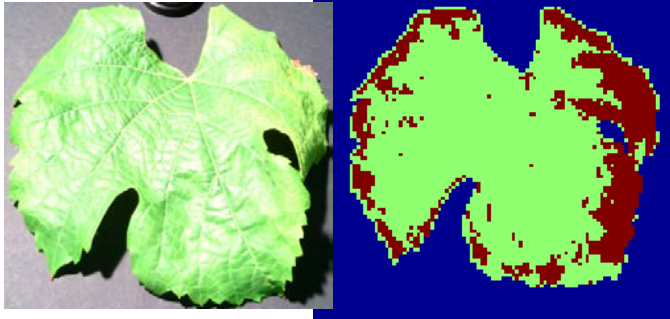
Cartes de distribution prédites

Les deux feuilles mal classées

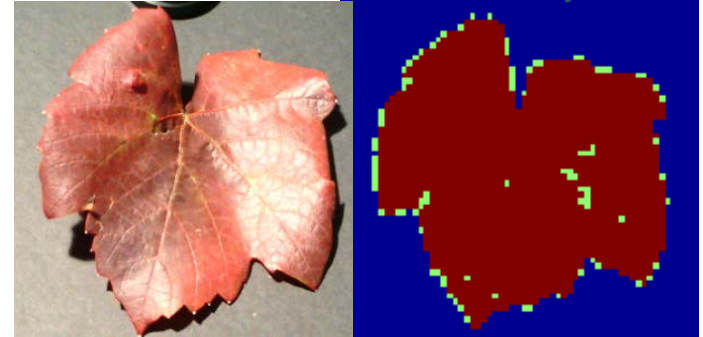
Exemples de feuilles bien classées

FD

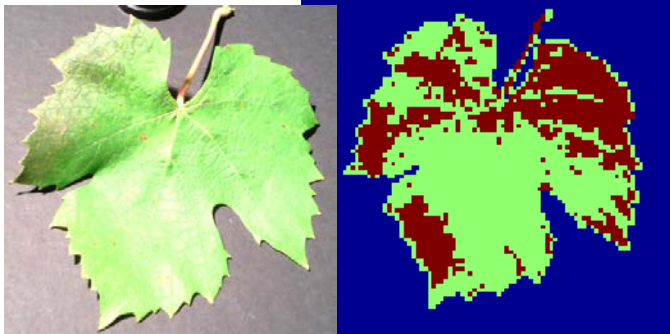
CR= 25,2%



CR= 95,1%



CR= 63,3%



CR= 97,7%



Saines

■ Pixels sains
■ Pixels malades

➤ Résultats



INRAE

HELIOSPIR, June 28-29, 2022 Nantes



MRFOOD2022 - 15th International Conference on the
Applications of Magnetic Resonance in Food Science

June 7-10, 2022 - Aarhus, Denmark

➤ Conclusions et Perspectives



➤ Conclusions et Perspectives

- La stratégie de combinaison de la MCR-ALS et de la FDA a prouvé son potentiel pour la discrimination entre feuilles saines et feuilles infectées par la Flavescence dorée à partir de l'utilisation d'images hyperspectrales.
- MCR-ALS permet d'extraire certaines signatures pertinentes qui peuvent discriminer les feuilles saines des feuilles infectées par la Flavescence dorée.
- Les abondances relatives des composantes dans les feuilles (scores MCR) peuvent être traitées avec la FDA et fournir une discrimination efficace des feuilles.
- Améliorer le processus d'étiquetage, par exemple en sélectionnant les zones des feuilles clairement identifiées comme infectées plutôt que d'attribuer une classe à la feuille entière.
- Pour parvenir à une application pratique en viticulture, certains aspects tels que les facteurs confondantes, les stades d'infection progressif et la faisabilité sur le terrain doivent être pris en compte



Merci de votre attention

