

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

SOUZA-SILVA Isabela Maria^{1,2}, PONTON Stéphane², ARAÚJO Maria Gabriella¹, BATISTA Ana Claudia¹, MARTINELLI Luiz Antonio¹.
¹ Centre d'Énergie Nucléaire dans l'Agriculture - Université de São Paulo- Brésil. ² Laboratoire d'accueil : Silva INRAE-Nancy
 isabela_souza@usp.br

Contexte et objectifs

- 40 % du bois exploité dans la région amazonienne est extrait de manière illégale (Valdiones *et al.* 2022).
- La composition isotopique du bois, notamment celle du carbone ($\delta^{13}\text{C}$), reflète les processus biogéochimiques et physiques de l'environnement où il croît (Fry. 2006). Ainsi, $\delta^{13}\text{C}$ pourrait indiquer la provenance géographique et devenir un outil dans la lutte contre l'exploitation illégale du bois (Paredes_Villanueva *et al.* 2021).
- Les premiers résultats montrent des différences de $\delta^{13}\text{C}$ importantes entre les sites (Figure 1).
- **MAIS** : la signature isotopique dans le bois peut varier radialement à cause des effets de l'âge et du temps (Van der Sleen *et al.* 2022).
- **Objectif** : analyser les variations de $\delta^{13}\text{C}$ le long du rayon des espèces forestières commerciales en Amazonie, afin d'évaluer son importance pour la distinction entre les sites et d'améliorer la traçabilité géographique.

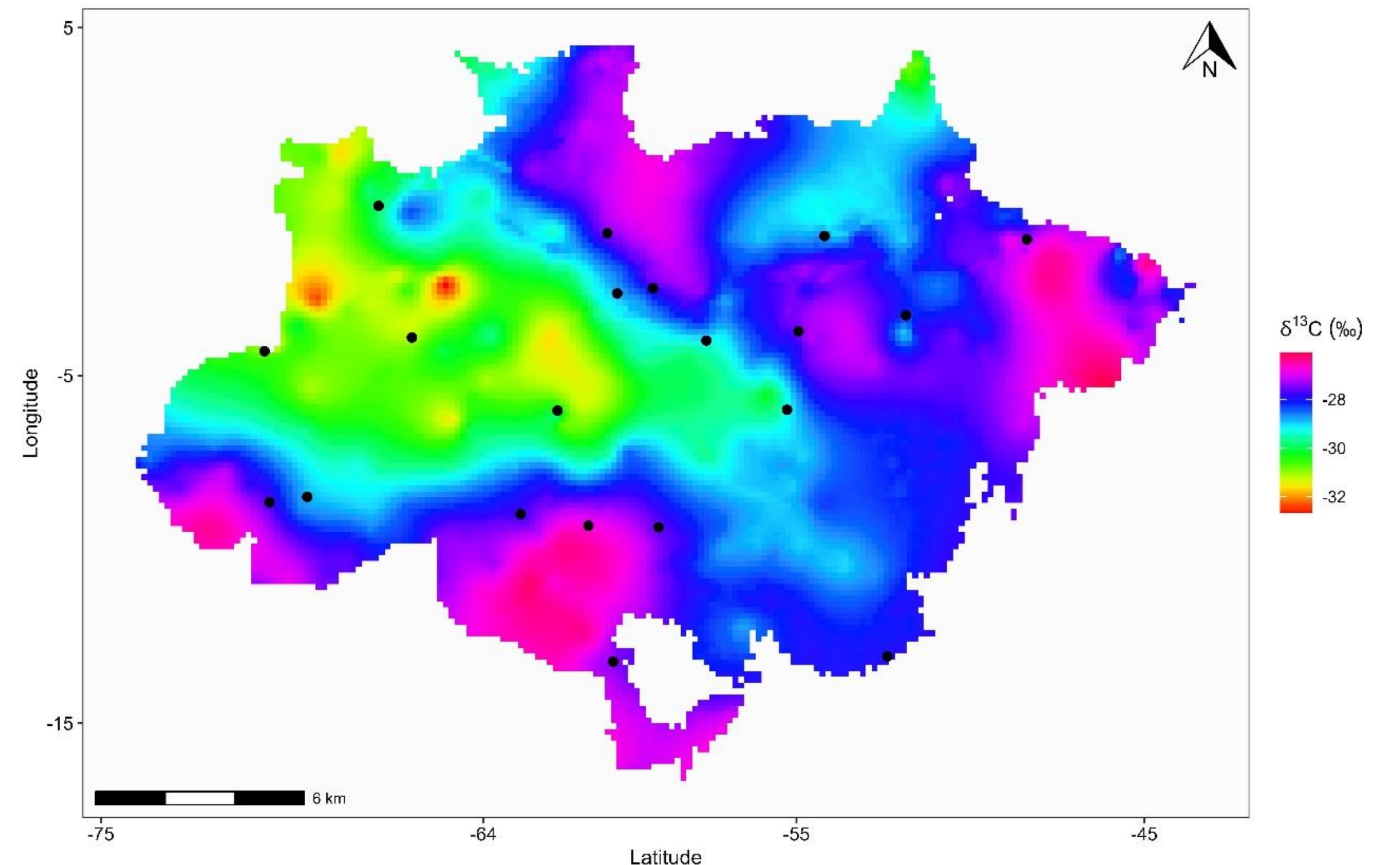


Figure 1 : Valeurs moyennes de $\delta^{13}\text{C}$ de la isoscape du bois dans la région amazonienne. Les points noirs indiquent les sites d'échantillonnage. Source : données personnelles.

Matériel et méthode

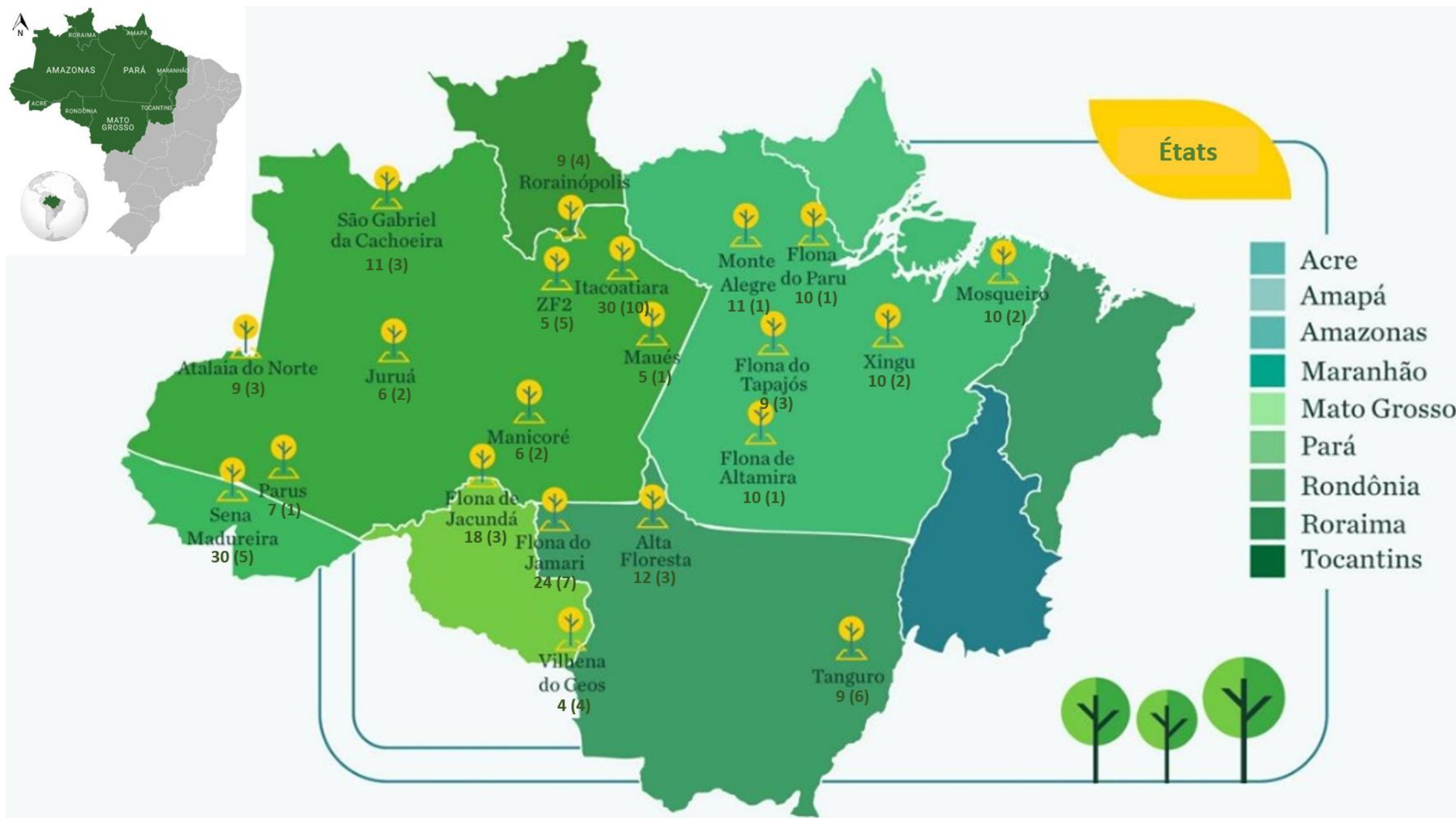
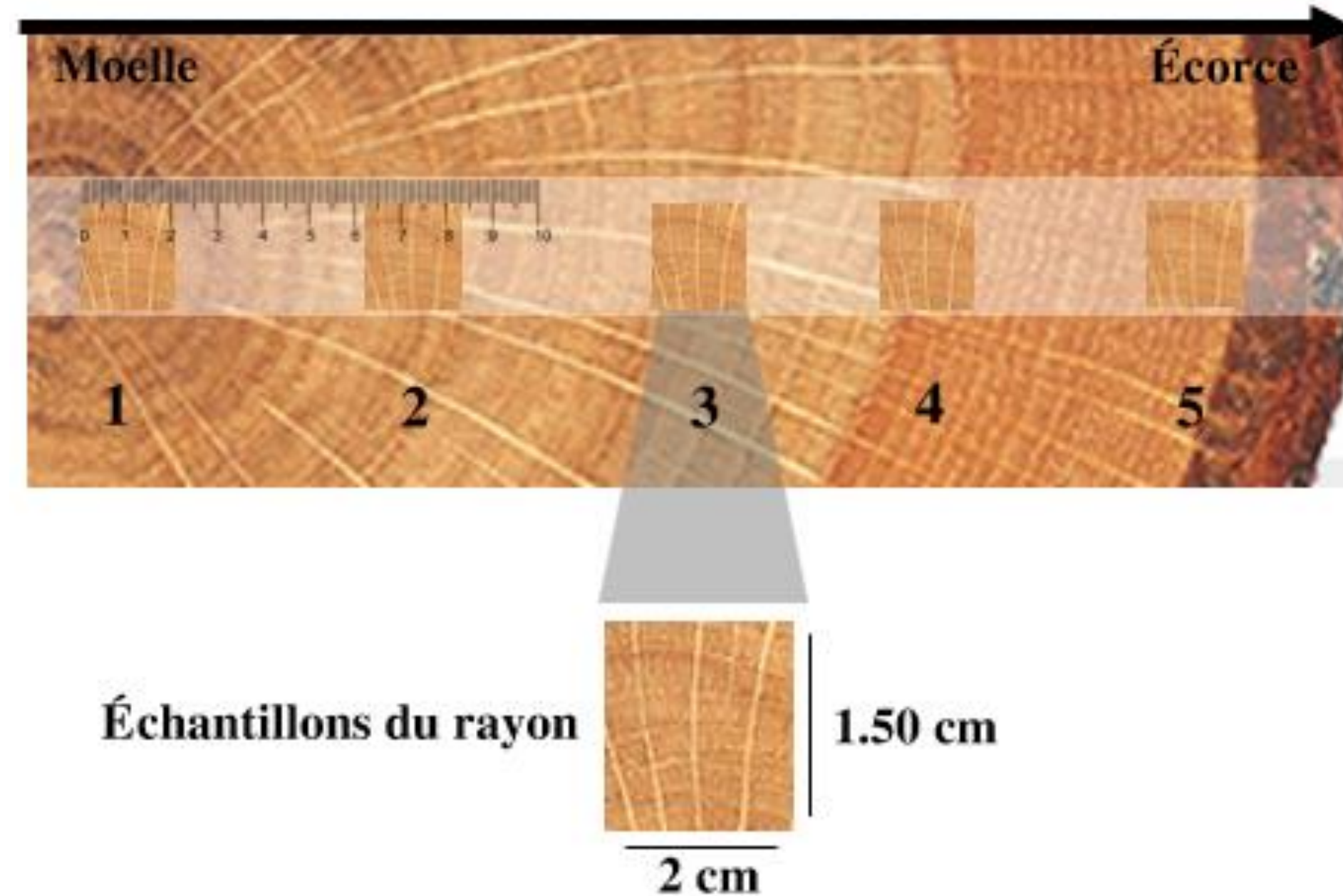


Figure 2 : Distribution des 22 localités échantillonnées. Le nombre en dehors des parenthèses représente la quantité d'individus et entre les parenthèses le nombre de genres taxonomiques.

Source : données personnelles/ The Nature Conservancy

- Extraction d'un barreau de bois à base du rayon du tronc,
- 5 points de mesure par barreau.



(avec une croissance annuelle de 0.2 à 0.6 cm an⁻¹, Wittmann *et al.* 2009)

Résultats et discussion

- Amplitude radiale moyenne de $\delta^{13}\text{C}$ = 1.1 ‰ (Figure 3). Différence modérée par rapport aux sites (Table 1).
- La norme de variation observée (croissance, plateau puis décroissance) est probablement le reflet de l'action de plusieurs facteurs :
- Effet âge: tendances ontogénétiques, taille, lumière, vpd...(Van der Sleen *et al.* 2014; Brien *et al.* 2017).
- Effet fertilisation CO₂ (+ température de surface) Li *et al.* (2021).
- Effet Sues : changement de la composition isotopique du CO₂ atmosphérique depuis le début de l'ère industrielle (Quirk et Asten 2023).

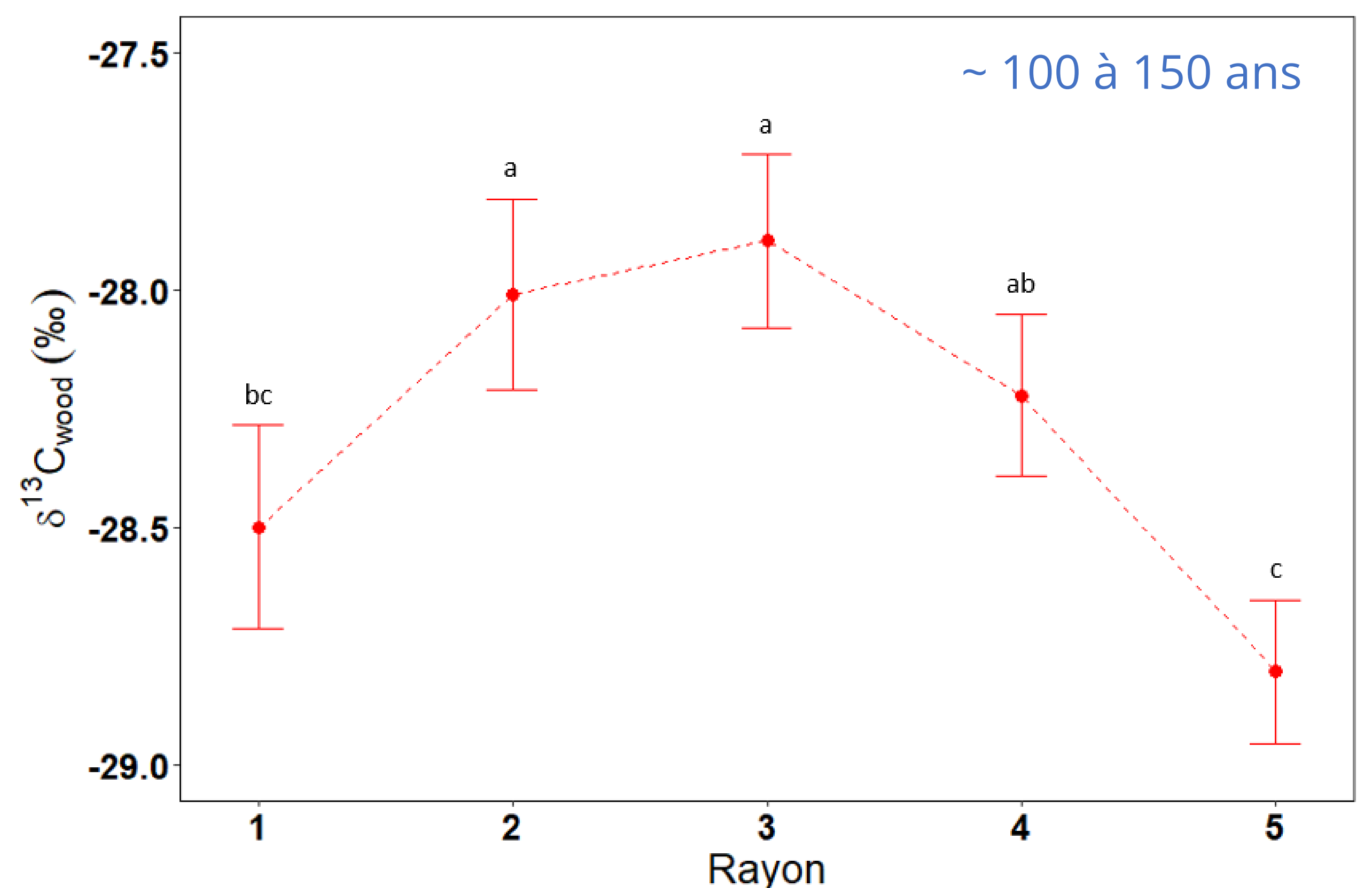


Figure 3 : Variation moyenne radiale de $\delta^{13}\text{C}$ dans le bois regroupant les valeurs par spécimens et sites. Les barres verticales rouges indiquent les intervalles de confiance à 95 %. La différence statistique entre les points a été déterminée en utilisant ANOVA et Test Tukey.

Source	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Model	109	1487.158826	13.643659	11.34	<.0001
Error	1125	1353.443987	1.203061		
Corrected Total	1234	2840.602813			

Source	Df	Type II SS	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Site	21	1248.989862	59.475708	49.44	<.0001
Position	4	133.688457	33.422114	27.78	<.0001
Site*Position	84	104.480507	1.243816	1.03	0.3994

Table 1 : Résultat d'une ANOVA testant les effets des facteurs "Site", "Position" et leurs interactions sur le $\delta^{13}\text{C}$.

Conclusion

Il existe une variation du $\delta^{13}\text{C}$ le long du rayon due aux conditions environnementales et ontogénétiques. Cependant, cette différence est modérée vis-à-vis de la variation entre les sites et affecte peu la fiabilité de l'outil. Les isotopes de carbone se révèlent prometteurs pour la création d'un dispositif contribuant à lutter contre l'exploitation illégale.

Références

-Brienen RJW, Gloor E, Clerici S, Newton R, Arppe L, Boom A, Bottrell S, Callaghan M, Heaton T, Helama S, Helle G, Leng MJ, Mielikäinen K, Ononen M, Timonen M (2017) Tree height strongly affects estimates of water-use efficiency responses to climate and CO₂ using isotopes. *Nat Commun* 8:288.
 -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.
 -Fry B (2006). *Stable Isotope Ecology*. Springer, v. XII. New York.
 -Xiaozen L, Guo C, Wenyi Q, Xiang W, Haitao L, Peng W (2021). Differences in responses of tree-ring $\delta^{13}\text{C}$ in angiosperms and gymnosperms to climate change on a global scale. *Forest Ecology and Management*, v. 492, 119247.
 -Paredes_Villanueva K *et al.* (2021). Isotopic characterization of Cedrela to verify species and regional provenance of Bolivian timber. *Tree-Ring Research*, v. 78, n. 2, p. 73-89, 2022.
 -Quirk T et Asten M (2023) **Atmospheric CO₂ Isotopic Variations, with Estimation of Ocean and Plant Source Contributions**. *Atmosphere*, 14(11), 1623.
 -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 - agosto 2020 à juillet 2021.
 -Van der Sleen P, Soliz-Gamboa CC, Helle G, Pons TL, Anten NPR, Zuidema PA (2014) Understanding causes of tree growth response to gap formation: $\delta^{13}\text{C}$ -values in tree rings reveal a predominant effect of light. *Trees Struct Funct* 28:439-448
 -Van der Sleen P, Zuidema P A, Pons T L (2022). Stable Isotopes in Tree Rings of Tropical Forests. In: Siegwolf R T W [et al.] *Stable Isotopes in Tree Rings*. Springer, p. 631-649.
 -Wittmann F, Schöngart J, Queiroz H, Oliveira Wittmann A, Conserva A, Piedade M T, Kesselmeier J, Junk W. (2009). The Amazon floodplain Demonstration Site: Sustainable timber production and management of Central Amazonian white-water floodplains. *Ecology and Hydrobiology*, v.2, 1-14.