

Reconnaissance de types cellulaires à partir d'images hyperspectrales de bois : Comparaison de modèles statistiques

Réalisé par Laurent CHAPILLON
Sous la direction de Aurélien CHATEIGNER, Clément CUELLO et Julien MILLE

Introduction : ①

Le peuplier dispose de différents types cellulaires, chacun affecté à une fonction.

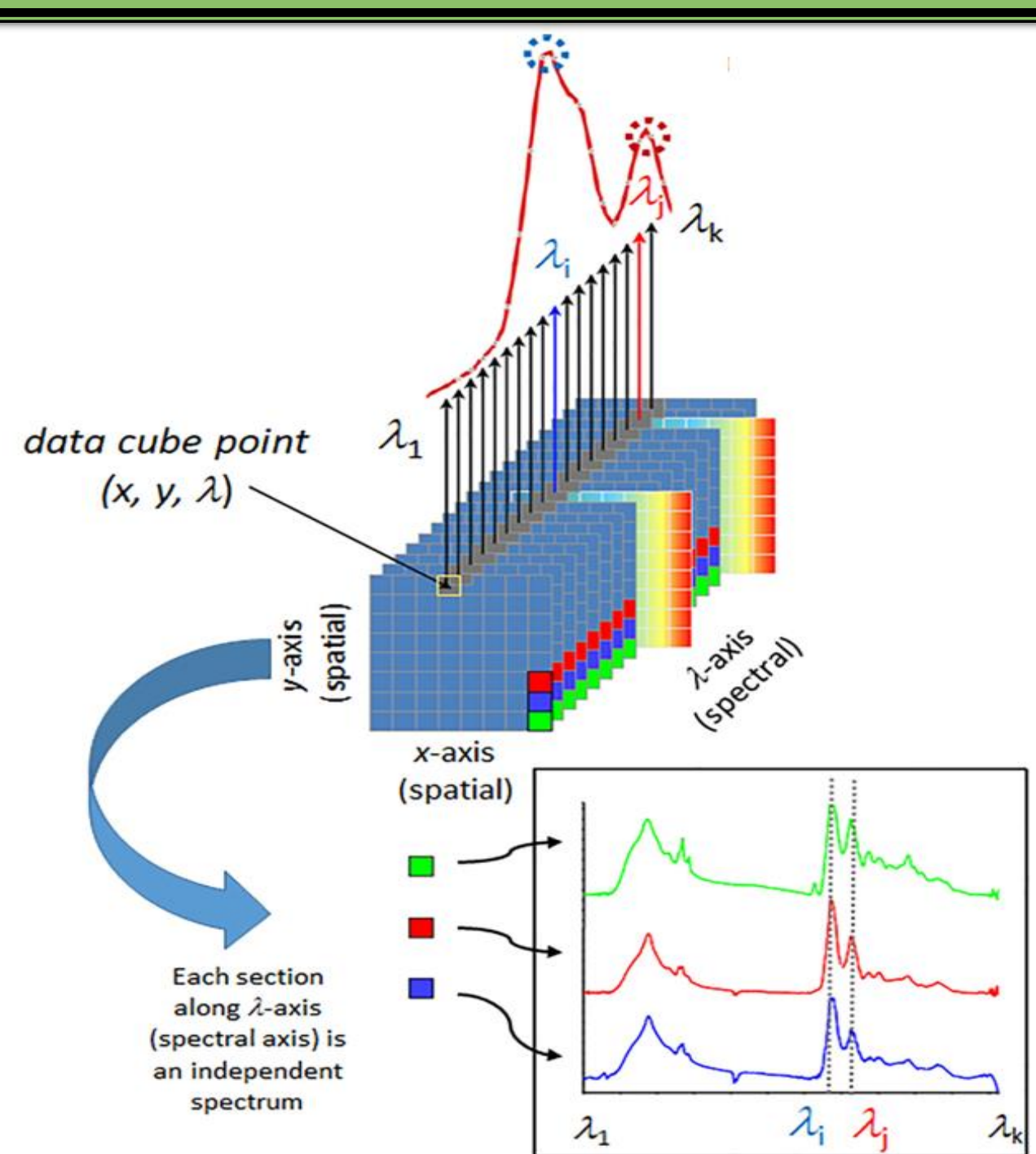
Les fibres permettent le maintien de l'arbre, les rayons le stockage de ressources et les vaisseaux la conduction de la sève. La couche gélatineuse (couche G) apparaît lorsque l'arbre répond à une contrainte environnementale.

Ce travail a pour but de tester divers algorithmes de classification, afin de segmenter des coupes de bois, selon différents types cellulaires.

Matériel et méthode : ②

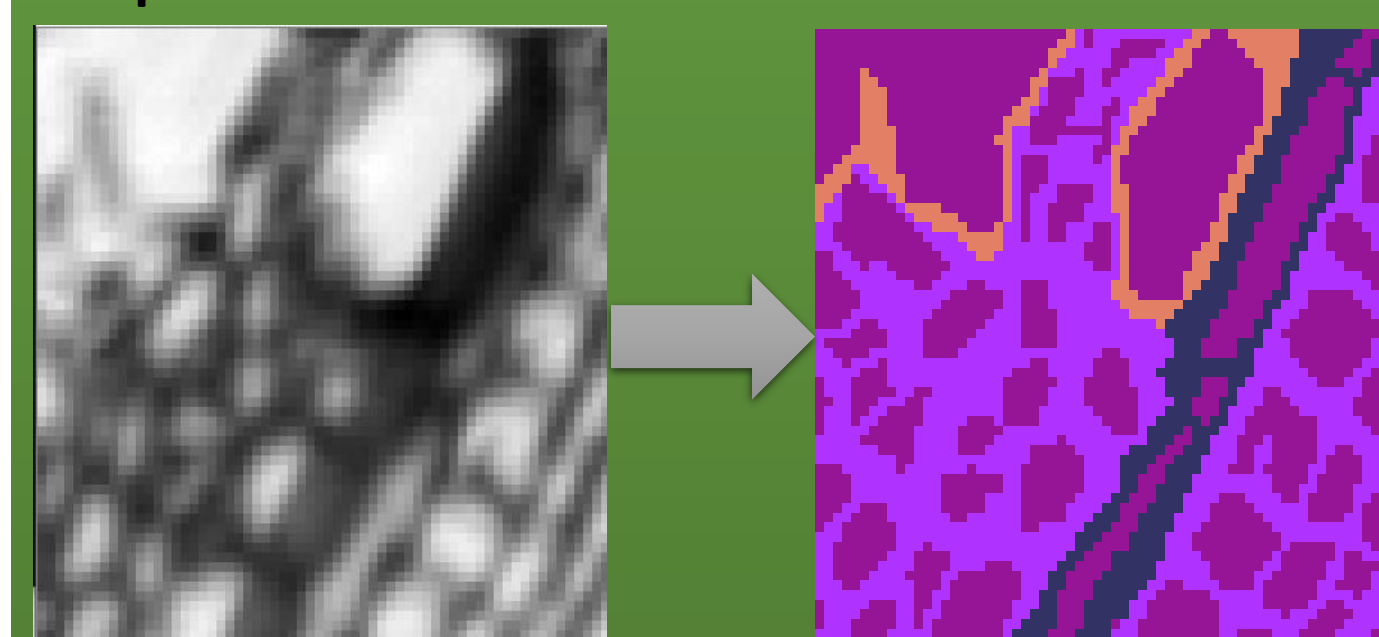
A disposition, douze images hyperspectrales réparties sur trois types de bois : Bois droit (NW), bois opposé (OW) et bois de tension (TW).

Images composées de 1626 variables par pixel, représentant les nombres d'ondes de 4000 à 750 cm^{-1}



Exemple d'un cube de données d'image hyperspectrale. Chaque pixel dispose de plusieurs valeurs d'absorbance suivant l'axe des spectres. (Beć et al, 2020)

Création d'un outil permettant l'annotation des classes par des experts.



Exemple d'une image annotée

Résultats et discussion : ③

Classe	NW1 ^a	NW2 ^b	NW3 ^c	NW4 ^d	OW1 ^e	OW2 ^f	OW3 ^g	OW4 ^h	TW1 ⁱ	TW2 ^j	TW3 ^k	TW4 ^l
Lum	2465	2011	1901	1919	2102	1640	2257	1355	1128	789	1066	855
FibS	985	1453	1723	1756	1221	2009	941	2373	894	1017	1583	985
Ves	264	242	229	201	495	115	413	135	330	166	206	232
Ray	382	390	243	220	278	332	485	233	234	179	282	290
FibG	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1510	1945	959	1734

Nombre de pixel par classe sur les différentes images étudiées.

Références des images utilisées dans Cuello et al, 2020 ; Lum : lumen, FibS : fibres, Ves : vaisseaux, Ray : rayon, FibG : couche G ; NA : non applicable, NW : Bois normal, OW : Bois Opposé, TW : Bois de tension

Efficacité de segmentation variant suivant les images. Taux de vrais positifs pour les bois de tension autour des 50%.

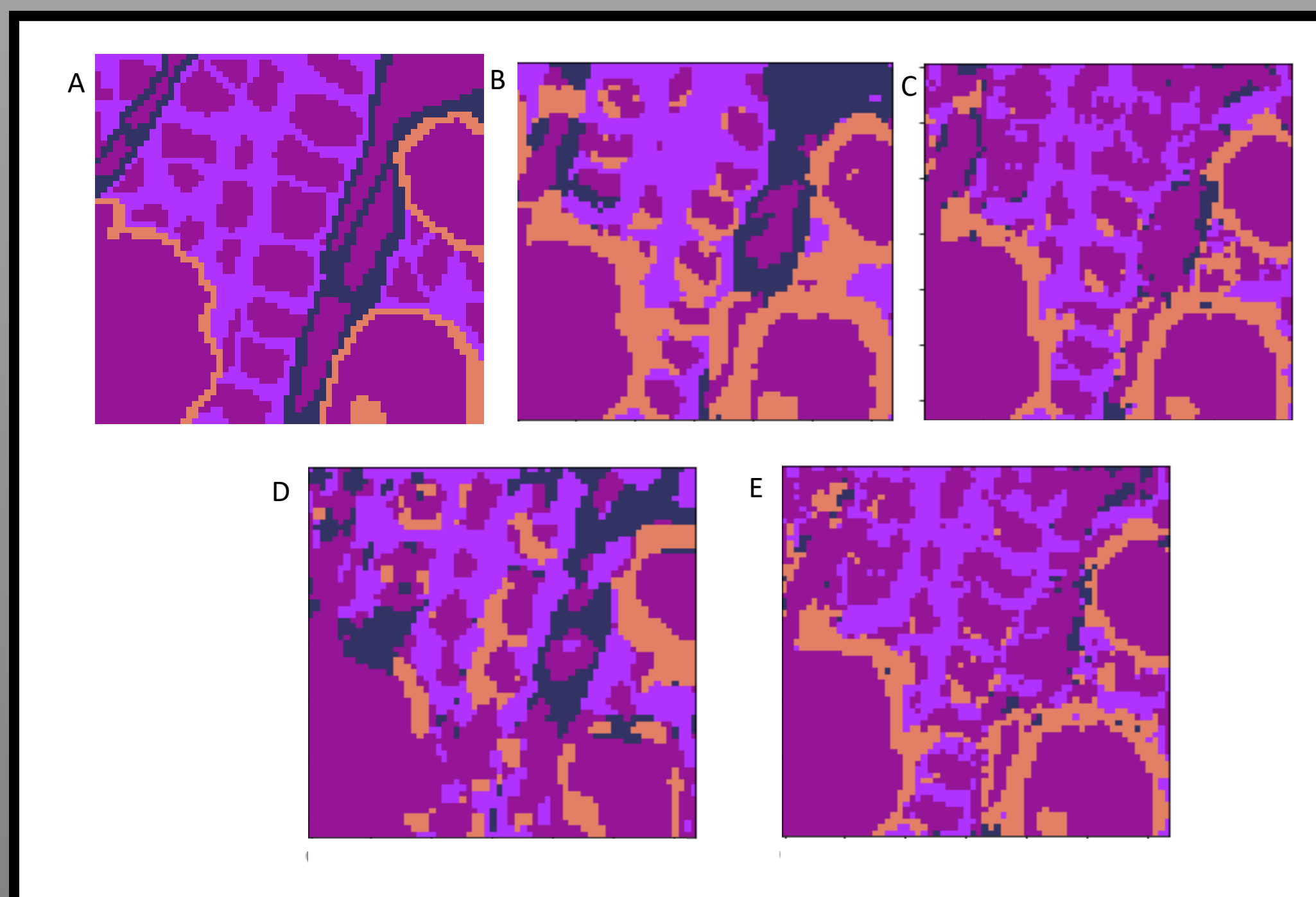
Données d'absorbance insuffisantes pour les classifieurs KNN, LDA et SVM.

Pixels de lumen et fibres prépondérants dans le jeu de donnée.

Résultats obtenus par les classifieurs testés non satisfaisants sur la seule base de données d'absorbance.

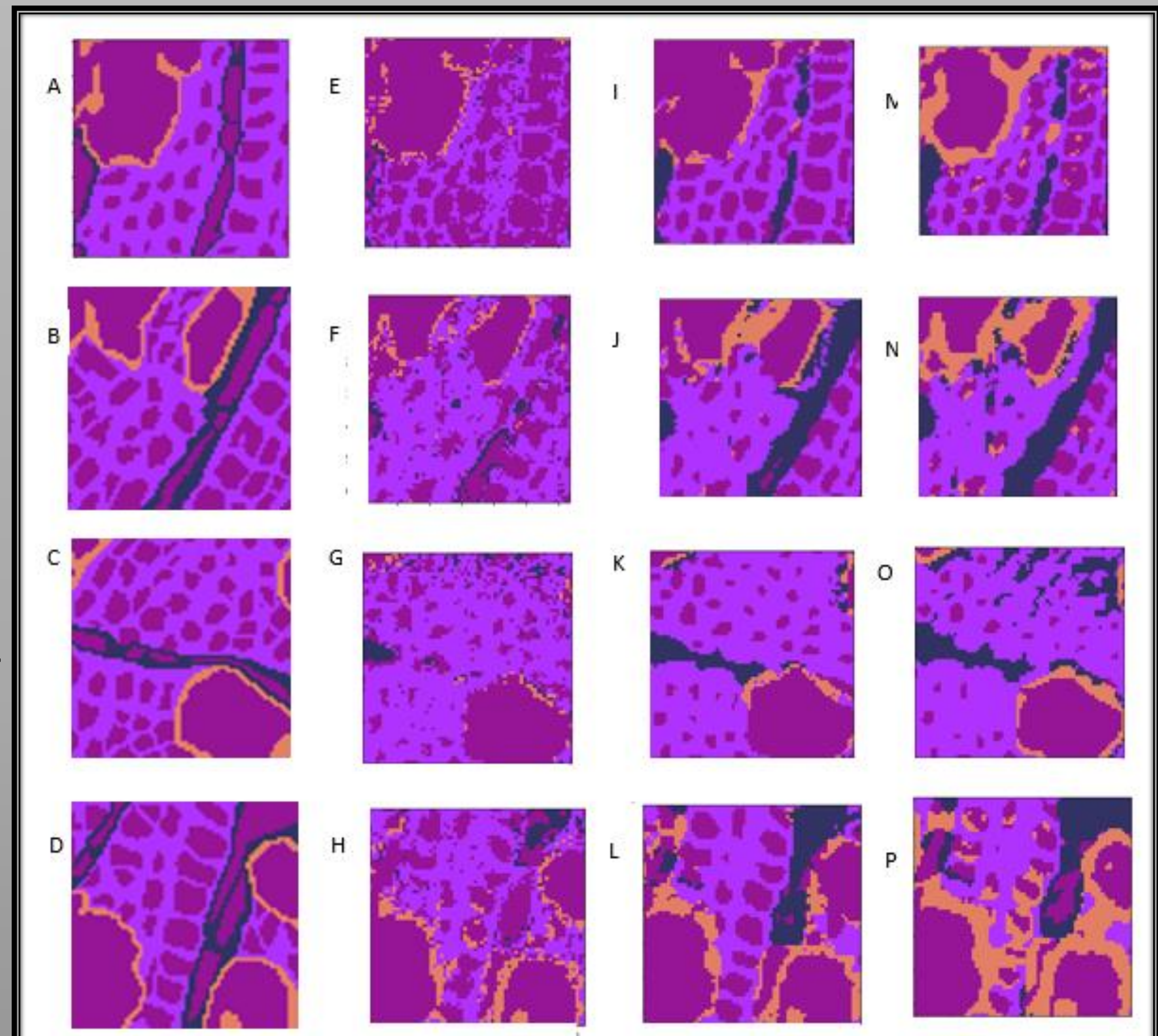
Approche par une analyse de texture avec les ondelettes de Gabor.

Réduction du jeu de variables de 1626 à 316, car information discriminante contenue entre 1800 et 850 cm^{-1}



Segmentation automatique par SVM (B), SVM avec recherche d'hyperparamètres (C), KNN (D), tous trois utilisant les données de texture en entrée et SVM avec recherche d'hyperparamètres utilisant également les données d'absorbance (E).

Violet : lumen, rose : fibres, orange : vaisseaux, bleu : rayons



Segmentation automatique par LDA (E-H), SVM (I-L) et K=kNN (M-P) des quatre images de bois normal (A-D)

Violet : lumen, rose : fibres, orange : vaisseaux, bleu : rayons

Amélioration du taux de vrais positifs, précision maximale de 75% .

Nombre de faux positifs limité par une recherche d'hyperparamètres optimaux et un rééquilibrage des classes.

Rajout des 316 nombres d'ondes conservés aux ondelettes de Gabor ont tendance à détériorer les résultats, cela s'explique par le déséquilibre entre variables issues des ondelettes (>6000) et nombres d'ondes (316)

Utilisation d'un U-Net testé sur les images de bois normal, Résultats peu intéressants (classification lumens/autre)

Conclusion : ④

Approche par analyse de texture prometteuse, cependant difficile de dépasser les 75% de précision.

Augmentation de la base de données pourrait avoir un impact positif sur la prédiction des vaisseaux et rayons. Prédiction par U-Net pas totalement finalisée, malgré sa capacité à apprendre sur un petit jeu de données, il est probable que celui à disposition soit trop petit.

Tester une approche de classification non-supervisée, Corcel(2017) a développé une méthode de classification d'images multispectrales basée sur du K-means multi-échelle.

Référence : ⑤

Beć K.B., Grabska J., Bonn G.K., Popp M., Huck C. W. (2020). Principles and Applications of Vibrational Spectroscopic Imaging in Plant Science: A Review. *Front. Plant Sci.* 11:1226. doi: 10.3389/fpls.2020.01226

Cuello, C., Marchand, P., Laurans, F., Grand-Perret, C., Laine-Prade, V., Pilate, G., et Déjardin A. (2020). ATR-FTIR microspectroscopy brings a novel insight into the study of cell wall chemistry at the cellular level. *Front. Plant Sci.* 11:105:105. doi: 10.3389/fpls.2020.00105

Déjardin, A., Laurans, F., Arnaud, D., Breton, C., Pilate, G., and Leplé, J.-C. (2010). Wood formation in Angiosperms. *Comptes Rendus Biologies* 333, 325–334. doi:10.1016/j.crv.2010.01.010