

Imagerie hyperspectrale et chimie du bois produit sous contrainte hydrique et minérale

CHAIX Gilles^{1,2,3}, PIRES FRANCO Mariana³, TOMAZELLO FILHO Mario³, CHAMBI LEGOAS Roger³, GORRETTA Nathalie⁴, PASQUINI Celio⁵, VIDAL Cristiana⁵, ROGER Jean-Michel⁴

¹ CIRAD, UMR AGAP, 34395 Montpellier, Cedex 9, France

² AGAP, Univ Montpellier, CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, Montpellier, France

³ Escola Superior de Agricultura « Luiz de Queiroz », LAIM, Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, CP 9, Piracicaba-SP, Brasil

⁴ IRSTEA, UMR ITAP, Avenue JF Breton, 34398 Montpellier, France

⁵ UNICAMP, Department of Analytical Chemistry, Chemistry Institute, Campinas, Brasil
gilles.chaix@cirad.fr

Mots clefs : densité ; Eucalyptus ; Proche infrarouge ; chimie ; contrainte hydrique ; Brésil

Contexte et objectifs

Dans le cadre de cette étude, nous nous intéressons à l'impact des changements climatiques sur le développement des arbres forestiers, en particulier l'Eucalyptus au Brésil. Il s'agit d'étudier le développement d'arbres (*Eucalyptus grandis*) ayant été soumis à différentes contraintes hydrique et minérale par rapport aux conditions normales de sylviculture industrielle (Battie-Laclau et al. 2014). En plus des données sur la croissance, la biomasse aérienne et souterraine, les flux de sève, l'anatomie du bois et sa densité, nous considérons les conséquences des contraintes environnementales sur la formation du bois et donc sur sa qualité. L'objectif alors est d'évaluer les propriétés chimiques du bois, comme les teneurs en extraits totaux et lignine, afin de mettre en évidence leur distribution spatiale, conséquence de la mise en place des tissus ligneux et des processus duraminisation.

Matériel et méthode

En spectroscopie proche infrarouge (SPIR), des modèles de régression PLS sont établis à partir des spectres d'absorbance acquis en réflexion diffuse et des données de références d'un lot d'échantillons d'étalonnage, puis validés sur un lot externe. Ensuite, ces modèles sont utilisés pour prédire les propriétés considérées à partir seulement des spectres acquis sur de nouveaux échantillons à prédire (Fig. 1). Les travaux présentés ici portent sur un dispositif expérimental d'exclusion partielle des pluies installé avec des *E. grandis* à l'ESALQ-USP, Station Itatinga, Brésil (Battie-Laclau et al., 2014, Fig. 2). Nous avons récolté des disques de bois sur 54 arbres abattus à l'âge de 5 ans (15-20 m de hauteur). Pour chaque disque, nous avons acquis une image au moyen d'une caméra HSI (SPECIM, 900 - 2500nm, dimension des pixels 625x625µm).

Le défi ici est de tenter de transférer nos étalonnages d'un appareil (Vector, Bruker, 12500-3800 cm⁻¹) construits sur les spectres acquis en réflexion diffuse à un autre appareil (caméra HSI) au moyen d'échantillons mesurés sur les deux appareils (Nouri et al. 2016, Fig. 3).

Résultats et discussion

Le transfert d'étalonnage s'est avéré efficace. Le modèle ainsi établi pour la caméra présente une erreur de prédiction de 10.3% comparée à l'erreur de mesure de 11.6%. Nous avons alors

prédit les teneurs des disques de bois en extractibles totaux à partir de leurs images dans le proche infrarouge (Fig. 4-1).

Les images des teneurs chimiques prédites sur des disques de bois nous permettent de comparer leurs distributions selon les conditions de croissance, contraintes ou non. Par exemple, en l'absence ou non de fertilisation, les arbres ayant subi un stress hydrique plus important (avec une réduction de pluie) présentent, pour les teneurs en extractibles totaux, une distribution de la moelle à l'écorce plus hétérogène (Fig. 4-2) et un taux moyen plus élevé (Fig. 3).

Conclusions

L'imagerie hyperspectrale, associée aux méthodes de transfert d'étalonnage ont montré ici tout leurs intérêts d'une part pour exploiter les étalonnages existants sans être obligé de reprendre tous les échantillons et décrire la variabilité spatiale des propriétés chimiques sur des disques du bois.

En perspective, ces données vont nous permettre d'étudier et d'affiner les connaissances sur le fonctionnement du cambium selon les variations climatiques en croisant variabilité des données chimiques, micro-densité du bois estimée aux rayons X, et rythme de croissance du tronc mesuré au moyen de dendromètres de précision.

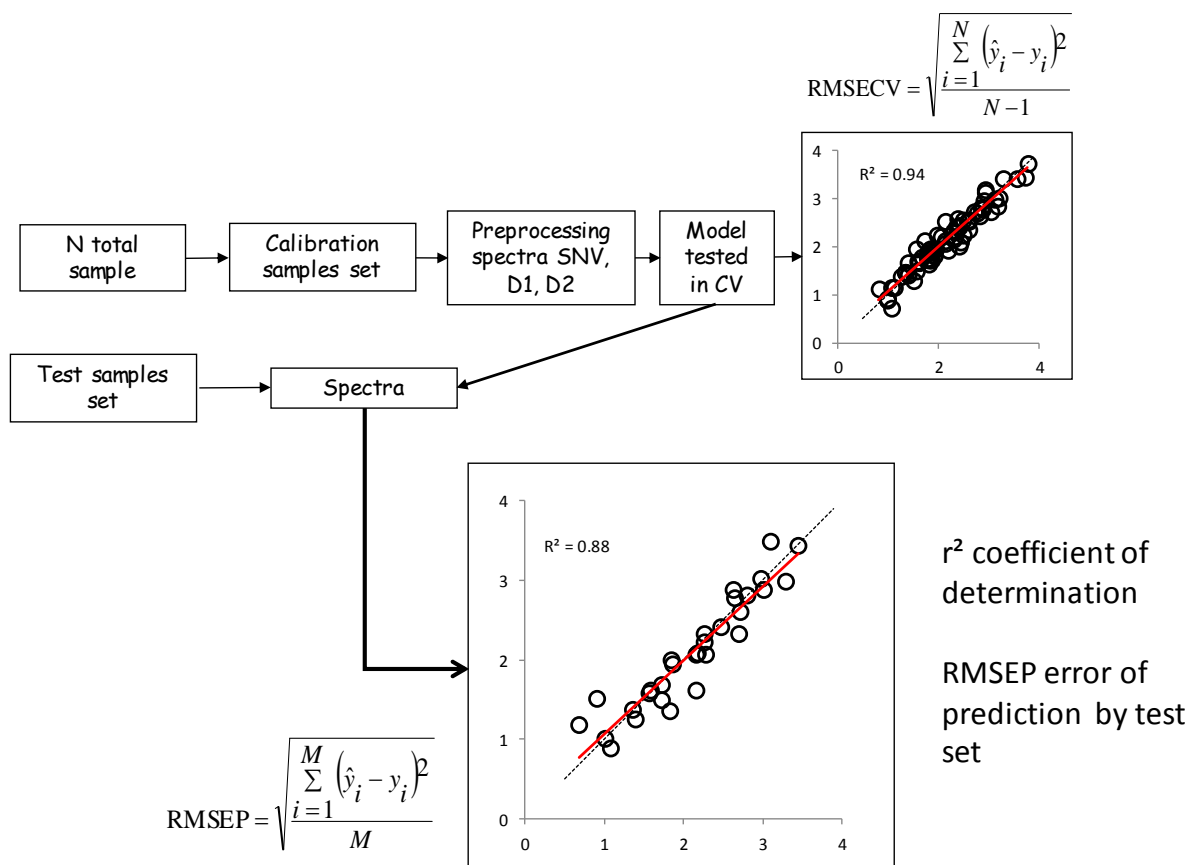


Fig. 1 : Etablissement de modèle de prédiction en spectroscopie proche infrarouge

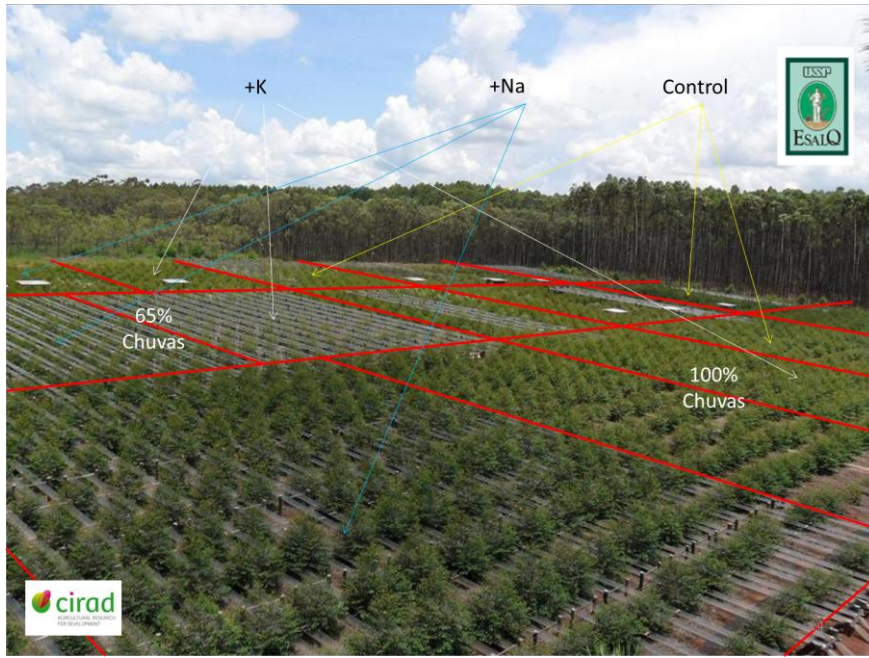


Fig. 2 : dispositif expérimental d'exclusion partielle des pluies installé avec des E. grandis à l'ESALQ-USP, Station Itatinga, Brésil (Photo : JP Laclau)

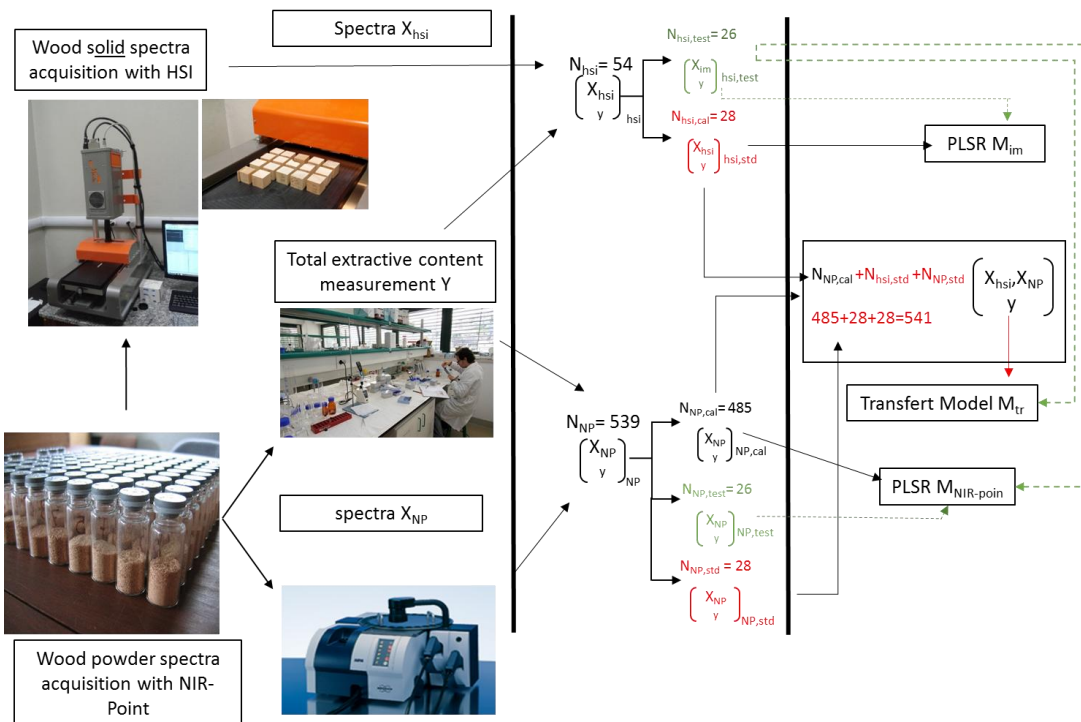


Fig. 3 : Principe de transfert d'étalonnage entre deux appareils (d'après Nouri et al. 2016)

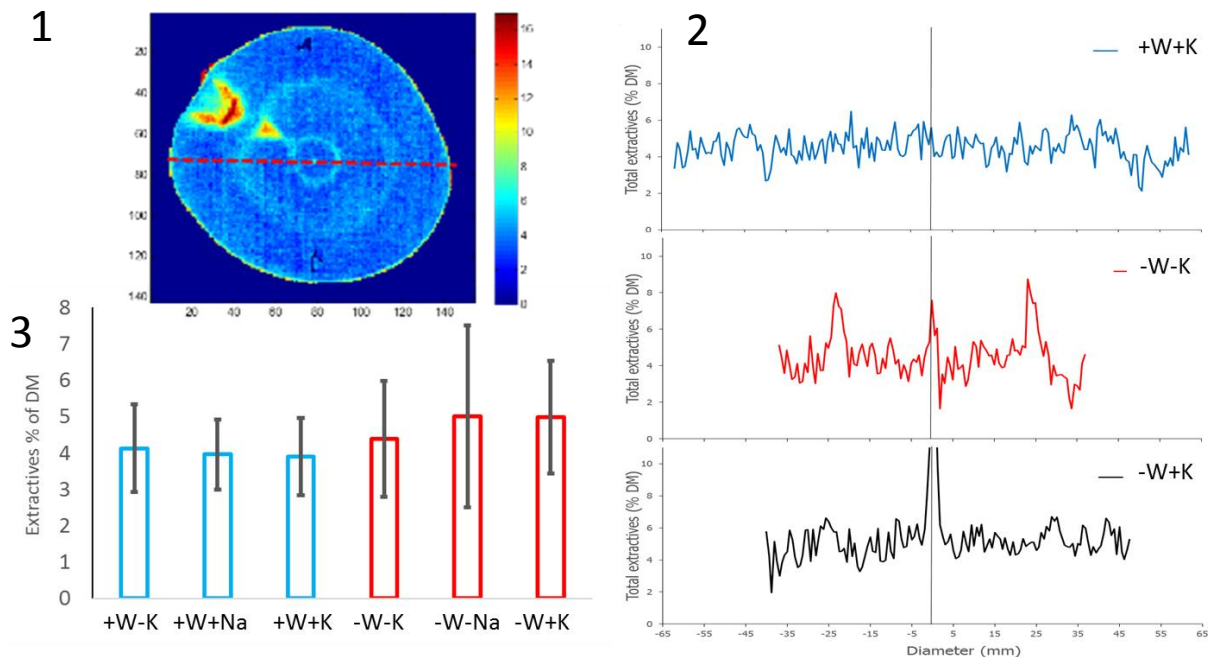


Fig. 4 : (1) Distribution spatiale des teneurs en extraits totaux sur un disque de bois, (2) profils de variabilité des teneurs en extraits totaux sur 3 disques de bois, et (3) teneur moyenne par conditions de croissance (+W = 100 des pluies, -W = 65% des pluies, +K/-K apport ou non de fertilisation potassique, +Na/-Na apport ou non de fertilisation sodique)

Remerciements

Les auteurs adressent leurs remerciements au CIRAD à travers l'obtention de bourse d'accueil à Montpellier de M. Pires Franco, la CAPES associée COFECUB dans le cadre du projet Sv 846/15, la CAPES associée à Agropolis Fondation pour le projet ID 1203-003 à travers le programme « Investissements d'avenir » (Labex Agro:ANR-10-LABX-0001-01), la FAPES à travers e projet 2013/256-5 et enfin J-P. Laclau de l'UMR Eco&Sols pour nous avoir donné accès à l'expérimentation.

Références

- Battie-Laclau P, Laclau JP, Domec JC, Christina M, Bouillet JP, de Cassia Piccolo M, de Moraes Goncalves JL, e Moreira RM, Krusche AV, Bouvet JM, Nouvellon Y (2014) Effects of potassium and sodium supply on drought-adaptive mechanisms in *Eucalyptus grandis* plantations, *New Phytol*, 203 (2), 401-413
- Nouri M., Gomez C., Gorretta N., Roger J.M. 2016, Clay content mapping from airborne hyperspectral Vis-NIR data by transferring a laboratory regression model, *Geoderma*, 298, 54-66