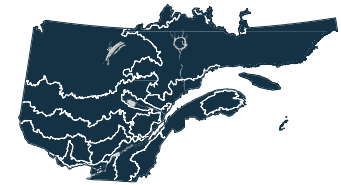




Évaluation non destructive des propriétés du bois

Partie 3 – La spectroscopie proche infrarouge

Par Guillaume Giroud, ing.f., Ph. D., Maurice Defo, Ph. D.,
Émilie Champagne, biol., Ph. D., et Julie Barrette, ing.f., Ph. D.



Territoires où les résultats s'appliquent.

Cet avis de recherche est le troisième d'une série portant sur l'évaluation non destructive des propriétés du bois*. Nous nous intéressons ici à la spectroscopie proche infrarouge (SPIR), qui peut être utilisée pour estimer rapidement les propriétés physiques, mécaniques et chimiques du bois. La SPIR offre plusieurs autres possibilités en foresterie, par exemple pour évaluer rapidement la présence de divers composés de défense des plants forestiers contre les herbivores et les pathogènes.

Principe de la spectroscopie proche infrarouge

Le principe de fonctionnement repose sur l'absorption du rayonnement proche infrarouge par la matière organique. Dans l'infrarouge, les mécanismes en jeu sont les vibrations des liaisons moléculaires, en particulier des liaisons chimiques C-H, O-H et N-H. Ces groupes fonctionnels se retrouvent dans tous les constituants du bois (cellulose, hémicellulose, lignine, extractibles), de sorte que tout changement dans la composition du bois, et donc dans ses propriétés, est quantifiable. L'instrument de mesure, le spectromètre, acquiert une valeur d'absorption pour chacune des longueurs d'onde émise dans le proche infrarouge (figure 1). Le spectre d'absorption permet de représenter graphiquement l'ensemble de ces données spectrales, acquises sur une surface d'analyse correspondante

au spot de lumière proche infrarouge (figure 2). Pour un matériau complexe comme le bois, les spectres d'absorption recueillis sont difficilement interprétables; c'est pourquoi des techniques d'analyse mathématique et statistique sont utilisées afin de mettre au point des modèles de calibration, qui servent ensuite à prédire les propriétés d'un échantillon inconnu. La SPIR étant utilisée dans diverses applications industrielles, plusieurs fabricants (*Bruker*, *BUCHI*, *FOSS*, *PerkinElmer*, *Thermo Fisher Scientific*) proposent aujourd'hui des spectromètres aux caractéristiques bien distinctes. Ces équipements sont accompagnés de logiciels permettant d'acquérir, de visualiser et de traiter les données. Il existe également des logiciels spécialisés dans les analyses spectrales (*GRAMS/AI*; *SIMCA*; *Unscrambler*), bien que celles-ci puissent également être réalisées dans des logiciels courants de programmation (*MATLAB*, *R*).

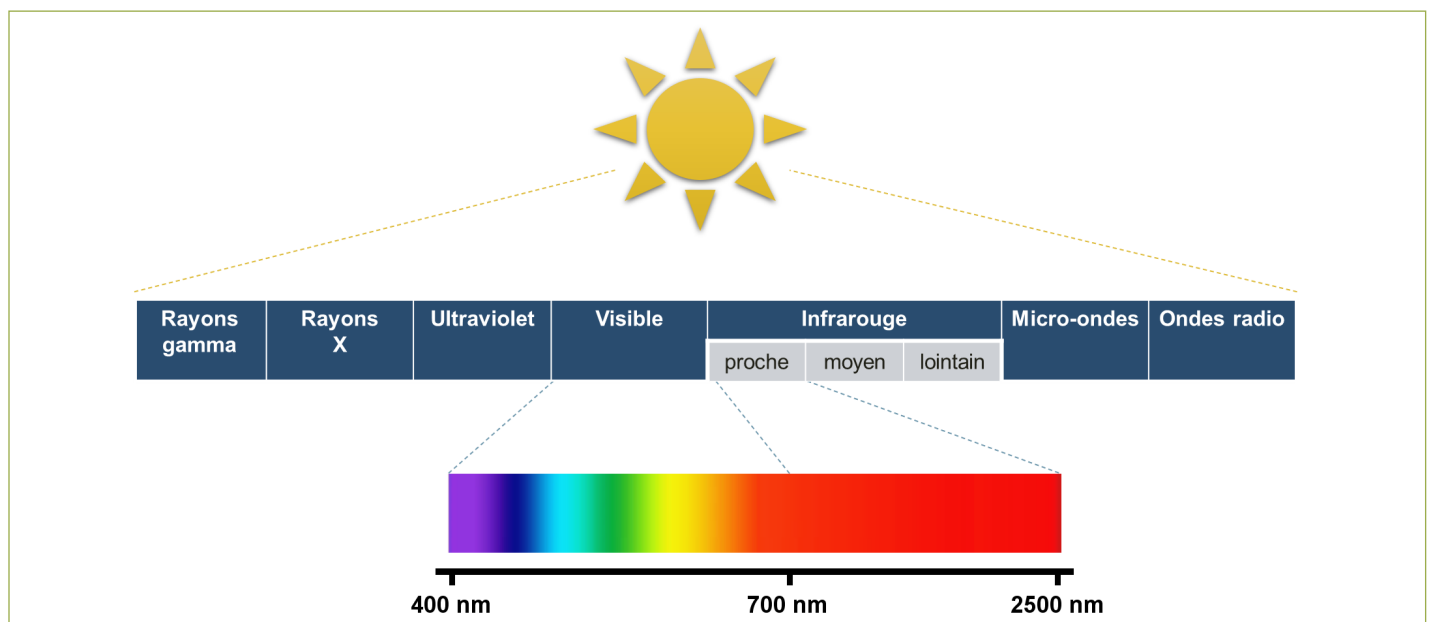


Figure 1. Le proche infrarouge est un rayonnement dont les longueurs d'onde sont supérieures à celles de la lumière rouge visible dans le spectre électromagnétique. L'unité de mesure représentée est le nanomètre (nm).

* Les premiers avis de recherche de la série traitent des outils acoustiques (n° 144) et de l'imagerie par rayons X (n° 153).

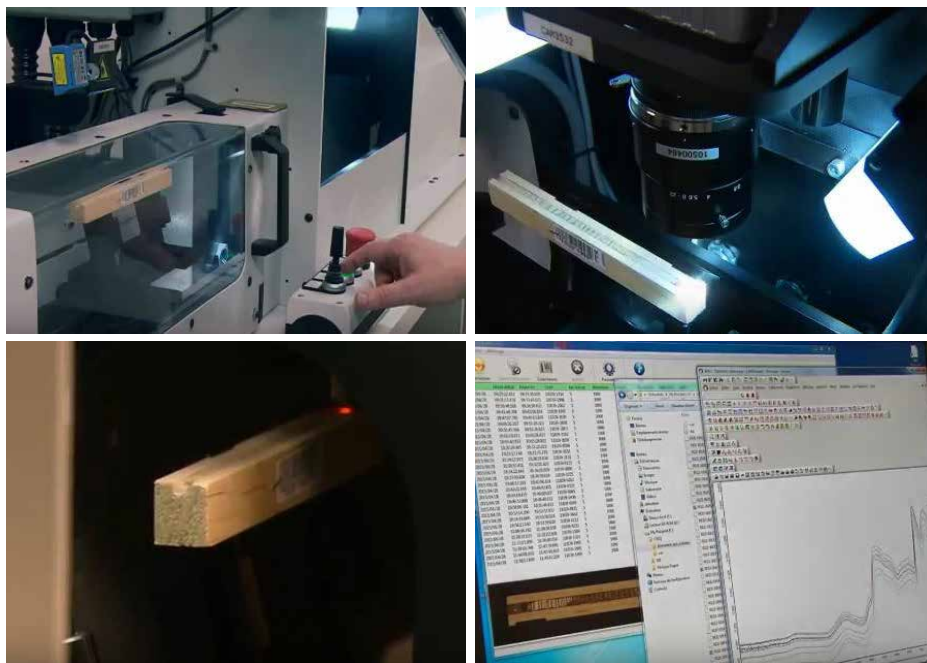


Figure 2. Système d'acquisition d'informations spectrales dans le proche infrarouge, mis au point par le [Centre de recherche industrielle du Québec](#), pour l'analyse des carottes de bois de la Direction des inventaires forestiers du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs². On distingue, en bas à gauche, la surface d'analyse correspondante au spot de lumière proche infrarouge et, en bas à droite, des spectres d'absorption collectés sur une carotte de bois.

Avantages et inconvénients

La SPIR ne remplace pas les méthodes de laboratoire de référence en termes de précision, mais s'avère très utile, et complémentaire, lorsque de nombreux échantillons doivent être mesurés dans le cadre d'un processus de contrôle de qualité. Les spectromètres sont en effet capables de collecter un spectre en quelques secondes. De plus, la méthode ne nécessite pas, ou très peu, de préparation des échantillons. Elle offre aussi la possibilité de calibrer plusieurs modèles, afin de prédire en temps réel plusieurs propriétés d'intérêt à un coût très compétitif. Cependant, la phase de calibration est relativement complexe et souvent onéreuse. Elle requiert d'analyser les propriétés d'intérêt d'un nombre d'échantillons suffisamment représentatifs du matériel à caractériser, au moyen des méthodes de laboratoire de référence. Le transfert du modèle de calibration d'un instrument à l'autre s'avère également problématique étant donné la diversité des systèmes disponibles. Une fois la phase de calibration terminée, l'équipement peut toutefois être utilisé par du personnel non spécialisé. Un autre inconvénient est la taille des surfaces d'analyse, de quelques millimètres en général, soit davantage que la largeur moyenne des cernes pour nos espèces. Cette résolution n'est donc pas suffisante pour détecter les variations à l'intérieur des cernes annuels. Néanmoins, une méthode d'analyse récente, l'imagerie hyperspectrale dans le proche infrarouge, permet d'acquérir une image continue de la surface d'un matériau, ainsi que des informations spectrales, à une résolution légèrement inférieure au millimètre.

Exemple d'application : l'analyse du bois¹

La SPIR s'avère un outil intéressant pour discriminer des échantillons par classe de qualité ou pour examiner une variabilité régionale. Plusieurs applications ont été développées afin de caractériser les propriétés d'intérêt du bois pour le sciage (p. ex. : module d'élasticité, module de rupture, angle des microfibrilles) et les pâtes et papiers (p. ex. : densité, dimensions des fibres, teneur en lignine, en cellulose, en humidité, rendement en pâte).

Nous avons récemment mis au point une méthode visant à reconstituer le profil radial des propriétés du bois de carottes d'inventaire, à partir de spectres collectés dans le proche infrarouge, en utilisant la technologie SilviScan de [FPInnovations](#) (avis de recherche forestière n° 153), comme méthode de référence. Bien que la résolution des mesures ne soit pas comparable à celle d'un profil densitométrique obtenu par rayons X, elle s'avère toutefois suffisante pour quantifier la présence de bois juvénile ou de bois de compression, deux caractéristiques ayant des incidences négatives importantes sur les procédés industriels.

Exemple d'application : l'analyse des pousses annuelles³

Afin d'évaluer la susceptibilité potentielle au broutement par les herbivores de jeunes plants forestiers de huit essences différentes, une équipe de la Direction de la recherche forestière a utilisé la SPIR pour prédire la concentration en azote, en fibres, en composés phénoliques et en terpènes des pousses annuelles. Cette méthode a permis de diminuer le coût des analyses chimiques, mais a également permis de tirer profit des faibles quantités de matière disponibles, puisque plusieurs plants étaient de trop faible masse pour fournir la matière nécessaire à plusieurs analyses chimiques.

Pour en savoir plus

- ¹ Giroud, G., M. Defo et J. Bégin, 2020. *Determination of radial profiles of wood properties using a near infrared scanning system*. J. Near Infrared Spectrosc. OnlineFirst, Octobre 2020. <https://doi.org/10.1177/0967033520967324>
- ² Giroud, G., Bégin, J., Defo, M. et Ung, C. H., 2017. *Regional variation in wood density and modulus of elasticity of Quebec's main boreal tree species*. Forest Ecol. Manag. 400, 289-299. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.06.019>
- ³ Champagne, E., M. Bonin, A. A. Royo, J.-P. Tremblay et P. Raymond, 2020. *Predicting terpene content in dried conifer shoots using near infrared spectroscopy*. J. Near Infrared Spectrosc. 28: 308-314. <https://doi.org/10.1177/0967033520950516>

Les liens Internet de ce document étaient fonctionnels au moment de son édition.

Pour plus de renseignements, veuillez communiquer avec :

Direction de la recherche forestière
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8

Téléphone : 418 643-7994
Télécopieur : 418 643-2165

Courriel : recherche_forestiere@mffp.gouv.qc.ca
Internet : <https://mffp.gouv.qc.ca/les-forets/connaissances/recherche-developpement/>

ISSN: 1715-0795

Forêts, Faune
et Parcs

Québec

