

Méthodologie de couplage des marqueurs chimiques et des marqueurs génétiques dans la traçabilité du bois. Cas du Tali, genre *Erythrophleum*

ARNAUD Maëlle^{1,2}, NDIADÉ BOUROUBOU Dyana¹, BOESCHOTEN Laura³,
ROCHA VENÂNCIO MEYER-SAN Barbara³

¹Institut de Recherches Agronomiques et Forestières (IRAF), CENAREST, Gabon

²Master Sciences du bois, Faculté des Sciences de Montpellier, France

³ Université de Wageningen, The Netherlands

maelle.arnaud01@etu.umontpellier.fr

Mots clés : Traçabilité ; Bois ; Commerce illégal ; Afrique centrale ; Déclarations de douanes ; Authentification ; Marqueurs chimiques ; Marqueurs génétiques ;

Contexte

La traçabilité du bois est un concept décrit par la norme ISO 8402 (1994) comme étant « l'aptitude à retrouver l'historique et l'utilisation ou la localisation d'un article ou d'une activité au moyen d'une identification enregistrée » (Fuentealba et al 2006). La traçabilité du « bois » et des « produits dérivés du bois » joue un rôle important dans la filière forêt-bois. En effet, celle-ci permet d'identifier le bois et de remonter jusqu'à son origine géographique et parfois même jusqu'à son lieu de récolte. L'exploitation du bois en Afrique centrale (Fig.1) est considérée soit comme légale (CFAD, FSC, CITES), soit comme illégale (hors concession et ne respectant pas les conventions et les normes). De ce fait, certains producteurs de bois d'Afrique centrale (Fig. 2) font des déclarations de douanes frauduleuses afin d'infiltrer sur le marché les bois issus de l'exploitation illégale.



Fig 1 : Carte présentant les pays d'Afrique centrale et l'étendue de la forêt du bassin du Congo



Fig. 2 : Concept de traçabilité et enjeux dans la filière forêt-bois en Afrique centrale

Ainsi plusieurs moyens sont mis en œuvre pour authentifier ces déclarations, mais présentent des limites. C'est pourquoi les méthodes scientifiques sont développées et s'imposent comme étant un moyen de contrôle plus efficient. Lors de ce stage réalisé à l'Institut de Recherches Agronomiques et Forestières au Gabon, nous avons étudié l'efficacité des marqueurs chimiques et des marqueurs moléculaires génétiques sur un cas d'étude du Tali (*Erythrophleum suaveolens* et *Erythrophleum ivorense*), sur son aire de répartition naturelle dans la zone côtière forestière de l'Afrique centrale et de l'Ouest (Kombila-Mouloungui 2019).

Matériel et méthode

Le Tali est le nom commercial désignant deux essences du genre *Erythrophleum*, *Erythrophleum ivorense* et *Erythrophleum suaveolens*. Ce sont deux essences endémiques d'Afrique centrale. Le genre *Erythrophleum* est hermaphrodite. Le bois de Tali est essentiellement utilisé pour faire des charpentes lourdes, ossatures, escaliers d'intérieur, parquets lourds, poteaux, piquets et des travaux hydrauliques (Gorel et al. 2015).

Dans un premier temps, les sites de prélèvement d'échantillons de Tali sont identifiés sur son aire de répartition géographique naturelle en Afrique centrale. Un plan d'échantillonnage est ensuite mis en place, récolte des échantillons de bois à cœur et de sol puis analyse de ceux-ci en laboratoire (Fig. 3, Boeschoten 2021).

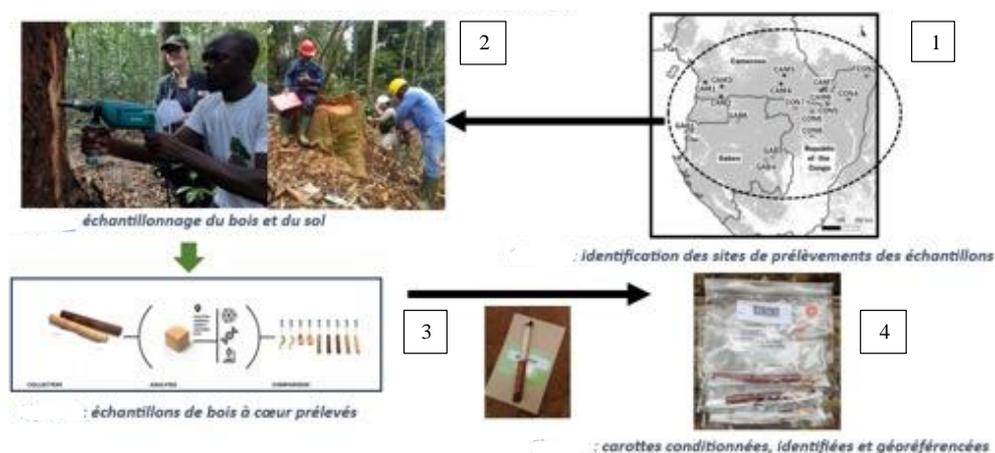


Fig.3 : Protocole des méthodes chimiques : rapports isotopiques et dosage des multiéléments

Les échantillons sont analysés par deux méthodes : une chimique et une génétique. La méthode chimique consiste à mettre la poudre de bois en solution, puis à les analyser en spectrométrie de masse. Les résultats obtenus sont des rapports isotopiques permettant de déterminer des assignations des provenances géographiques des bois (Fig. 4). La méthode génétique consiste à amplifier les échantillons par PCR. Dans cette étude, les marqueurs génétiques utilisés sont les séquences SNP de l'ADN chloroplastique. On pourra ainsi séquencer les portions d'ADN amplifiées afin d'obtenir le génotypage des SNP. On pourra ainsi obtenir une cartographie génétique et déterminer les assignations géographiques des échantillons de bois (Fig. 5, Boeschoten 2021, Boeschoten et Rocha Venâncio Meyer-San in press)

Le couplage des méthodes chimiques à la méthode génétique consiste à croiser les résultats corrects d'assignation des échantillons de bois à leurs origines géographiques. Les résultats corrects d'assignation géographique sont obtenus en comparant les taux corrects d'assignation pour chaque méthode individuelle et le couplage des deux méthodes. Le couplage des méthodes peut se faire de quatre manières : 1) multiéléments/génétique 2) isotopes stables/génétique 3) multiéléments/isotopes stables et 4) les trois méthodes ensemble. Dans le cas du Tali, quatre jeux de données sont donc obtenus.

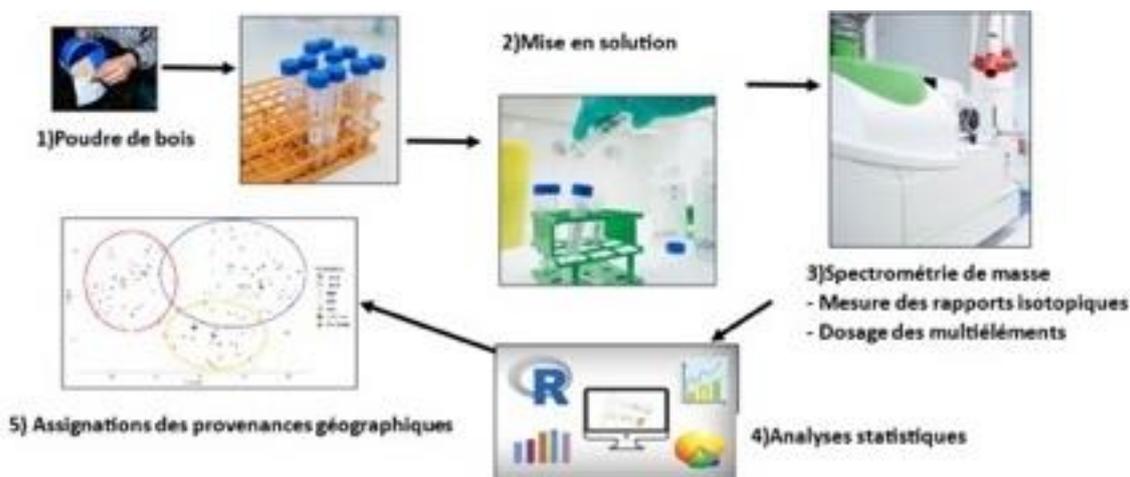


Fig. 4: Protocole des méthodes chimiques : rapports isotopiques et dosage des multiéléments

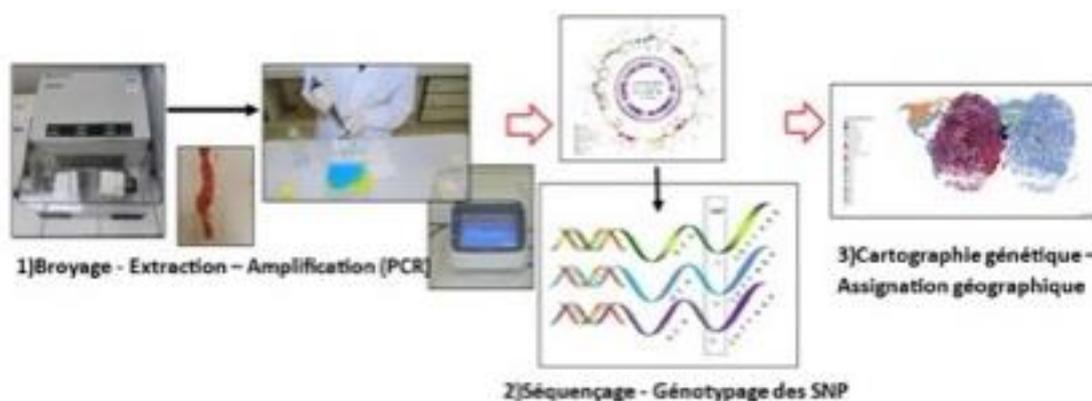


Fig. 5: Protocole de la méthode génétique : polymorphisme nucléotidique (SNP) de l'ADN chloroplastique

Résultats

De toutes les approches combinées, il s'avère que la combinaison des trois apporte le meilleur taux d'assignation correct des arbres à leur site d'origine soit environ 88% d'individus correctement assignés. A la suite de quoi, viennent le couplage des données de génétique et des multiéléments, des isotopes stables et des multiéléments, de génétique et des isotopes stables ayant respectivement comme taux d'assignation correct des arbres 83%, 81,5% et 72% (Fig. 6). Malgré que certains arbres soient mal assignés, leurs lieux d'assignation, étaient toujours dans un rayon de 200 Km autour de leur site de récolte, c'est-à-dire à l'intérieur du même bloc forestier (Fig. 7, Boeschoten 2021, Boeschoten et Rocha Venâncio Meyer-San in press).

Discussion

L'approche combinée des méthodes chimiques et génétiques permet d'assigner un échantillon de bois brut ou manufacturé à son origine géographique avec environ 88% de précision. Pris séparément, ces trois méthodes acquièrent des résultats moins satisfaisants. L'association des trois méthodes (isotopiques, multiéléments et génétiques) renforce la précision du taux d'assignation correct des échantillons à leur lieu de récolte. Plus particulièrement dans la région Afrique Centrale, cette étude montre que le dosage de certains multiéléments, tels que : W (tungstène), Ba (baryum), Mo (molybdène), K (potassium) et Cr (chrome) s'avère être de meilleurs traceurs de la variabilité chimique des échantillons à l'échelle du site. Il s'avère qu'un facteur reste cependant limitant dans cette région, il s'agit du facteur environnemental. En effet, les variables climatiques, topographiques et telluriques *(altitude, précipitations, types de sols..) varient très peu à l'échelle régionale, ainsi il est plus fastidieux de préciser la provenance

géographique à l'échelle du site de récolte. Toutefois, cette approche combinée, assure la détermination du lieu de la « provenance géographique du bois » à l'échelle du bloc forestier régional, dans un rayon de 200 Km de son site de récolte réel.

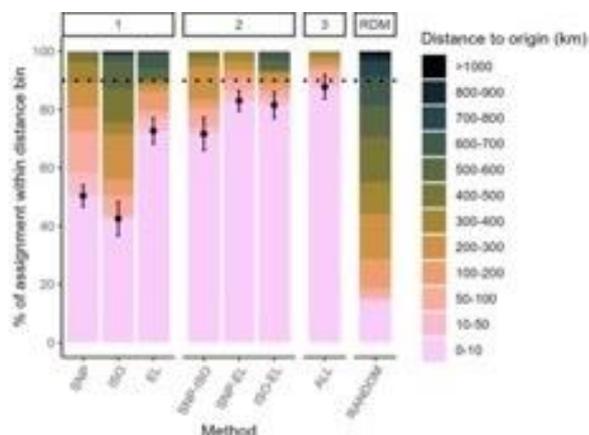


Fig. 6 : Taux d'assignation correct suivant la distance à l'origine par méthode

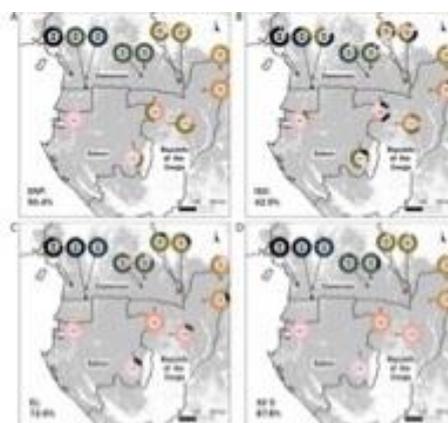


Fig. 7 : Résultats individuels des assignations par méthodes individuelles et combinées

Conclusion

La traçabilité du bois est un enjeu d'ordre mondial, du fait de sa contribution à la gestion durable de la biodiversité des forêts et à la résilience au changement climatique global. Cette étude est la première du genre qui combine des données chimiques aux données génétiques pour assigner les individus à leur lieu de provenance géographique. L'approche combinée des méthodes chimiques et génétiques pour la traçabilité du bois, par la qualité de ses résultats préliminaires, apparaît comme une alternative à retenir et à capitaliser pour les procédures de contrôle et de vérification dans la « filière bois » des pays producteurs de bois.

Remerciements

Je remercie : L'IRT de m'avoir accueilli ; Dr NDIADÉ BOUROUBOU Dyana pour m'avoir encadré et l'IRAF pour m'avoir financé ma sortie terrain dans le parc national de la Waka (Ngounié, Gabon) ; le GDR ; la Mobilité internationale FDS ; la Région Occitanie ; le LabeX NUMEV pour leur générosité envers le master Sciences du bois pour leur participation aux Journées Scientifiques 2023 du GDR Sciences du Bois.

Références

- Boeschoten L.E. (2021) Stable isotope ratios in wood show little potential for sub-country origin verification of two timbers from Central Africa, *Forest Ecology and Management*.
- Boeschoten L.E., Rocha Venâncio Meyer-San B. (in press) Combining genetic and chemical methods boosts accuracy of timber tracing at small spatial scales, *Forest Ecology and Management*.
- Fuentealba C., Choffel D., Charpentier P. (2006) Outils de contrôle non-destructif pour la traçabilité du bois
- Gorel, A.P., Fayolle A., Doucet J.L. (2015) Écologie et gestion des espèces multi-usages du genre *Erythrophleum* (Fabaceae-Caesalpinioideae) en Afrique (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 19, 415-429.
- Kombila-Mouloungui A.G. (2019) L'arrêt de l'exportation des grumes au Gabon : enjeux et perspectives, Thèse.