

## Contribution de la Spectroscopie Proche Infra Rouge et des méthodes chimométriques de classification non supervisée dans la révision taxonomique des espèces de *Dalbergia* de Madagascar

RAOBELINA Andry Clarel<sup>1</sup>, CHAIX Gilles<sup>2,3</sup>, RAZAFIMAHATRATRA Andriambelo Radonirina<sup>1</sup>, RAMANANANTOANDRO Tahiana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Antananarivo 101, Madagascar

<sup>2</sup>CIRAD - UMR AGAP, Montpellier, France

<sup>3</sup>AGAP, Univ Montpellier, CIRAD, INRA, Institut Agro, Montpellier, France  
[andryclarel@gmail.com](mailto:andryclarel@gmail.com)

**Mots clefs :** Analyse en Composantes Principales ; Classification Ascendante Hiérarchique ; classification non supervisée ; *Dalbergia* ; Spectroscopie Proche InfraRouge

### Contexte et objectif

*Dalbergia* est un genre regroupant des arbres, des arbustes et des lianes des zones tropicales, notamment Madagascar (Saha *et al.*, 2013). La description et la révision taxonomique des espèces appartenant au genre *Dalbergia* de Madagascar ont été réalisées par Bosser et Rabevohitra (1996 ; 2005) et Du Puy *et al.* (2002). À l'issue de cette révision, 48 espèces ont été reconnues dont 47 sont endémiques de l'île, incluant 28 espèces de grands arbres. Des difficultés pour identifier sans ambiguïté certaines espèces de *Dalbergia* sont souvent observées en utilisant uniquement les clés d'identification basées sur les caractéristiques des feuilles, des fleurs et des fruits. Cette difficulté d'identification est aggravée par le chevauchement de ces caractères descriptifs et à l'apparition de taxons infra-spécifiques (Phillipson et Cramer, 2018). Des recherches taxonomiques récentes (Phillipson et Cramer, 2018) ont montré qu'une révision est de nouveau nécessaire parce qu'il existerait potentiellement 50 nouvelles espèces de *Dalbergia* à Madagascar (CITES, 2020). L'identification des espèces à partir de nouvelles méthodes comme l'anatomie du bois, la génétique et la spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR) est en cours aujourd'hui et leur combinaison sera étudiée. La mobilisation de ces méthodes d'identification constitue alors un intérêt crucial pour appuyer la taxonomie et apporter des arguments de classification. Cette étude a alors pour objectif d'utiliser l'approche SPIR pour classer trois espèces de *Dalbergia* (*D. chlorocarpa* Bosser & R.Rabev., *D. greveana* Baill. et *D. neoperieri* Bosser & R.Rabev.) sur la base de leurs spectres d'absorbances PIR mesurés sur des microcarottes de bois (Fig. 1a), et en utilisant un spectromètre portatif VIAVI MicroNIR (Fig. 1b).

### Matériels et méthodes

Un total de 34 microcarottes de bois appartenant à trois espèces de *Dalbergia* (*D. chlorocarpa*, *D. greveana* et *D. neoperieri*) a été collecté dans six régions géographiques, localisées dans la partie nord et ouest de Madagascar (Tab. 1). Les microcarottes ont été conditionnées à 12% d'humidité en utilisant une chambre climatique. Six spectres ont été mesurés aléatoirement sur la face LT ou LR de la partie duramen de chaque microcarotte de bois en utilisant un spectromètre VIAVI MicroNIR 1700 (gamme spectrale de 900 à 1700 nm, 125 longueurs d'onde). Ces espèces ont été choisies pour cette étude car elles ont une assez large aire de répartition (Tab. 1), des aires de distribution communes dans certaines régions de l'île, et des situations taxonomiques instables surtout pour *D. greveana* et *D. neoperieri*.

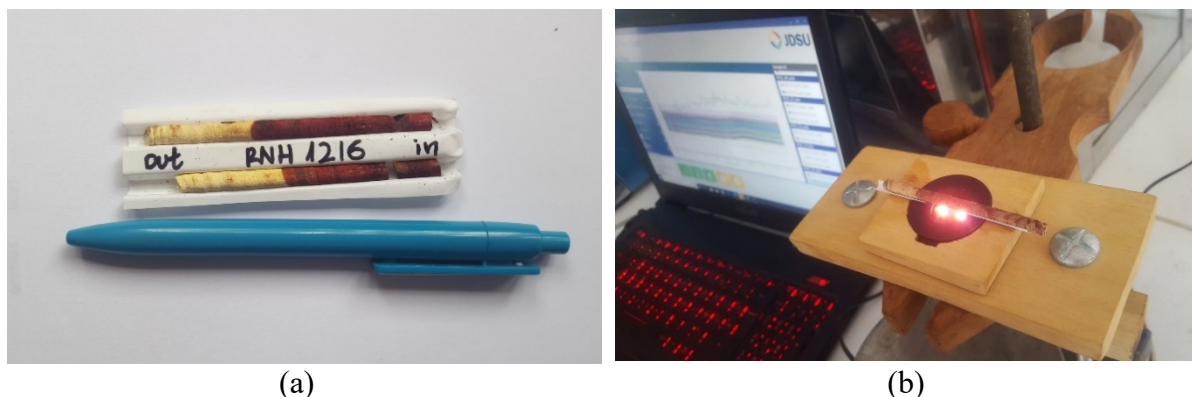


Fig. 1 : Mesure de spectres d'absorbances sur des microcarottes de bois de Dalbergia (a) en utilisant un spectromètre MicroNIR VIAVI 1700 (b)

Une analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée sur les données spectrales prétraitées (combinaison d'une normalisation par la méthode "Standard Normal Variate" (SNV) et d'une dérivation première (Der1) suivie d'un lissage sur une fenêtre de 11 points des spectres par l'algorithme de Savitzki-Golay). Une classification ascendante hiérarchique (CAH) basée sur la distance euclidienne et la méthode "complete-linkage clustering" a ensuite été réalisée à partir des coordonnées factorielles des spectres dans les deux premières composantes principales (CP). Le comportement des échantillons basé sur la gamme spectrale de 950 nm – 1650 nm a été évalué au moyen de la projection de leurs coordonnées factorielles dans le plan factoriel formé par les deux premières CP ainsi que l'homogénéité des classes pour chaque espèce dans le dendrogramme de classification issu de la CAH.

Tab. 1 : Nombre d'échantillons selon les espèces et les zones de collecte

| Espèces               | Régions de collecte |       |           |       |        |        |
|-----------------------|---------------------|-------|-----------|-------|--------|--------|
|                       | Sofia               | Boeny | Betsiboka | Diana | Melaky | Menabe |
| <i>D. chlorocarpa</i> | 1                   | 8     | 2         | 1     | 0      | 0      |
| <i>D. greveana</i>    | 3                   | 0     | 3         | 6     | 0      | 0      |
| <i>D. neoperieri</i>  | 0                   | 0     | 1         | 0     | 4      | 5      |

## Résultats et discussion

Plusieurs spectres des trois espèces de Dalbergia sont imbriqués entre eux dans le plan formé par les deux premières CP (CP1=78%, CP2=15%). Ceci pourrait expliquer que les trois espèces sont proches au niveau des caractéristiques chimiques de leurs bois. La variabilité spectrale intra espèce est observée pour les trois espèces, et qui diminue de manière décroissante pour *D. greveana*, *D. neoperieri* et *D. chlorocarpa* (Fig. 2). Ceci pourrait s'expliquer par la variabilité naturelle liée à la distribution géographique de l'espèce et qui influe la chimie de leurs bois (Sandak *et al.*, 2011). Parmi les trois espèces, *D. greveana* et *D. neoperieri* dont les spectres sont beaucoup plus dispersés dans le plan CP1-CP2 (Fig. 2) sont également plus dispersés dans leurs zones de répartition.

Le dendrogramme de classification montre une classe plus homogène pour *D. chlorocarpa* que les deux autres espèces (Fig. 3). Les spectres de *D. chlorocarpa* de la région Diana semblent être plus éloigné que ceux de la région Boeny, Sofia et Betsiboka. Des sous-classes sont observées pour les deux autres espèces selon l'origine géographique. Les spectres de *D. greveana* de la région Sofia et Diana sont proches, mais se distinguent de ceux de la région Betsiboka. *D. greveana*\_RIR3219 présente un spectre très différent de l'ensemble des spectres

de *D. greveana*. Les études taxonomiques ont également affirmé que certaines espèces à large distribution géographique comme *D. greveana* présentent des morphologies différentes selon leurs zones de distribution (Phillipson et Cramer, 2018).

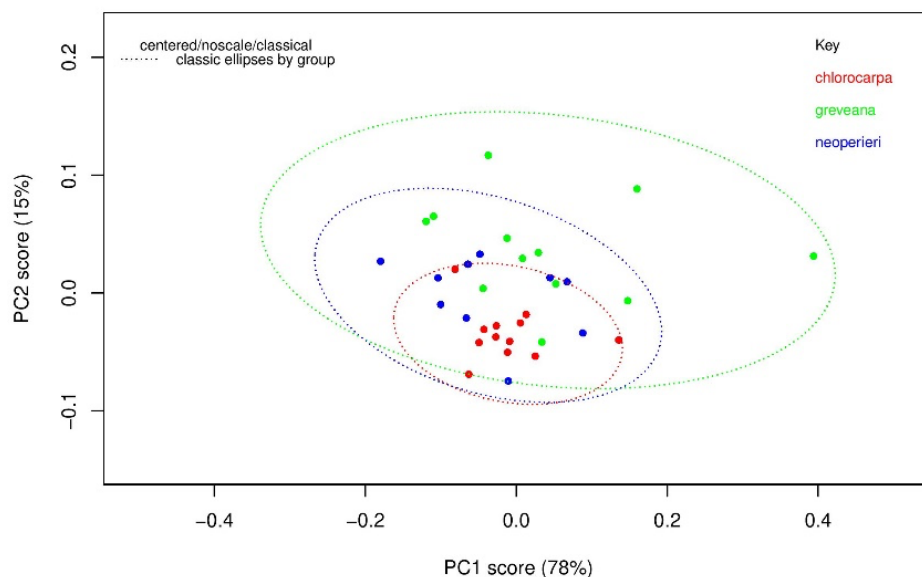


Fig. 2 : Carte factorielle formée par les deux premières CP issue de l'ACP effectuée sur les spectres prétraités avec SNV+Der1

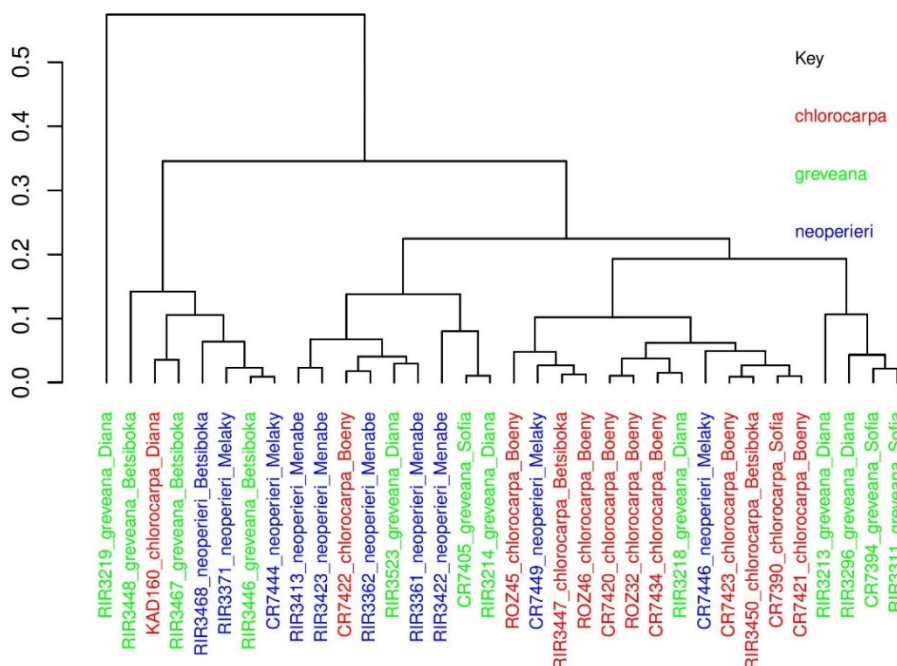


Fig.3 : Dendrogramme de classification basé sur la méthode complete-linkage clustering et la distance euclidienne calculée sur les données spectrales prétraitées avec SNV+Der1 (W=11 points)

### Conclusions et perspectives

Les trois espèces de *Dalbergia* présentent des profils spectraux proches dans la région 950 nm-1650nm. *D. greveana* et *D. neoperieri* présentent une plus grande variabilité au niveau des spectres selon leurs zones de distribution. La cohérence des résultats de cette étude avec ceux

de la systématique montre l'importance de l'utilisation d'autres approches comme la SPIR afin d'appuyer la systématique dans la révision taxonomique du genre *Dalbergia* de Madagascar. Des études approfondies devraient être menées sur les classes de *D. greveana* et *D. neoperieri* qui sont hétérogènes en rajoutant des échantillons supplémentaires. Les résultats devraient ensuite être confrontés avec ceux des méthodes moléculaires, anatomiques, et la taxonomie afin d'aboutir à des identifications plus robustes, surtout pour les échantillons dont les spectres ont présenté des caractéristiques différentes par rapport à l'ensemble des spectres de l'espèce en question.

### Remerciements

Cette étude est financée par l'Union Européenne dans le cadre du projet G3D (Gestion Durable des Bois précieux *Dalbergia* et *Diospyros* de Madagascar). Les auteurs adressent leurs remerciements à l'équipe de l'UFR Sciences du Bois de l'ESSA-Forêts, l'équipe des anatomistes de la MBEV de la faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, et l'équipe des taxonomistes et botanistes de terrain de la MBG de Madagascar pour leurs contributions à cette étude.

### Références

- Bosser J., Rabevohitra R. (2005) Espèces nouvelles dans le genre *Dalbergia* (Fabaceae, Papilionoideae) à Madagascar, *Adansonia* 27 (2) : 209-216
- Bosser J., Rabevohitra R. (1996) Taxa et noms nouveaux dans le genre *Dalbergia* (Papilionaceae) à Madagascar et aux Comores. *Bull. Mus. Natl Hist. Nat., Paris*, 4<sup>ème</sup> sér., sect. B, *Adansonia* 18 (3-4) :171-212.
- Convention on International Trade in endangered Species of wild fauna and flora, (2020), Interpretation and implementation matters general compliance and enforcement, Rapport of Madagascar on the implementation of decision 18.96. Twenty-fifth meeting of the Plants Committee. Geneva (Switzerland), 17 and 20-23 July 2020.
- Du Puy D.J., Labat J.-N., Rabevohitra R., Villiers J.-F., Bosser J. and Moat J.(eds), *The leguminosae of Madagascar*. Royal Botanical Gardens, Kew.
- Phillipson P. and Cramer S. (2018, March 10), Taxonomy of *Dalbergia* in Madagascar: a summary. Retrieved from:  
<http://legacy.tropicos.org/projectwebportal.aspx?pagename=Dalbergia3&projectid=17>
- Saha S., Shilpi J.A., Mondal H., Hossain F., Anisuzzman Md., Hassan M.Md. Cordell G.A. (2013), Ethnomedicinal, phytochemical, and pharmacological profile of the genus *Dalbergia* L. (Fabaceae), *Phytopharmacology*, 4 (2), 291-346.
- Sandak A., Sandak J. and Negri M. (2011) Relationship between near-infrared (NIR) spectra and the geographical provenance of timbre, *Wood Science and Technology* 45 : 35-48, DOI 10.1007/s00226-010-0313-y