

## Variabilité du $\delta^{13}\text{C}$ le long du rayon de bois tropicaux de la région amazonienne brésilienne

SOUZA-SILVA Isabela Maria<sup>1,2</sup>, ARAÚJO Maria Gabriella<sup>1</sup>, BATISTA Ana Claudia<sup>1</sup>,  
MARTINELLI Luiz Antonio<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Centre d'Énergie Nucléaire dans l'Agriculture - Université de São Paulo- Brésil

<sup>2</sup>Laboratoire d'accueil : SilvaTech INRAE-Nancy

[isabela\\_souza@usp.br](mailto:isabela_souza@usp.br)

**Mots clés :** analyse isotopique ; traçabilité du bois ; exploitation illégale ; déforestation.

### Contexte et objectifs

La forêt tropicale amazonienne, connue pour sa grande biodiversité, joue un rôle essentiel dans le climat mondial en fournissant divers services environnementaux tels que la régulation de l'humidité de l'air par évapotranspiration et recyclage de l'eau, et ce de la côte atlantique aux Andes (Salati et al. 1979). En raison de son importance environnementale élevée, la destruction de la forêt est devenue un sujet de débat national et international, car le remplacement de la forêt par des activités agropecuaires se produit rapidement, de manière incontrôlée et souvent illégale, en raison de la facilité de la saisie des terres (Nepstad et al/ 2014, Matricardi et al. 2020, Ferrante et al. 2021, Silva Junior et al. 2021).

Une étude menée par Valdiones et al. (2022) publiée par le réseau SIMEX, a révélé que, entre août 2020 et juillet 2021, environ 40 % du bois exploité dans la région amazonienne a été extrait de manière illégale, principalement sur des propriétés privées (72 %), suivies par les terres autochtones et les zones de conservation (totalisant 15 %).

Les données obtenues par Brancalion et al. (2018) sur l'Amazonie orientale révèlent la fraude et la corruption dans le secteur forestier de la région, mettant en lumière une surestimation du volume de bois dans les permis d'exploitation forestière et un taux moyen d'"erreur" de 45 % dans l'identification des espèces. Environ treize espèces différentes ont été confondues avec des arbres d'ipê (*Handroanthus*), un bois très prisé sur le marché international.

Dans ce contexte, la réduction effective du commerce de bois illégal se présente comme un défi d'une grande ampleur. Il devient donc essentiel d'établir un système de certification qui intègre des méthodes scientifiques rigoureuses de traçabilité et d'identification précise des espèces forestières exploitées. Ces caractéristiques doivent constituer des exigences obligatoires dans toute proposition de système de certification, dans le but de garantir l'authenticité et la légalité du bois commercialisé (Brancalion et al. 2018).

En considérant la variation des isotopes en réponse aux processus biogéochimiques et physiques, reflétant l'environnement dans lequel ils sont présents, l'utilisation des isotopes peut devenir un outil solide et applicable dans la lutte contre l'exploitation illégale du bois (Deleens et al. 1993, Fry 2006, Costa et al. 2019). Pour comprendre la dynamique de la signature isotopique du bois et son potentiel en matière de traçabilité, il est essentiel de prendre en compte certains points cruciaux. Cela inclut la variation entre les cernes de croissance (inter-radial), les variations entre les arbres dans une même localité (intra-local, ces dernières pouvant être influencées par des facteurs tels que les conditions spécifiques du sol) et la variation entre différentes localités géographiques (inter-local). Celle-ci constitue une autre source

significative de variation dans les signatures isotopiques du bois et est souvent liée aux différences climatiques et géologiques propres aux différentes régions.

À la lumière de ces considérations, notre travail se propose d'analyser la variation du rapport isotopique entre le carbone 12 et le carbone 13 aule long du rayon des espèces forestières de valeur commerciale de la région amazonienne brésilienne.

## Matériel et méthode

Environ 50 espèces ont été utilisés, totalisant environ 250 individus forestiers provenant de différentes localités de la région amazonienne brésilienne. Pour permettre les analyses isotopiques du carbone, une tranche transversale de 1,50 cm de largeur sur 2,5 mm d'épaisseur a été prélevée à la base du tronc de chaque individu. Sur chaque tranche, cinq échantillons de 2 cm de longueur ont été prélevés, représentant la moelle, le duramen et l'aubier (Fig. 1). La différence statistique entre les points a été déterminée en utilisant la distance de Cohen (d). Les analyses ont été réalisées sur le logiciel Rstudio.

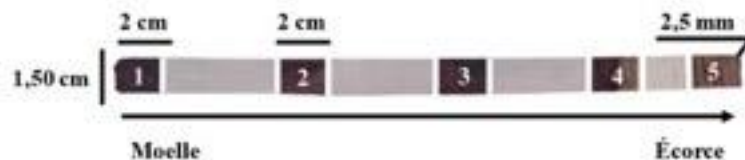


Fig. 1 : Barret du rayon du disque de bois en coupe transversale, montrant la section de la moelle à l'écorce. La tranche mesure 1,50 cm de largeur et 2,5 mm d'épaisseur. Les pièces numérotées de 1 à 5 représentent les échantillons prélevés pour les analyses, avec des dimensions de 1,50 cm de largeur et 2 cm de longueur.

## Résultats et discussion

Parmi tous les individus, la moyenne de  $\delta^{13}\text{C}$  était de  $-28,3 \pm 1,5\%$ , avec une grande variation de 9‰ (minimum de  $-33,5\%$  et maximum de  $-24,8\%$ ), lors de l'étude de deux espèces forestières de la région amazonienne. Hietz et al (2005) ont montré une valeur de  $-29,03\%$  pour l'espèce *Cedrela odorata* et  $-28,11\%$  pour *Swietenia macrophylla*. Comme nos données présentent une forte variation d'espèces dans différentes localités, une grande variation de la signature isotopique était attendue.

Dans le rayon, le schéma émergent ressemble à une forme de cloche, avec  $\delta^{13}\text{C}$  devenant moins négatif à 25 ( $-28,0 \pm 1,60\%$ ), 50 ( $-27,9 \pm 1,47\%$ ) et 75 ( $-28,2 \pm 1,37\%$ ) (Fig. 2). Bien que le  $\delta^{13}\text{C}$  soit significativement moins négatif à ces points qu'au centre de l'arbre '0' ( $-28,5 \pm 1,72\%$ ) et près de l'écorce '100' ( $-28,8 \pm 1,22\%$ ), la différence n'est que de 0,9‰. Selon le test de la distance de Cohen (d), la plus grande taille d'effet a été considéré comme faible ( $d \leq 0,37$ ), suggérant qu'il n'y a pas de différence statistique entre les moyennes. Ohashi et al (2016), en évaluant la variabilité intra-radiale du  $\delta^{13}\text{C}$  chez les espèces forestières tropicales, ont montré une variation inférieure à 1‰ entre les cernes de croissance. Ce dernier point semblerait indiquer qu'il soit possible d'utiliser la moyenne de toutes les valeurs ou d'une valeur spécifique.

## Conclusion

La traçabilité du bois dans la région amazonienne demeure un défi important. Les isotopes de carbone se révèlent prometteurs pour la création d'un outil qui contribue à élucider les crimes liés à l'exploitation illégale. Le fait de n'avoir pas observé une grande variation isotopique entre les différents points le long du rayon rend l'outil plus fiable. Par conséquent, bien que de nombreux défis persistent, l'analyse des isotopes reste un outil essentiel pour la traçabilité du bois, fournissant des informations cruciales sur l'origine et les caractéristiques des arbres.

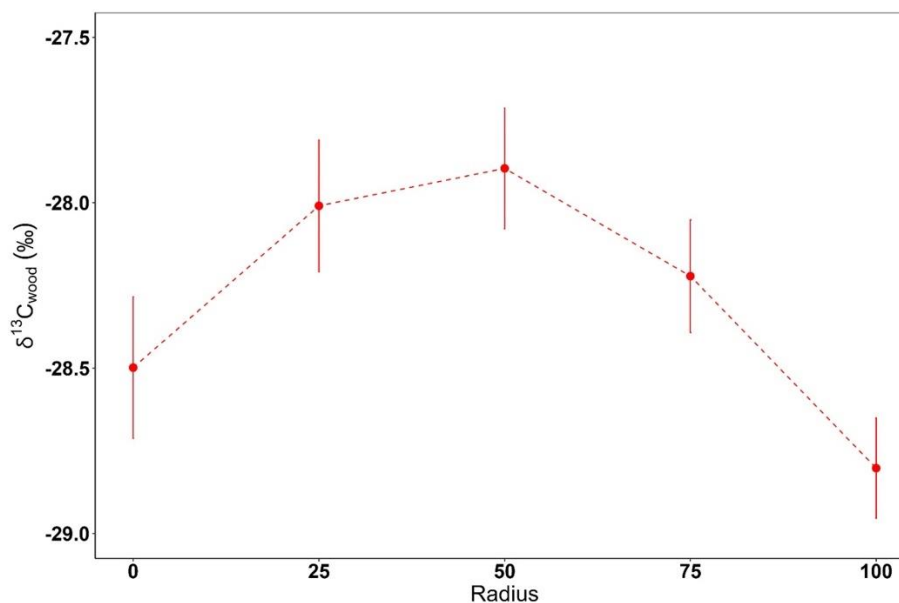


Fig. 2 : Variation moyenne radiale de  $\delta^{13}C$  dans le bois regroupant les valeurs par spécimens et sites. Les barres verticales rouges indiquent les intervalles de confiance à 95 %.

## Références

Brancalion PHS, Almeida DRA, Vidal E, Molin PG, Sontag VE, Souza SEFX, Schulze MD (2018) Fake legal logging in the Brazil Amazon. *Applied Ecology*, 4 (8): 1-7. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat1192>.

Costa FJV, Sena-Souza JP, Nardoto GB (2019) Determinação da origem geográfica de vestígios utilizando isótopos estáveis: base científica e potencial de uso no Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Policiais*, 10 (1): 15-54.

Ferrante L, Andrade MBT, Fearnside PM (2021) Land grabbing on Brazil's Highway BR-319 as a spearhead for Amazonian deforestation. *Land Use Policy*, 108, 105559. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105559>.

Fry B (2006). *Stable Isotope Ecology*. Springer, v. XII. New York.

Hietz P, Wanek W, Dünisch O (2005) Long-term trends in cellulose  $\delta^{13}C$  and water-use efficiency of tropical *Cedrela* and *Swietenia* from Brazil. *Tree Physiology*, 25: 745-752.

Matricardi EAT, Skole DL, Costa OB, Pedlowski, MA, Samek JH, Miguel EP (2020) Long-term forest degradation surpasses deforestation in the Brazilian Amazon. *Science*, 369: 1378-1382. <https://doi.org/10.1126/science.abb3021>.

Ohashi S, Durgante F M, Kagawa A, Kajimono T, Trumbore S E, Xiaomei X, Ishizuka M, Higuchi N (2016). Seasonal variations in the stable oxygen isotope ratio of wood cellulose reveal annual rings of trees in a Central Amazon terra firme forest. *Oecologia*, 180: 685–696. <https://doi.org/10.1007/s00442-015-3509-x>

Salati E, Dall'Olio A, Matsui E, Gat J (1979). Recycling of water in the Amazon basin: an isotope study. *Water Resour. Res.*, 15 (5): 1250–1258. <https://doi.org/10.1029/WR015i005p01250>.

Valdiones A P, Vianna A, Cardoso dos Santos B D, Damasceno C, Souza Jr. C, Cardoso D, Costa J N, Batista L A S, Lentini M, ; Andrade M, Pacheco B, Carvalho T, Silgueiro V F (2022) Sistema de Monitoramento da Exploração Madeireira (Simex): Mapeamento da exploração madeireira na Amazônia –août 2020 à juillet 2021.