

Evaluation des potentialités d'un spectromètre portatif à faible coût sur la discrimination de 3 espèces de *Dalbergia* et 3 espèces de *Diospyros* de Madagascar : essais sur des échantillons non stabilisés.

RASOAMANANA Lalaina Patricia^{1,4}, CHAIX Gilles^{2,3,4}, RANDRIAMBININTSOA Tiavina¹, RAOBELINA Andry Clarel¹, TOMAZELO Filho Mario⁴, RAZAFIMAHATRATRA Andriambelo Radonirina¹, RAMANANANTOANDRO Tahiana¹

¹Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Eaux et Forêts, Antananarivo 101, Madagascar

²CIRAD - UMR AGAP Institut, Montpellier, France

³UMR AGAP Institut, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

⁴ESALQ-USP, Wood Anatomy & Tree-Ring Lab, Piracicaba, Brazil
patriciarasoamanana@gmail.com

Mots clefs : Spectrométrie proche infrarouge, discrimination, spectromètre portatif, humidité des échantillons, *Dalbergia*, *Diospyros*

Contexte et objectif

Les espèces de *Dalbergia* et de *Diospyros* présentes à Madagascar se distinguent les unes des autres par les caractéristiques de leurs fleurs et de leurs fruits mais mêmes les scientifiques experts sont incapables de différencier les espèces lorsque ces structures reproductives sont absentes. Les experts botanistes et scientifiques du bois travaillant sur ces questions se heurtent à un manque de ressources humaines et financières, ainsi que d'équipement et matériels essentiels alors qu'ils en ont besoin pour résoudre les questions taxonomiques des espèces de *Dalbergia* et de *Diospyros*. Par ailleurs, la majorité des méthodes usuelles d'identification des espèces à partir du bois, sans accès aux organes reproductifs (cas des grumes de bois saisis), sont effectuées au laboratoire, souvent lentes et nécessitant une expertise particulière. Le développement d'outil d'aide en routine d'identification sur terrain des *Dalbergia* et *Diospyros* constitue alors un enjeu important dans la gestion durable de ces bois précieux. Parmi les méthodes utilisées par les scientifiques malgaches et leurs partenaires internationaux figure la spectroscopie proche infrarouge (Mason et al., 2016). Elle offre l'avantage de la rapidité d'analyse avec un coût analytique faible par rapport aux méthodes d'analyses courantes (Arison, 2015). Cependant, l'avancée de la technologie SPIR dans l'identification des bois précieux est encore à un stade précoce à Madagascar. Des études plus approfondies nécessitent d'être menées sur l'utilisation de la méthode pour l'identification sur terrain (Bergo et al., 2016) et sur les méthodes chimiométriques d'analyses. Plusieurs paramètres physiques non contrôlables (température, humidité de bois, état de surface, etc) limitent la performance de l'outil pour son utilisation en dehors du laboratoire (Hein et al., 2009). L'intérêt de cette étude, est de tester et travailler sur des échantillons de bois dans différentes conditions et états. Elle a pour but de chercher à vulgariser la méthode, par l'utilisation d'un spectromètre NIR portatif à faible coût, adapté au contexte de Madagascar, dont l'usage pourrait être avantageux dans le contexte de gestion durable de ces bois précieux.

Matériels et méthode

Appareil de mesure

Pour cette étude, un spectromètre portatif DLP® NIRscan™ Nano(Texas instruments Inc.,Texas, USA) a été utilisé. Sa région spectrale couvre 900 à 1700 nm et sa résolution est de 10nm. Son prix est 20 fois moins cher par rapport au spectromètre MicroNIR Viavi 1700 (Viavi Solution–Milpitas, CA, USA) l'un des références en matière de spectromètre ultra portable,à disposition au laboratoire et dont l'efficacité a déjà été démontrée (Snel *et al.*, 2018 ; Raobelina, 2018 ; ...).

Echantillons d'étude

L'étude s'est focalisée sur des microcarottes de 3 espèces de *Dalbergia* : *Dalbergia occulta*, *Dalbergia madagascariensis* et *Dalbergia baronii* ; de 3 espèces de *Diospyros* : *Diospyros analamerensis*, *Diospyros chitoniophora* et *Diospyros toxicaria*. Le choix de ces espèces se justifie par leur appartenance aux espèces qui présentent un intérêt commercial et le nombre élevé d'échantillons dans la collection de microcarottes disponibles.

Tab. 1 : Répartition du nombre d'échantillons

Genre	Espèces	Nombre échantillons	Ech. d'étalonnage	Ech. de validation
Da.	<i>baronii</i>	47	31	16
	<i>madagascariensis</i>	36	24	12
	<i>occulta</i>	5	29	16
Di.	<i>chitoniophora</i>	64	40	24
	<i>analamerensis</i>	65	41	24
	<i>toxicaria</i>	30	17	13

Méthodologie

Afin d'intégrer plus de variabilité dans le modèle, les spectres ont été collectés sur les échantillons à différents états d'humidité. Certains spectres ont été mesurés sur des échantillons juste réceptionnés au laboratoire après collection sur terrain. D'autres spectres ont été collectés sur des échantillons à 12% d'humidité. Et pour chaque échantillon, selon leur taille, 4 à 5 spectres ont été mesurés sur la partie duramen. Les spectres ont été traités sur le logiciel RStudio en utilisant l'algorithme PLS-DA du package *rnirs* (Lesnoff, 2021). Différents prétraitements ont été effectués sur les spectres : Standard Normal Variate (SNV), Detrend et Dérivation de Savitzky-Golay de premier et de second ordre. Chaque prétraitement a été appliqué un par un, puis combinés deux à deux puis trois à trois. Le modèle issu du meilleur prétraitement, donnant l'erreur de prédiction la plus faible a été retenu.

Résultats et Discussions

Pour la discrimination des espèces de *Dalbergia* (Da.), c'était la combinaison des prétraitements SNV et Savitzky Golay dérivée première qui a donné le meilleur modèle avec

une erreur de prédiction de 18%, soit des échantillons bien prédits à 82%. Les détails des résultats de la discrimination sont résumés dans le tableau 2.

Pour la discrimination des espèces de *Diospyros* (Di.), c'est le prétraitement SNV qui a donné le meilleur modèle avec une erreur de prédiction de 19.6%, soit des échantillons bien prédits de 80.3%. Les détails de la discrimination sont résumés dans le tableau 3.

Tab. 2 : Prédiction des espèces de *Dalbergia* en validation indépendante

		Classes réelles			
		<i>Da. baronii</i>	<i>Da. occulta</i>	<i>Da. madagascariensis</i>	
Classes prédites	<i>Da. baronii</i>	15	0	7	
	<i>Da. occulta</i>	0	12	0	
	<i>Da. madagascariensis</i>	1	0	9	
	Ind. bien classés	15	12	9	36

Tab. 2 : Prédiction des espèces de *Diospyros* en validation indépendante

		Classes réelles			
		<i>Di. baronii</i>	<i>Di. occulta</i>	<i>Di. madagascariensis</i>	
Classes prédites	<i>Di. analamerensis</i>	12	0	0	
	<i>Di. ahitoniophora</i>	6	24	0	
	<i>Di. toxicaria</i>	6	0	13	
	Ind. bien classés	12	24	13	49

Les erreurs de prédiction peuvent s'expliquer par l'influence de la variabilité de l'humidité des échantillons qui ont été pris sous différentes conditions. Une étude de Randriambintsoa (2021) a montré qu'un modèle établi avec 12% d'humidité présentait des limites pour la discrimination des mêmes échantillons tests mais stabilisés à 20% d'humidité. Il a ainsi démontré que l'application de certaines corrections ont apporté des améliorations en termes de performances pour discriminer les spectres issus des échantillons stabilisés à 20% d'humidité. Une autre étude effectuée par Daniele *et al.* en 2021 a aussi démontré l'efficacité de la correction de la variation de l'humidité par la méthode EPO sur la discrimination des bois brésiliens.

Conclusions et perspectives

Le spectromètre portatif NanoNIR, en dépit de son faible coût a permis d'avoir un modèle avec plus de 80% d'échantillons bien prédits tant pour les espèces de *Dalbergia* que pour les espèces de *Diospyros*. Afin d'améliorer les modèles de discrimination, les perspectives pour cette étude seront de pouvoir travailler sur plus d'espèces. Comme la collecte des échantillons au niveau du projet et du consortium a déjà permis une collection importante de microcarottes de bois (143 microcarottes pour les zones cibles du projet et près de 1000 carottes au niveau du laboratoire), les données qui seront traitées seront enrichies et plus d'espèces seront considérées. Enfin comme le but principal de l'étude est de pouvoir directement utiliser la méthode de discrimination des espèces sur terrain, l'influence de la grandeur externe telle que l'humidité sur le modèle de discrimination sera considéré et les méthodes de correction seront appliquées sur les bases de données.

Remerciements

Vifs remerciements aux 3 équipes de recherche au sein desquelles se déroulent cette étude : - Laboratoire des Sciences du bois (Département des Eaux et Forêts, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques – Université d'Antananarivo-Madagascar), - Plateforme d'histocytologie et d'imagerie cellulaire végétale PHIV (UMR Agap et BPMP), Plateau de phénotypage biochimique PPB (UMR Agap), Montpellier, France. La thèse de doctorat de L.P. Rasoamanana est financée par le projet FID2D (Fied Identification of Diospyros and Dalbergia) qui est financé l'USAID (United States Agency for International Development) à travers le WRI (World resources Institute) et le projet Hay Tao, et par l'OWSD (Organization for Women in Science for the Developing World). Cette étude est rendue possible grâce au soutien du peuple américain par l'intermédiaire de l'USAID et ne reflètent pas nécessairement les vues de l'USAID ou du gouvernement des États-Unis.

Bibliographies

- Arison M.L., (2015). Prédiction de la composition de la biomasse des cultures vivrières et fourragères en utilisant la spectrométrie dans le proche infrarouge, Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome – Grade MASTER en Sciences Agronomiques et Environnementales, Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques Département Elevage, 82p
- Bergo C.J.M., Pastore C.M.T., Coradin T.R.V., Wiedenhoeft A.C., Braga J.W.B., (2016). NIRS Identification of Swietenia Macrophylla is robust across specimens from 27 countries, IAWA Journal 37 (3), 420–430, 11p
- Daniele C. G. C. Kunze1, Tereza C. M. Pastore, Hugo S. Rocha, Priscila Veras Dos Anjos Lopes1, Rafaela Dornelas Vieira1, Vera T. R. Coradin, and Jez W. B. Braga, (2021), Correction of the moisture variation in wood NIR spectra for species identification using EPO and soft PLS2-DA
- Hein P.R.G., Lima J.T., Chaix G., (2009). Robustness of models based on near infrared spectra to predict the basic density in Eucalyptus urophylla wood, Journal of near Infrared Spectroscopy (JNIRS). 17, p141–150
- Mason J., Meaghan P., Vary L., Lowry P.P., Hassold S., Ruta G., (2016). Le bois précieux de Madagascar, Evaluation scientifique et technique en vue de la réalisation des objectifs CITES : Rapport final.
- Randriambinitsoa T., Raobelina A.C., Chaix G. , (2021). Correction de l'effet de la variation de l'humidité du bois sur l'étalonnage des modèles de discrimination SPIR : cas de trois espèces de Dalbergia de Madagascar. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome – Grade MASTER en Sciences Agronomiques et Environnementales, Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques Département Foresterie et environnement.
- Raobelina, A.C. (2018), Utilisation de la spectroscopie proche dans la discrimination de quelque essences de bois appartenant aux genres Dalbergia et Diospyros à Madagascar, Mémoire de fin d'études M2. ESSA-Forêts de l'Université d'Antananarivo. 52 pages
- Snel F.A., Braga J.W.B., Silva D., Wiedenhoeft A.C., Costa A., Soares R., Coradin V.T.R. & Pastore T.C.M., (2018). "Potential field-deployable NIRS identification of seven Dalbergia species listed by CITES." Wood Science and Technology, doi: 10.1007/s00226-018-1027-9 UNODC (United Nations Office on Drugs and Crime), (2016). Best practice guide for forensic timber identification.