

Savewood

LACAMPAGNE Lionel

lionel.lacampagne@kael-groupe.com

Mots clefs : LiDAR ; Forêt ; Cubage ; Mesures ; iPhone

Contexte et objectifs

Contexte

En France, 17,4 millions d'hectares sont recouverts par la forêt, ce qui représente plus de 31 % de son territoire. Parmi ces forêts, environ 76 % sont des forêts privées. La récolte commercialisée représentait en 2023 plus de 39 millions de m³, permettant de répondre à des besoins pour l'industrie, la construction ou encore le domaine de l'énergie (Moreau 2010). Dans ce contexte, une meilleure compréhension de l'état actuel des forêts françaises est indispensable, tant pour optimiser l'exploitation des ressources que pour anticiper et gérer les risques liés aux incendies, tempêtes ou maladies. Avec le changement climatique, la fréquence et l'intensité des incendies augmentent, menaçant directement la disponibilité de la ressource en bois. Il devient donc crucial de connaître précisément les stocks forestiers et de renforcer la valorisation durable des forêts. C'est dans ce contexte que naît le projet Savewood. Son ambition à long terme est de fournir davantage d'informations directement en forêt, afin d'améliorer la sélection des arbres et, par conséquent, d'optimiser le rendement qualitatif de la matière première. Pour atteindre cet objectif, le projet s'appuie sur l'exploitation du capteur LiDAR intégré aux iPhones de la gamme Pro.

Méthodes actuelles

Actuellement, il existe différentes méthodes pour cuber une parcelle de pins maritimes. La plupart de ces méthodes repose néanmoins sur le même modèle : le tarif Lapasse (CRPF Aquitaine 2008). Il s'agit d'un tarif à deux entrées (ou une selon les versions) qui en fonction de la circonférence du pin à 1m30 de hauteur et de la hauteur commerciale, renvoie le volume commercial du pin. Les techniques actuelles pour prendre ces deux mesures (paramètres d'entrées du tarif) sont les suivantes :

- Compas forestier : il s'agit d'un instrument permettant de mesurer la circonférence à hauteur de poitrine. On sert le compas au niveau de l'arbre, ce qui permet d'avoir le diamètre. Les graduations convertissent cette mesure en circonférence.
- Ruban forestier : ruban permettant de faire le tour de l'arbre. Méthode moins utilisée par les professionnels car la méthode de mesure est plus longue, c'est néanmoins cette prise de mesure qui fait référence en cas de conflit.
- Dendromètre : il s'agit d'un outil basé sur la mesure d'angle. On se place à une distance connue du pin (20 ou 25 mètres), on utilise l'instrument pour mesurer la hauteur. Il faut viser le bas de l'arbre, puis la hauteur commerciale estimée par l'expert (ou la hauteur totale), la graduation nous indique alors la hauteur en mètre. Cet instrument est relativement long à mettre en place, la mesure de la hauteur n'est pas prise sur la totalité de la parcelle, mais seulement sur un échantillon représentatif par classe de circonférence (environ 10 à 15% de la population).

Ces différentes mesures nous permettent par la suite d'obtenir le cubage en utilisant le tarif Lapasse.

Objectifs

L'objectif du projet "Savewood" est de développer une application iOS, capable de cuber une parcelle de pin maritime. Pour cela, l'application doit inclure la prise de mesures de différents paramètres. Le but est de remplacer les outils manuels utilisés en étant aussi précis et plus rapide. L'intérêt est de mettre à disposition une application simple à partir d'un objet grand public qu'est l'iPhone. L'information principale en sortie de l'application sera le volume commercial de la parcelle. Cela correspond au volume que représente l'ensemble des billons, de la souche à la hauteur de découpe. Lorsque la circonférence à 1m30 est inférieure à 95 cm, la circonférence de découpe doit être 30 cm. Lorsque la circonférence à 1m30 est supérieure à 95 cm, la circonférence de découpe est 50 cm. En plus de cette sortie, il est assez simple d'exploiter d'autres informations qui sont facilement accessibles grâce à l'iPhone. Ainsi, on récupérera la position GPS de chacun des points pour constituer une cartographie de la parcelle.

L'objectif à plus long terme du projet "Savewood" est de développer un système permettant de faire une acquisition de données encore plus importante du pin sur pied. L'objectif final est d'optimiser la qualité du pin selon plusieurs critères. Pour le moment, cette optimisation n'est absolument pas faite, les pins sont coupés sans informations concernant la courbure, la branchaison, etc, Savewood pourrait donc servir de plateforme d'acquisition de données, permettant d'optimiser le rendement qualitatif de la matière première, en faisant le lien avec les données disponibles en scierie. Cela permettrait de faire une sélection plus intelligente des pins disponibles en forêt.

Matériel et méthodes

Matériel

Pour réaliser le développement d'une application iOS, il faut utiliser le langage Swift. Il s'agit du langage de programmation développé par Apple pour développer des applications iOS, macOS, watchOS et tvOS. Pour son usage dendrométrique, l'iPhone doit être doté d'un capteur LiDAR, il est donc nécessairement de la gamme PRO. Le framework utilisé pour gérer la réalité augmentée est ARKit, créé en 2017. ARKit est un framework d'Apple qui permet de créer des applications de réalité augmentée en combinant la caméra, les capteurs et le LiDAR des iPhone/iPad pour intégrer des objets virtuels dans le monde réel. Il simplifie le développement d'expériences immersives comme la détection de surfaces, le suivi de mouvements et la reconstruction 3D. À notre disposition, on aura également les outils actuels utilisés par les forestiers. On pourra ainsi réaliser une comparaison entre les outils, sur une parcelle référence. On comparera donc aux diverses fonctionnalités de l'application le dendromètre, le compas forestier ainsi que le ruban mesureur.

Méthode

Le projet a été développé intégralement à partir de zéro. Cette démarche a nécessité de nombreux allers-retours avec les forestiers et les experts du bois, dans le but de comprendre leurs pratiques, d'identifier précisément leurs besoins opérationnels et d'y répondre de manière adaptée. La méthode adoptée reposait sur une approche itérative : il s'agissait dans un premier temps de mettre rapidement à disposition un prototype fonctionnel, permettant de confronter les premières fonctionnalités aux attentes du terrain. Par la suite, les échanges réguliers avec les utilisateurs ont permis de raffiner progressivement l'analyse des besoins et d'orienter les développements. En parallèle, un travail d'approfondissement technique a été mené afin

d'améliorer les algorithmes de calcul et les méthodes de traitement de données, ce qui a conduit à un gain notable en précision et en fiabilité des mesures. Une première expérience a été menée le 15/05/2025 à Cudos. Lors de cette expérience, 27 pins ont été abattus. L'objectif était de comparer différents outils de mesure, nécessaires au cubage du pin maritime.

Premiers résultats

Mesure de la circonférence

La circonférence est mesurée à 1m30 de hauteur. Elle a été mesurée lors de l'expérience par 3 méthodes différentes : l'iPhone, le compas forestier et le ruban mesureur. Sur la Fig. 1 on observe les mesures obtenues par le compas forestier (en mesure croisée) en fonction des mesures réalisées avec l'iPhone.

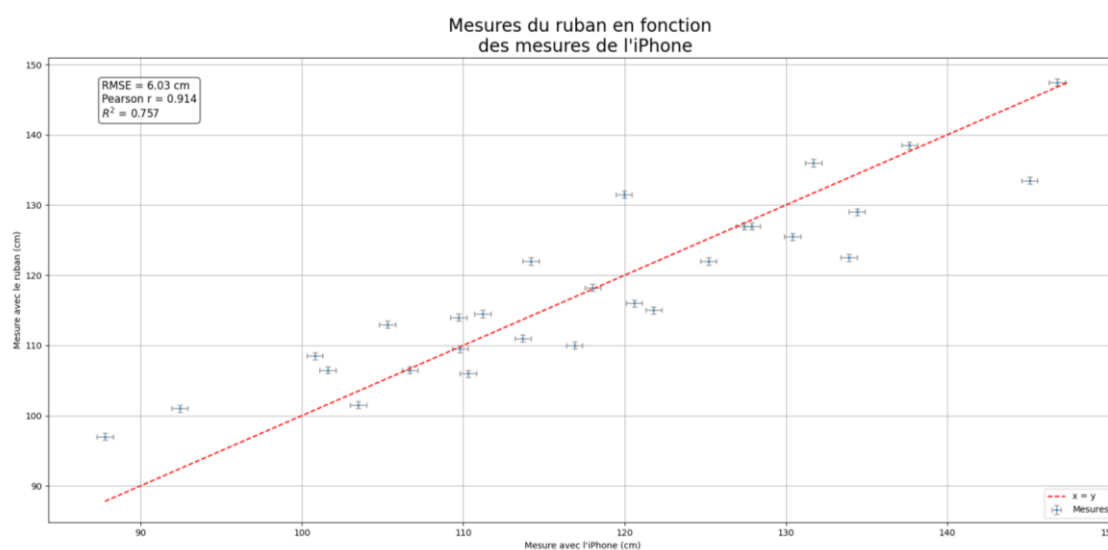


Fig. 4: Les mesures de circonférences effectuées à l'aide d'un compas croisés en fonction des mesures de l'iPhone

Le coefficient de corrélation $r = 0.914$ indique une forte corrélation positive entre les circonférences mesurées par l'iPhone et les valeurs de référence, ce qui signifie que la méthode suit globalement bien la tendance des mesures réelles.

Détermination du volume

Sur chacun des 27 pins abattus, la circonférence a été mesurée au sol à partir de la souche et tous les deux mètres. À partir de la décroissance métrique, on peut calculer le volume commercial réel pour chacun des pins abattus. L'ensemble des circonférences étant supérieur à 95 cm, la circonférence fin bout est 50 cm. Pour chacun des arbres, on applique la formule du tronc de cône entre chaque point de la décroissance métrique. Cela nous permet d'obtenir la mesure réelle du volume. On compare ensuite ce volume avec les différentes méthodes. On observe sur la Fig. 2 cette comparaison. Lapasse correspond à l'estimation traditionnelle, Najar correspond à la méthode de l'iPhone et volume réel correspond aux mesures au sol. Il est important de noter que l'estimation par l'iPhone est faite en s'appuyant sur le modèle de décroissance métrique de Najar. C'est un modèle qui permet d'obtenir à partir de la circonférence à 1m30 et de la hauteur totale du pin, la circonférence à n'importe quelle hauteur dans le pin. Nous avons donc intégré ce modèle pour déterminer le volume commercial du pin.

De plus, une méthode intégrer dans l'application iOS a été implémenté pour mesurer les hauteurs. Cette méthode repose sur le même principe que le dendromètre laser actuellement utilisé pour mesurer les hauteurs.

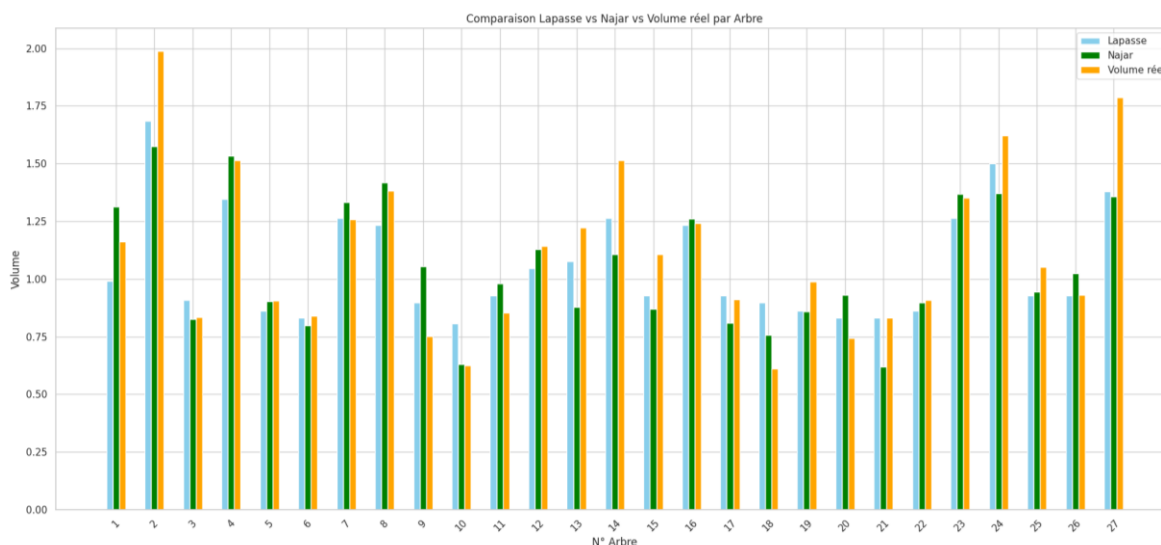


Fig. 2 Comparaison des volumes (réel, Lapasse, Najar)

Le Tab. 1 montre que les résultats sont prometteurs.

Tab. 1 Comparaison des volumes estimés par méthode

Volume Najar m ³	Volume Lapasse m ³	Volume réel m ³
28.56	28.52	30.1

Conclusion et perspectives

Ce projet de développement d'une application iOS de dendrométrie innovante constitue un premier pas vers une meilleure analyse des forêts. En combinant la technologie LiDAR intégrée dans un appareil grand public, comme l'iPhone, avec des algorithmes de traitement de nuages de points, nous avons pu développer un outil permettant d'estimer la circonférence et, ultérieurement, le volume commercial d'arbres de manière plus rapide, précise et automatisée. Les travaux réalisés ont permis d'identifier et de valider des méthodologies efficaces pour la mesure automatique de la circonférence, notamment par le biais d'un traitement spécifique des nuages de points et de l'utilisation d'un modèle mathématique calibré. La validation terrain, effectuée sur une parcelle de pins maritimes, a montré que cette approche peut rivaliser avec les méthodes traditionnelles, tout en offrant l'avantage d'une meilleure traçabilité des mesures. Cependant, certains défis subsistent, notamment liés à la prise en compte de la forme ovale des troncs, à la gestion des erreurs liées à la captation lidar à distance, et à l'amélioration de la robustesse en conditions variables. Ces aspects indiquent la nécessité de poursuivre l'optimisation des algorithmes et d'enrichir l'outil par des validations sur différentes essences ou dimensions d'arbres. En résumé, cette initiative ouvre la voie à une utilisation élargie et simple d'outils numériques dans le secteur forestier, contribuant ainsi à une gestion plus performante et durable des ressources forestières.

Les perspectives de ce projet sont vastes. En effet, par manque de temps, nous n'avons pas pu mettre la corrélation entre la forme du pin en forêt et sa qualité mécanique et esthétique des planches issues de leurs découpes. Étudier cette corrélation pourrait permettre à l'avenir de mieux sélectionner les pins en forêt pour limiter la perte en scierie. Cependant, la limite du projet pourrait résider dans l'utilisation du lidar sur l'iPhone. En effet, bien que ce capteur soit

accessible pour le grand public, ses capacités sont limitées (portée relativement faible). Si l'ambition du projet est de scanner de façon plus complète les pins maritimes, il faudra envisager des solutions techniques pour surmonter cette contrainte.

Remerciements

Je remercie Jérôme Moreau pour son expertise sur les modèles de pins, ainsi que Thomas Carreyre, Mathéo Bensens et Christophe Picorit pour leurs précieuses connaissances du métier forestier, qui ont enrichi ce travail et permis d'ancrer le projet dans la réalité opérationnelle. Je souhaite également remercier Pierre Bigay, Saad Khataab, Perrine Dujat et Axelle Martinez pour leur collaboration et leur disponibilité.

Références

AFOCEL (2001) Najar. Tarif de cubage du pin maritime conduit en ligniculture. Rapport interne.

CRPF Aquitaine (2008) La vente des lots de pin maritime. Mai 2008.

FCBA (2023, 2024) Memento

Moreau J (2010) Impact de pratiques sylvicoles intensives sur les propriétés du bois de pin maritime. Thèse de doctorat. Bordeaux 1.