

CARACTÉRISATION ET VALORISATION DES ESPÈCES DE PETIT DIAMÈTRE EN BOIS ROND POUR LA CONSTRUCTION EN GUYANE

Thèse de Maëva **LEROY**¹

Analysée par Bernard **THIBAUT**²

Directeur de thèse : Bruno **CLAIR**, Directeur de recherche au CNRS, Montpellier

Co-encadrants : Julie **BOSSU**, Chargée de recherche au CNRS, Kourou,
Romain **LEHNEBACH**, Chercheur au CIRAD, Kourou

Ce travail se situe à la convergence de disciplines des sciences forestières, des sciences du bois et du génie civil, avec une direction à distance de Bruno Clair (mécanicien au CNRS Montpellier) et un co-encadrement local à Kourou de Julie Bossu (mécanicienne au CNRS) et de Romain Lehnebach (botaniste au CIRAD). La candidate possédait un diplôme d'Etat d'architecte délivré par l'Ecole d'architecture de Versailles en 2017 et quelques années d'expérience d'architecte dans des cabinets ou en libéral, en France hexagonale et en Guyane.

En dehors du caractère très interdisciplinaire du travail, cette thèse se distingue par une volonté très forte de la doctorante d'aller jusqu'à une mise en application dans une réalisation expérimentale d'ossature bois pour l'habitat en Guyane. C'est assez courant dans une thèse de type CIFRE pilotée par un partenaire industriel, mais beaucoup moins dans une thèse « académique » financée par le CNRS. Cela explique la cohabitation de travaux très finalisés et de démarches plus fondamentales d'acquisition de nouvelles connaissances.

Le premier chapitre, consacré à l'analyse des problèmes, et le dernier consacré à la réalisation de l'habitat expérimental, encadrent quatre chapitres dédiés à l'analyse de la ressource forestière et à la caractérisation des éléments d'ossature en petits bois ronds.

L'introduction générale (1^{er} chapitre) commence par une présentation très didactique et bien illustrée du bois de l'arbre en tant qu'élément d'ossature de cet édifice végétal, suivie par une présentation du contexte Guyanais du point de vue climatique, écologique, forestier, économique et social, focalisée sur les besoins en logement d'une population très jeune et en très forte progression démographique (population multipliée par 4 en 40 ans). La conclusion

¹ Thèse de doctorat de l'Université de Montpellier, École doctorale N° 166, *I2S Information, structures et systèmes*, Spécialité : Mécanique et génie civil, Unités de recherche : UMR Ecologie des forêts de Guyane, Kourou et UMR Laboratoire de mécanique et génie civil, Montpellier, présentée et soutenue à Kourou, Campus agronomique, le 12 décembre 2024 .

² Membre de l'Académie d'agriculture de France, section 2 « Forêts et filière bois ».

est claire : il faudrait créer 4000 nouveaux logements par an d'ici 2040, avec un territoire couvert à plus de 90% de forêt dense humide. Il est évident que le bois local en ossature est une solution à privilégier, quand la majorité des matériaux de construction doivent être importés d'Europe. Pourtant, ce n'est pas le cas actuellement, et la filière bois guyanaise n'est pas prête à répondre au défi, notamment en raison de la « faiblesse » de la ressource traditionnellement récoltée dans les règles de l'art en Guyane. Il faut donc commencer par innover dans ce domaine et la candidate propose d'utiliser la ressource en petits bois (diamètres inférieurs à 20 cm) à l'opposé de la règle du diamètre minimal d'exploitation (fixé à 55 cm). L'existence d'un renouveau scientifique et technique sur la valorisation des petits bois ronds en Europe (projet concerté européen) et leur utilisation démontrée dans le patrimoine bâti d'exception (cathédrales du Moyen âge ou bâtiment cérémoniel comme le Tucusipan en pays Wayana) sont des garants de la faisabilité technique aujourd'hui.

La première étape, c'est la forêt et la ressource forestière (2^{ème} chapitre). La candidate va utiliser les outils de l'architecture végétale et l'inventaire des parcelles du dispositif Guyafor pour guider les choix d'espèces et d'arbres à récolter. Plus de 50% des arbres inventoriés ont un diamètre inférieur à 20 cm : ils représentent environ 50m³ par hectare, mais appartiennent à 700 espèces différentes. Il faut d'abord clarifier la notion de petit bois en contexte guyanais. Un arbre de petit diamètre peut être un jeune arbre d'avenir pouvant atteindre le diamètre d'exploitation, il peut être aussi un arbre totalement dominé adapté à une vie en sous étage, ou appartenir à une espèce où les arbres en phase sénescence sont de petit diamètre. Privilégier l'utilisation des arbres qui ne seront jamais gros permet de ne pas concurrencer la filière existante. Des critères complémentaires comme l'abondance (nombre d'arbres à l'hectare), la géométrie des tiges (concept de longueur utile) ou des informations existantes sur la densité et la résistance à la pourriture (informations qui n'existent pas pour la moitié des espèces) permettent de faire un choix un peu arbitraire mais opérationnel de huit espèces qui seront analysées par la suite.

La deuxième étape concerne les propriétés des petits bois ronds utiles pour l'architecte ou le bureau d'étude (3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} chapitres).

En premier lieu (3^{ème} chapitre), l'utilisation de bois rond (contenant la moelle) induit inévitablement l'apparition de grandes fissures longitudinales en raison de la différence marquée entre le retrait circonférentiel (tangential) et le retrait radial lors du séchage. L'étude combinée, sur des billons entiers, des rondelles issues de ces billons et des éprouvettes standardisées, va fournir une première base de données originales sur les petits bois des espèces retenues, en termes de retraits, ampleur de fissuration et ténacité (résistance à la propagation de fissure). La différence des retraits, mesurée directement sur un seul essai original sur rondelle, est le principal facteur d'influence sur les variations importantes constatées entre espèces, sachant qu'il y a très souvent des fissurations importantes en périphérie.

En second (4^{ème} chapitre), la qualification de la rigidité (module d'élasticité) et de la résistance (contrainte de rupture en flexion) sont nécessaires au dimensionnement mécanique et exigés par la normalisation européenne. Aucun résultat n'est disponible pour des portions de tiges directement utilisées comme élément d'ossature. Un gros travail expérimental rigoureux sur les huit espèces testées à l'état vert (situation dans l'arbre) et à l'état sec (avec les fissurations induites par le séchage) fournit une deuxième base de données mécaniques originales. Les rigidités mesurées se révèlent plutôt élevées en comparaison avec des essais sur des espèces guyanaises réalisés sur des éprouvettes standard sans défaut. C'est certainement une

conséquence de la stratégie de croissance privilégiant l'allongement du tronc pour ces arbres très élancés. Les résistances à la rupture sont aussi comparables à des mesures sur des éprouvettes sans défaut (ce qui n'est pas le cas de poutres obtenues par sciage de gros arbres). Il n'y a pas d'effet significatif de l'ampleur des fissurations pour le bois sec, ce qui confirme les très rares résultats publiés.

En troisième (5^{ième} chapitre), la question cruciale de la résistance aux dégradations d'origine biologique (champignons et termites) des bois utilisés doit être documentée. Cette résistance (durabilité naturelle sans traitement) dépend de la nature chimique du bois et des conditions de mise en œuvre dans l'habitat. Une première campagne de tests de laboratoire vis-à-vis des champignons et des termites a été menée sur 45 arbres fournissant nombre de données pouvant être agrégées aux bases existantes au CIRAD. Ce travail permet de ranger les huit espèces selon leur résistance à chacun des types de dégradation. Plusieurs espèces sont très résistantes aux champignons, d'autres résistantes aux termites et certaines résistantes aux deux agresseurs. Cela confirme qu'il y a probablement la même proportion d'espèces résistantes dans les arbres « petits » à maturité que dans les espèces commerciales.

Cette analyse très chronophage a été doublée d'une campagne originale (5^{ième} chapitre bis) visant à tester directement des billons dans différentes conditions « réelles » : au contact du sol en forêt, hors sol et à l'abri de la pluie en forêt, et hors sol à l'abri de la pluie en milieu urbain. Dans ces essais il peut y avoir action simultanée ou en cascade des champignons et des ravageurs du bois, dont les termites. Les résultats, obtenus dans le temps réduit d'une thèse, confirment globalement les classements issus des tests de laboratoire et donnent un éclairage intéressant sur les conditions d'usage. Au contact du sol, tous les bois sont dégradés (ils sont biodégradables) dans une durée plus ou moins longue. Pour les bois hors sol et à l'abri de la pluie, l'humidité relative de l'air atteint très souvent 100% en forêt et la perte de masse due à l'action combinée des champignons et des termites est importante, alors qu'elle est très faible en milieu urbain où les températures sont souvent plus élevées et l'humidité de l'air plus faible.

Tous ces résultats expérimentaux, qui mériteraient certainement une analyse approfondie sur les données accumulées, qui pourra être faite *a posteriori*, donnent le feu vert pour une expérimentation en vraie grandeur, en retenant en priorité une espèce du genre *Licania*, abondante, à haut module et à bonne durabilité naturelle. C'est l'objet du dernier chapitre : consistant à choisir un type d'habitat et d'ossature bois, et à en faire la description technique et fonctionnelle pour le constructeur. Une très large partie du chapitre est consacrée à un état de l'art spécifique sur la construction en bois rond dans le monde et chez les peuples autochtones de Guyane, aux solutions d'assemblage bois/bois ou bois/métal adaptées à cette géométrie des pièces d'ossature et aux outils de modélisation du dimensionnement. Une petite échappée expérimentale démontre que l'utilisation classique de chevilles en bois dans des billons fissurés donne de très bons résultats et peut être retenue. Le reste est le travail classique d'un architecte, qui ne peut pas être mené à bien dans la thèse, mais la jeune diplômée s'est tout de suite lancée dans la phase de réalisation d'un prototype à l'échelle 1 comme premier projet de sa nouvelle vie après la thèse.

La thèse a été jugée excellente, alors que chaque chapitre peut laisser sur sa faim, tantôt la recherche académique, tantôt la recherche industrielle. C'est le prix à payer pour le choix de la doctorante. Toutes les étapes relevant de la recherche ont été franchies. D'un côté, il reste un corpus conséquent de données expérimentales originales pour des développements ultérieurs. De l'autre, le changement de paradigme initial : passer du concept de diamètre

minimal d'exploitation au concept d'arbre en fin de maturité (mais de petit diamètre) est validé par la chaîne d'expérimentations ciblées menées avec la plus grande rigueur.

Ce travail, qui parcourt la variété d'expertise de la section « Forêts et filière bois », des sciences forestières au domaine de la construction en passant par les sciences du bois, mérite largement d'être publié sur le Site de l'Académie d'agriculture de France et dans le Mensuel, pour valorisation de ces travaux.