



Thèse proposée au Laboratoire de Mécanique et Génie Civil (LMGC)
en collaboration avec l'Unité Ecologie des Forêts de Guyane (EcoFoG)

Caractérisation et valorisation des espèces de petit diamètre en bois rond pour la construction

Directeur de thèse : Bruno Clair, DR CNRS, LMGC
Co-encadrement : Julie Bossu, CR CNRS, EcoFoG

Contacts: bruno.clair@cnrs.fr, julie.bossu@ecofog.gf

Résumé

En Guyane, face à une très forte croissance démographique, le territoire est confronté à deux enjeux majeurs : protéger son patrimoine forestier et produire durablement les matériaux nécessaires pour faire face à la demande croissante dans la construction. Pour satisfaire ces deux objectifs, l'utilisation de la ressource locale doit être optimisée. Aujourd'hui, une part importante des bois sur pied est gaspillée ou sous-valorisée par manque de connaissances. C'est le cas notamment des espèces faisant des arbres de petits diamètres, non adaptés aux circuits de transformation et de mise en œuvre classiques. L'objectif de la thèse proposée est d'**évaluer la ressource forestière en arbres de petits diamètres** en forêt guyanaise, de **caractériser les propriétés mécaniques et de durabilité** sur quelques espèces cibles identifiées comme abondantes et de **proposer des systèmes constructifs innovants** pour la valorisation de ces espèces en bois rond en structure pour la construction. Le projet se focalisera sur de la construction légère (abris, serres, habitat d'urgence) avec l'ambition que ces systèmes constructifs puissent être des modèles pour des ouvrages de plus grandes dimensions.



Description du sujet de thèse

Le matériau bois : un enjeu écologique, économique et social pour la Guyane

La Guyane est le département français qui connaît le plus fort taux de natalité et la population y est très jeune. Entre 2010 et 2050, la Guyane tendrait vers un doublement de sa population selon l'INSEE (2020), avec 428 000 habitants dont près de 50% d'actifs. L'accompagnement des jeunes en termes d'emploi et de logement représentera alors un défi majeur. La DEAL estime qu'entre 100 000 et 120 000 logements devront être construits en Guyane d'ici 2040 pour répondre à un tel accroissement démographique. Le dernier rapport de l'AUDEG fait état de 50 % de logements illicites et insalubres sur le territoire. Dans ce contexte, il est urgent de trouver des solutions pour répondre à la très forte demande en matériaux de construction pour le génie civil, notamment pour l'habitat d'urgence.

La richesse du massif forestier Guyanais (8 millions d'Ha, soit un tiers de la forêt française) est un formidable atout du territoire. Cette ressource unique est, toutefois, soumise à de forts enjeux de protection et de préservation tant pour sa biodiversité que pour le stock de carbone qu'elle représente. Il convient donc de valoriser les produits de la forêt pour qu'elle puisse être considérée comme source de richesse et résister aux pressions anthropiques (urbanisation, agriculture...). Mais la définition des voies de valorisation doit se faire dans un souci d'impact minimum pour que la forêt puisse assurer ses autres fonctions écosystémiques.

Aujourd'hui, sur les presque 2000 espèces d'arbres de Guyane, 500 seulement atteignent des diamètres suffisants pour l'exploitation en sciage. Parmi elles, 70 sont exploitées, dont 3 espèces qui représentent 70% de la production à elles-seules. La production de bois d'œuvre locale est ainsi très peu diversifiée et emploie des espèces dont la capacité de renouvellement sera très faible dans un contexte de production élevée. Il est donc nécessaire d'identifier d'autres voies alternatives pour la production de bois d'œuvre en Guyane, ce qui est tout à fait envisageable au regard de l'extrême diversité d'espèces non valorisées à disposition.

Une large part des espèces guyanaises n'est pas décrite ou n'a été que peu étudiée car leurs dimensions, même à maturité, restent en-dessous de la classe de diamètre d'exploitabilité (définie autour entre 50 à 80 cm, dimensions permettant l'usinage de bois de sciages aux performances mécaniques acceptables pour l'assemblage d'ossatures bois classiques).

Pourtant, l'étude des techniques de construction traditionnelles de Guyane a montré que de nombreuses espèces de petits diamètres étaient employées sous la forme de bois ronds pour la construction par les Palikurs (Ogeron et al. 2018). Ces arbres, de par leurs conditions de croissance sous couvert fermé, ont un très fort élancement et des propriétés mécaniques exceptionnelles (non publié). Ils représentent à ce titre un potentiel fort pour la filière bois. Cette ressource, si elle était mieux caractérisée, pourrait permettre le développement de nouvelles solutions architecturales permettant d'augmenter la part de matériaux biosourcés produits localement en Guyane sans augmenter les surfaces forestières exploitées. Avant de considérer leur exploitation en forêt naturelle, il y a dans un premier temps un enjeu important à valoriser les individus abattus lors de défriches agricoles ou urbaines, d'ouverture de route ou d'exploitation forestière. Aujourd'hui, par méconnaissance de leurs propriétés, ces arbres se dirigent directement vers des centrales thermiques pour de la production d'électricité alors qu'une bien meilleure valorisation pourrait être envisagée. Le développement d'un usage bois ronds permettrait, avec peu d'effort de transformation, d'augmenter largement la valeur ajoutée de ces espèces secondaires.

Néanmoins, de nombreux freins à leur valorisation se posent :

- La distribution de l'ensemble des espèces de petits diamètres au sein des parcelles forestières n'a jamais été étudiée. Pour évaluer leur potentiel il faut pouvoir comptabiliser les volumes mobilisables à l'échelle régionale ;
- Selon la stratégie d'exploration de l'espace par l'arbre au cours de sa croissance, propre à chaque espèce, les arbres très élancés peuvent présenter des défauts de forme et hétérogénéités structurelles. De tels défauts, si leur fréquence est élevée, sont rédhibitoires pour un usage bois ronds qui nécessite à minima des tiges de faible courbure. Indétectables à partir des relevés dimensionnels classiques, aucune base de données ne permet de repérer de tels défaut. Une étude spécifique doit être menée sur site pour rendre compte de la morphologie globale des individus ;

- Un obstacle à la valorisation des espèces de petit diamètre est le manque de connaissances de leurs caractéristiques technologiques. On possède peu d'information sur leurs propriétés physiques, mécaniques et de durabilité. D'autre part, les techniques de mesures actuelles développées pour des éprouvettes sciées orientées ne sont pas adaptées à un usage de la tige entière sous la forme de bois rond ;
- Finalement, les techniques d'assemblage de bois ronds, si elles sont usuelles dans les constructions traditionnelles guyanaises, sont très peu considérées dans le génie civil. Leur mise en application dans le bâtiment nécessite des innovations technologiques et une validation des structures conçues sur le plan normatif. Cet effort est nécessaire pour permettre l'adaptation aux Eurocodes et la validation par les bureaux de contrôle, dans l'objectif de motiver leur emploi au sein des projets de construction.

Pour lever les verrous énoncés, ce projet propose de fédérer deux laboratoires experts des ressources locales et des propriétés du matériau bois. Mutualiser les connaissances entre champs disciplinaires permettra d'appréhender le potentiel de la nouvelle chaîne de valeur dans son ensemble. Une méthodologie spécifique a été développée en ce sens.

Objectifs de la thèse

L'objectif de la thèse proposée est de faire un état des lieux sur la ressource forestière en arbres de petits diamètres, de caractériser les propriétés physiques, mécaniques et de durabilité sur quelques espèces cibles identifiées comme abondantes et de proposer des systèmes constructifs innovants pour la valorisation de ces bois en structure pour la construction.

1. Evaluation multicritère de la ressource forestière en espèces de petit diamètre valorisable en bois rond

Dans un premier temps, l'abondance et la répartition naturelle des espèces de petit diamètre en Guyane sera évaluée grâce à l'analyse des bases de données des stations expérimentales des Nouragues, de Paracou et plus généralement du réseau Guyafor. Sur ces stations de recherche, la croissance de tous les arbres de plus de 10 cm est enregistrée régulièrement depuis plus de 30 ans. La seule station de Paracou comprend plus de 81 000 arbres mesurés chaque année parmi plus de 800 espèces. Ces bases de données permettront (i) d'identifier les espèces dont le diamètre ne dépasse pas les 25 cm à maturité, (ii) d'étudier finement pour ces espèces le nombre de tiges à l'hectare en fonction des classes de diamètre, leur environnement préférentiel et leur proximité avec les essences commerciales listées par l'ONF. Ces données seront ensuite comparées avec les savoirs locaux recensés et les bases données technologiques (CIRAD) pour repérer quelques espèces candidates pour l'usage en bois rond. Sur ces espèces, des mesures sur le terrain permettront de caractériser la morphologie des tiges (élancement, rectitude, hauteur sous fourche) en vue d'évaluer les vrais volumes valorisables et restreindre les espèces d'intérêt à celles qui sont abondantes et permettent la récolte de longue tiges homogènes.

2. Etudes des propriétés des tiges pour un usage en bois rond

L'usage du bois en bois rond (sans usinage) permet de conserver l'optimum d'organisation des fibres du bois, telle qu'elle a été mise en place par l'arbre pour répondre à ses besoins mécaniques. Les propriétés mécaniques mesurées sur cette structure complète sont donc attendues supérieures à ce qui serait mesuré après sciage (hypothèse observée sur quelques expérimentations préliminaires). Il convient cependant de valider cette hypothèse sur un large échantillonnage comprenant plusieurs espèces. Quant au comportement à l'eau, on peut s'attendre à ce qu'une porosité extérieure plus faible (les zones de sorption préférentielles étant localisées au niveau des fibres sectionnées dans le cas de sciages) tende à ralentir la diffusion d'eau dans les bois ronds. Néanmoins, l'anisotropie du retrait, connue pour la plupart des espèces, génère des déformations au sein des pièces de bois en fonction du niveau d'humidité. Dans les sciages, les contraintes qui en résultent se relaxent par déformation des pièces de bois au séchage. Dans les bois ronds, les contraintes de séchage peuvent engendrer l'apparition de fissures périphériques. Il est nécessaire d'évaluer la sensibilité à la fissuration des espèces choisies, et de rendre compte de leur influence sur les propriétés mécaniques globales. Enfin, la mise en œuvre des bois ronds suppose de ne pas purger les aubiers (zone périphérique du tronc, moins durable, déclassée dans les utilisations en sciage). Les usages traditionnels du bois rond par les communautés amérindiennes ont montré que de nombreuses espèces ont

des durabilités satisfaisantes pour des usages sous couvert. Des essais de durabilité devront être réalisés pour caractériser cette durabilité sur les espèces sélectionnées.

Pour étudier ces questions, des essais ciblés seront réalisés sur une sélection de 5 à 8 espèces présentant à la fois une forte abondance, des bonnes conformations et des propriétés attestées ou suspectées d'intérêt. Pour chacune d'entre elles, plusieurs individus seront prélevés pour :

- Comparer les propriétés mécaniques des tiges avant et après étape d'équarrissage pour attester de l'intérêt d'utiliser les tiges sous la forme de bois rond ;
- Evaluer les variations dimensionnelles au séchage et le risque de fissuration en usage bois rond ;
- Réaliser des tests mécaniques et de durabilité en usage bois rond (juste écorcé). Ici, les tiges seront testées en flexion élastique et à rupture à l'état vert puis à l'état sec sur un sous échantillon issu des mêmes arbres. Les résultats des travaux pourront servir à la mise en œuvre préalable à des compléments normatifs (NF EN 1927, NF EN 384, NF EN 338 par exemple).

3. Usage des bois ronds pour la conception de système constructif de grande portée

Des recherches seront menées pour proposer des systèmes constructifs permettant l'usage des bois ronds pour des éléments ou des ouvrages de grande portée. Les travaux viseront à minimiser les usinages des tiges afin de préserver leurs propriétés telles que construites par et pour l'arbre et minimiser les coûts de production. Une étude préliminaire (François 2018) sur des modèles à l'échelle ¼ de structures en treillis avait montré la facilité de mise en œuvre et le fort potentiel de telles structures. Plusieurs solutions constructives seront modélisées pour tester numériquement leur rigidité et identifier les 5 systèmes présentant les meilleures propriétés mécaniques théoriques. Puis, sur l'espèce la plus prometteuse parmi les espèces sélectionnées, des prototypes à l'échelle 1 seront réalisés pour chaque système, afin de tester leurs propriétés mécaniques en conditions réelles. Ces structures d'étude seront instrumentées pour permettre un suivi de l'évolution des variations hygrométriques au sein des différents éléments et des déformations au niveau des assemblages, en fonction des conditions environnementales extérieures. Les résultats de cette expérimentation permettront de démontrer l'efficacité mécanique de système constructif en bois ronds à l'échelle d'une paroi entière dans les conditions climatiques particulières de la région Guyane.

Localisation

La thèse sera réalisée en grande partie à Kourou en Guyane avec plusieurs séjours à Montpellier. Le travail se fera pour partie sur le terrain, en forêt tropicale et pour partie en laboratoire à Montpellier et à Kourou.

Profil recherché

Etant donné la grande pluridisciplinarité du sujet, les candidats pourront être issus de parcours variés : biologie tropicale, foresterie, mécanique, génie-civil.

Goût pour l'interdisciplinarité et l'expérimentation.

Expérience du travail de terrain.

Autonomie et travail en équipe.

Des connaissances en forêt tropicale et architecture seront un plus.

Financement

La thèse est financée par le programme 80|Prime du CNRS pour une durée de 3 ans. Au-delà du salaire du (de la) doctorant(e), le sujet bénéficie d'un accompagnement financier permettant de mener à bien le projet dans de bonnes conditions matérielles.

Comité de thèse

M CLAIR Bruno (DR CNRS), Biomécanique de l'arbre et matériau bois

Mme BOSSU Julie (CR CNRS), Mécanique et valorisation des produits ligneux

M BEAUCHENE Jacques (Chercheur CIRAD), Sciences du bois, technologie et durabilité.

Mme BEDEAU Caroline (Chargée R&D ONF Guyane)

M BRASSELET Franck (Architecte à Cayenne)

M BRUNEAU Olivier (Responsable du Pôle RDI ONF Guyane)

M MONTERO Cédric (MCF IUT Génie-Civil, Univ. Montpellier), Mécanique et construction Bois