

Mise en évidence par haubanage de la réponse thigmomorphogénétique de deux clones d'hévéa

ENGONGA EDZANG Arnauld^{1,2}, GRIL Joseph^{1,2}, MOUTOU PITTI Rostand^{2,3}
BADEL Eric¹

¹Université Clermont Auvergne, INRAE, PIAF, F-63000 Clermont–Ferrand, France

²Clermont Auvergne Université, CNRS, Clermont Auvergne INP, Institut Pascal, F-63000 Clermont-Ferrand, France

³CENAREST, IRT, Libreville, Gabon
arnauld.engonga-edzang@inrae.fr

Mots clefs : *Hevea brasiliensis* ; vent ; acclimatation ; rigidité de flexion

Contexte et objectifs

Les dégâts liés au vent représentent un problème majeur pour la production de latex en hévéaculture. On estime à près de 40% les pertes dues à la casse au vent des arbres sur une période de 30 ans correspondant à la durée d'exploitation d'une plantation (Clément-Demange et al. 1995). Les plantations industrielles d'hévéas sont organisées en parcelles monoclonales, ce qui a permis de mettre en évidence (à travers des observations) des différences interclonales de sensibilité à la casse. Aujourd'hui, les plants de culture sont sélectionnés pour leur productivité en latex, leur résistance aux maladies, leur croissance rapide, etc. ; mais aucun paramètre mécanique de sensibilité à la casse au vent n'a jamais été intégré dans les critères de choix du fait du manque d'outils adaptés pour leur évaluation par les sélectionneurs. Or, il a été démontré au cours de ces dernières décennies que la réaction des arbres face au vent n'est pas qu'une réaction mécanique passive mais bien un processus biomécanique : les arbres sont capables de réagir de manière active à des vents exceptionnels, en ajustant leur croissance (primaire et secondaire) pour mieux résister. Cette modification de la croissance sous l'effet des charges mécaniques externes (charge due au vent) est connue sous le nom de thigmomorphogenèse (Telewski et Jaffe 1986). Elle a lieu lorsque l'arbre est soumis à des coups de vents d'intensité relativement forte mais sans dommages. Les déformations de la tige (des branches charpentières et racines) sont perçues (Coutand et al. 2009, Moulia et al. 2015) et cette perception conduit à une réduction de la croissance en hauteur d'une part, à une stimulation de la croissance secondaire de la tige et des racines d'autre part. Tous ces changements de l'arbre suite aux stimuli mécaniques dus au vent ont un caractère bénéfique, car ils permettent à l'arbre de réduire sa sensibilité aux dommages dus au vent. Par ailleurs, des méthodes efficaces d'évaluation de cette capacité d'acclimatation ont été développées aussi bien sur des arbres adultes que sur des jeunes plants (Bonnesoeur et al. 2016, Niez et al. 2019). Dans le cadre de ce travail, on s'intéresse à variabilité interclonale de la capacité d'acclimatation de l'hévéa. Il s'agit ici de comparer la capacité d'acclimatation des clones IRCA825 et IRCA41 reconnus très productifs mais dont la sensibilité à la casse au vent est réputée contrastée (le IRCA825 sensible et le IRCA41 résistant à la casse). Pour ce faire, nous avons mis en place un dispositif d'haubanage dans des plantations d'hévéas en Côte d'Ivoire. Le haubanage supprime les déformations du tronc dues au vent et ainsi à annuler le processus d'acclimatation mécanique. Ce dispositif a été couplé à des essais mécaniques de flexion sur pied pour évaluer la rigidité de flexion (EI) et le module d'élasticité (MOE) des arbres et à terme la module de rupture.

Matériel et méthode

Les expérimentations ont été menées dans des plantations d'hévéas de la SOGB (Société des Caoutchoucs de Grand-Béréby) au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire (4°40'41.4''N, 7°5'28.7''O). Dans ces parcelles, nous avons sélectionné 20 paires d'arbres de chaque clone. Les arbres constituant une paire étaient situés côte-à-côte et dans la même ligne comme le montre la figure 1a. Le dispositif expérimental était constitué de 20 paires d'arbres IRCA825 et 20 paires d'arbres IRCA41. Dans chaque paire nous avons haubané un arbre (Ha) et laissé un témoin non-haubané (NHa), soit un total de 40 arbres NHa et 40 arbres Ha. Les arbres sélectionnés avaient des troncs droits pour faciliter le haubanage et des circonférences initiales de 50 cm en moyenne (correspondant à la circonférence de mise en saignée pour la production de latex).

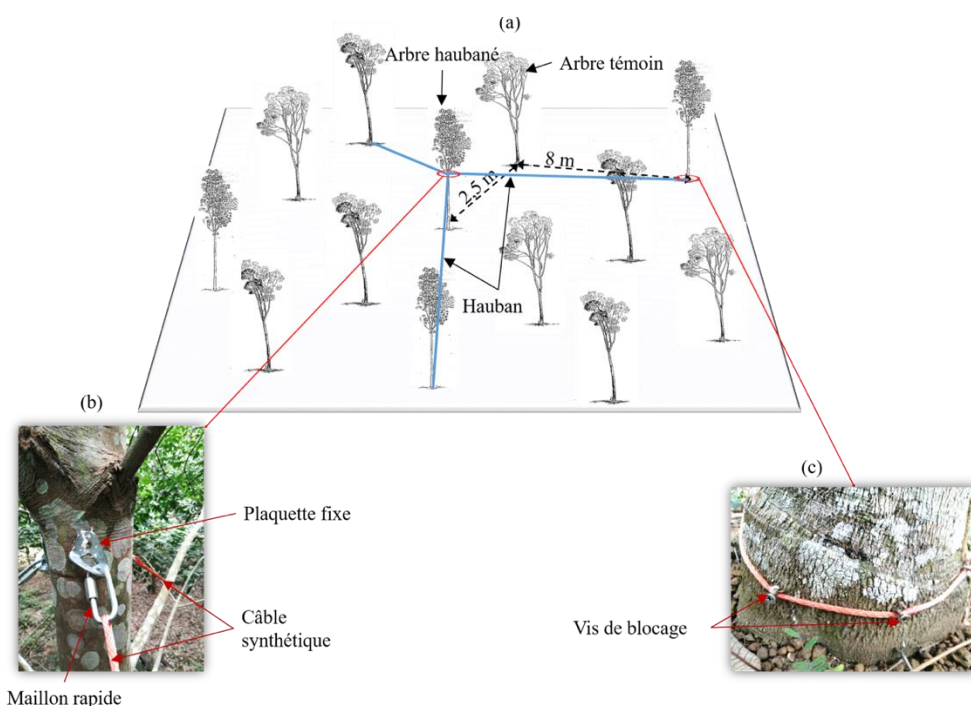


Fig. 1 : a. Schéma du dispositif d'haubanage. b. Zoom de la zone de fixation du hauban sur le tronc dans la partie basse du houppier. c. Zoom de la zone d'ancrage du hauban au pied des arbres voisins.

Le haubanage mis en place était constitué d'un système de 3 sangles à cliquet de 5 m de longueur ($F_{\text{rupture}} = 1500 \text{ daN}$), 3 câbles synthétiques de 8 mm de diamètre (COUSIN TRESTEC, Sequorope, $E = 92 \text{ GPa}$, $F_{\text{rupture}} = 6500 \text{ daN}$), 3 maillons rapides de 6 mm de diamètre, 3 plaquettes fixes en acier de 8 mm d'épaisseur et des vis inoxydables (Fig. 1b et 1c). Après la mise en place du dispositif en décembre 2020, un suivi de la croissance secondaire de ces arbres a été mis en place tous les 6 mois à 1,70 m du sol.

Des essais de flexion sur pied ont été effectués après 28 mois de suivi de croissance, pour caractériser la rigidité de flexion EI des arbres issus des deux traitements (arbres NHa et Ha) et leur module d'élasticité MOE. Ces essais ont été effectués à l'aide d'un ensemble d'équipement (Fig. 2) constitué d'un câble synthétique (8 mm de diamètre et 6500 kg de capacité) placé dans le houppier (à 6 à 8 m selon la hauteur totale de l'arbre) de l'arbre à tester. Ce câble est relié à un dynamomètre, puis à un tire-câble qui est ancré au pied d'un autre arbre et qui permet de fléchir l'arbre (Fig. 2). Les déformations induites par le fléchissement de la tige sont mesurées à l'aide de capteurs de déformation (élastomètre) placés sur le tronc et issus du système de mesure PICUS TreeQinetic (Engonga et al 2022). Pour l'analyse des données de ces essais nous nous sommes appuyés sur la méthode d'analyse décrite par Engonga Edzang et al (2022).

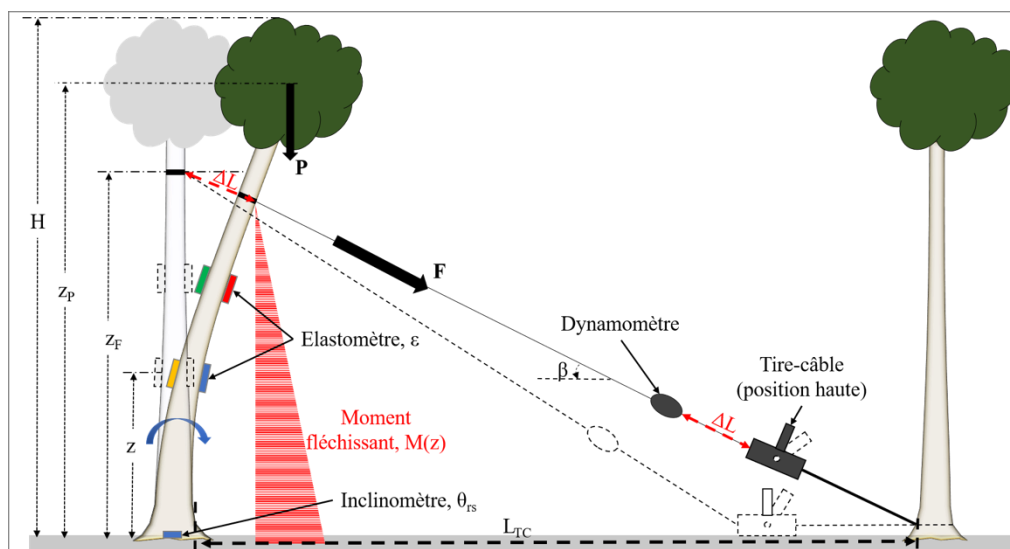
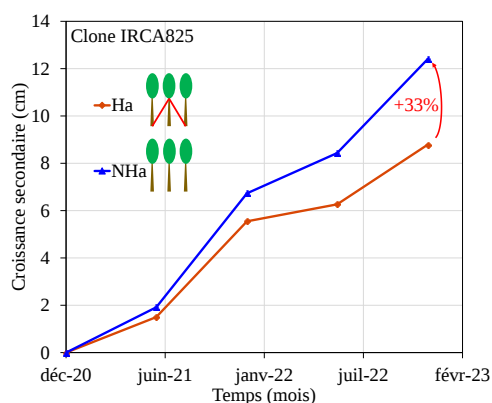


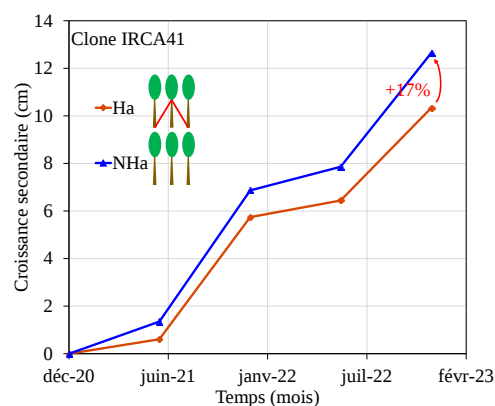
Fig. 2: Schéma du test de flexion non destructif, avec la position des différents capteurs. H hauteur totale de l'arbre, z_F hauteur au point de fixation du câble sur l'arbre, z_P hauteur du centre de gravité de la partie au-dessus de z_F , β angle du câble avec l'horizontale, L_{TC} distance de l'arbre au point d'ancrage du tire-câble à la base de l'arbre voisin, ε déformation mesurée par l'élastomère, θ_{rs} rotation du système racine-sol mesurée par l'inclinomètre, F force appliquée par le tire-fort, P poids du houppier, ΔL raccourcissement de la longueur du câble.

Résultats et discussion

Le suivi de croissance effectué sur les arbres NHa et Ha nous a permis de vérifier l'efficacité du dispositif de haubanage qui se traduit par la réduction de la croissance des arbres Ha. Il nous a également permis d'évaluer pour la première fois la capacité des clones d'hévéa IRCA825 et IRCA41 à percevoir les sollicitations mécaniques et à y répondre par les processus thigmomorphogénétiques. Chez le clone IRCA825 (Fig. 3), nous avons observé une différence de croissance de +33% entre les arbres Ha (soit une croissance de 6,3 cm en périmètre) et NHa (soit une croissance de 12,3 cm en périmètre) après 28 mois de traitement. Cette différence de croissance entre les arbres issus des deux traitements est typique d'une absence de perception de stimulations mécaniques dues au vent chez les arbres Ha. On observe également les effets du haubanage chez les clones IRCA41, avec une différence de croissance de +17% (Fig. 4) entre les arbres Ha (soit une croissance de 9,9 cm en périmètre) et Ha (soit une croissance de 11,6 cm en périmètre) sur la même période.



Erreur ! Source du renvoi introuvable.



Erreur ! Source du renvoi introuvable.

Fig. 3 : Croissance secondaire moyenne du clone IRCA825 après 28 mois de traitement d'expérimentation (mesure du périmètre à 1.7 m)

Fig. 4 : Croissance secondaire moyenne du clone IRCA41 après 28 mois de traitement d'expérimentation (mesure du périmètre à 1.7 m)

Comme on pouvait s'y attendre, la différence de croissance secondaire observée se traduit par une plus forte rigidité de flexion des arbres non-haubanés comparativement aux arbres haubanés. Les histogrammes de la figure 5 montrent des différences de EI entre les arbres NHa et Ha de l'ordre de 26% chez le clone IRCA825 et de 20% chez le clone IRCA41. Les effets du haubanage sur les propriétés du bois vert sont un peu plus contrastés entre les deux clones. En effet, les histogrammes de la figure 6 montre, chez le clone IRCA825, qu'il n'y a pas de différence nette de MOE entre les arbres NHa et Ha (soit 5%, avec $p=0,365$). Chez le clone IRCA41 en revanche, on observe une différence significative de MOE (avec $p=0,017$) de l'ordre de 9% entre NHa et Ha. Ainsi, l'absence de perception de stimulations mécaniques s'est traduit principalement par une réduction importante de la croissance secondaire chez le clone IRCA825. Chez le clone IRCA41, cette absence de perception s'est traduite par une réduction de la croissance secondaire avec une modification des propriétés du bois.

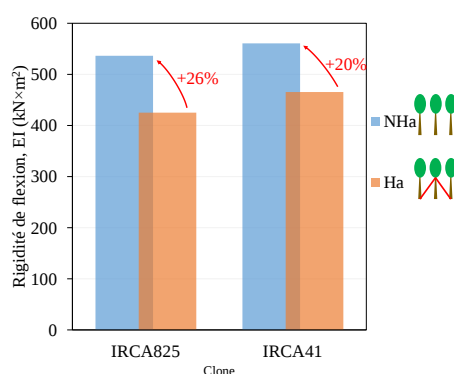


Fig. 5 : Rigidité de flexion mesurée sur pied à 1,7 m sur les clones IRCA825 et IRCA41

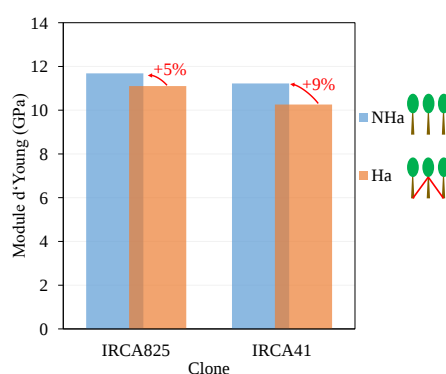


Fig. 6 : Module d'élasticité du bois vert mesuré sur pied à 1,7 m sur les clones IRCA825 et IRCA41

Conclusion

Ce travail a permis de montrer que les clones d'hévéa IRCA825 et IRCA41 sont capables de percevoir les stimulations mécaniques dues au vent et d'y répondre. On note néanmoins des stratégies différentes d'acclimatation au vent entre ces deux clones. L'acclimatation au vent chez le clone IRCA825 (réputé sensible à la casse au vent) semble se traduire par une augmentation importante de la croissance secondaire. Chez le clone IRCA41 (réputé résistant à la casse au vent) en revanche, l'acclimatation au vent semble se traduire à la fois par une augmentation de la croissance secondaire mais aussi par une modulation des propriétés de son bois. Dans la suite de cette expérimentation de haubanage des arbres, il serait également intéressant d'évaluer les effets de ce traitement sur la résistance à la rupture des tiges et celui du bois chez les deux clones.

Remerciements

Ces travaux font partie du projet « Vent Debout » financé par l'IFC (Institut Français du Caoutchouc) et les sociétés membres Michelin, SIPH et Socfin.

Références

- Bonnesoeur V., Constant T., Moulia B., Fournier M. (2016) Forest trees filter chronic wind-signals to acclimate to high winds. *New Phytol* 210, 850–860. <https://doi.org/10.1111/nph.13836>.
- Clément-Demange A., Nicolas D., Legnaté H., Rivano F., Le Guen V., Gnagne M.Y., Chapuset T. (1995) Hévéa: stratégies de sélection. *Plantations, recherche, développement* 2, 5–19.
- Coutand C., Martin L., Leblanc-Fournier N., Decourteix M., Julien J.-L., Moulia B. (2009) Strain Mechanosensing Quantitatively Controls Diameter Growth and *PtaZFP2* Gene Expression in Poplar. *Plant Physiol.* 151, 223–232. <https://doi.org/10.1104/pp.109.138164>.
- Engonga Edzang A.C., Niez B., Heim L., Fourcaud T., Gril J., Moulia B., Badel E. (2022) Wind safety of rubber trees in plantation: methodological analysis of bending experiments on inclined standing trees. *Bois & Forêts des Tropiques* 354, 65–77. <https://doi.org/10.19182/bft2022.354.a36912>.
- Engonga A., Badel E., Gril J., Moutou Pitti R. 2022. Caractérisation mécanique de produits issus du déroulage de peupliers agroforestiers. 11^{ème} Journées scientifiques du GDR Sciences du Bois. Nice. 16-18 Nov. 2022 hal-04136908v1
- Moulia B., Coutand C., Julien J.-L. (2015) Mechanosensitive control of plant growth: bearing the load, sensing, transducing, and responding. *Front. Plant Sci.* 6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00052>.
- Niez B., Dlouha J., Moulia B., Badel E. (2019) Water-stressed or not, the mechanical acclimation is a priority requirement for trees. *Trees* 33, 279–291. <https://doi.org/10.1007/s00468-018-1776-y>.
- Telewski F.W., Jaffe M.J. (1986) Thigmomorphogenesis: Anatomical, morphological and mechanical analysis of genetically different sibs of *Pinus taeda* in response to mechanical perturbation. *Physiol Plant* 66, 219–226. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1986.tb02412.x>