



HAL
open science

Photographies aériennes par drone analysées par photogrammétrie 3D pour estimer la hauteur des arbres dans la forêt des Landes de Gascogne

Raphaël Segura, Alexia Mathou, Audrey Albet, Benjamin Dencausse, Laurent Bouffier, Jean-Luc Denou, Joan Hochet, Bernard Issenhuth, Yannick Mellerin, Céline Meredieu

► To cite this version:

Raphaël Segura, Alexia Mathou, Audrey Albet, Benjamin Dencausse, Laurent Bouffier, et al.. Photographies aériennes par drone analysées par photogrammétrie 3D pour estimer la hauteur des arbres dans la forêt des Landes de Gascogne. Colloque drones et capteurs embarqués, Sep 2021, La Vieille Perrotine, Ile d'Oléron, France. hal-03347658

HAL Id: hal-03347658

<https://hal.inrae.fr/hal-03347658v1>

Submitted on 17 Sep 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Photographies aériennes par drone analysées par photogrammétrie 3D pour estimer la hauteur des arbres dans la forêt des Landes de Gascogne.

A. Albet¹, L. Bouffier², B. Dencausse², J.L. Denou¹, J. Hochet¹, B. Issenhuth¹, A. Mathou¹, Y. Mellerin², C. Meredieu², R. Segura²

¹ UEFP, INRAE, 33610 Cestas; ² BIOGECO, INRAE, Univ. Bordeaux, 33610 Cestas, Email des auteurs correspondants: raphael.segura@inrae.fr, alexia.mathou@inrae.fr

Introduction

Pourquoi mesurer la hauteur des arbres ?

- Critère de sélection dans le programme d'amélioration génétique du pin maritime
- Critère indirect de la productivité des milieux forestiers
- Avec la circonférence des arbres, la hauteur est une caractéristique importante pour déterminer le volume des arbres (bois, stockage de carbone)

Comment mesurer la hauteur des arbres ?

- La hauteur d'un arbre est la distance verticale perpendiculaire séparant le niveau du sol au sommet de l'arbre
- À l'aide d'une perche télescopique pour des arbres jeunes
- À l'aide de dendromètre à ultrason « Vertex » en utilisant un transpondeur et la triangulation pour les arbres de plus grande taille

Quelles sont les difficultés de cette mesure ?

- Erreur de mesure possible due à un mauvais positionnement de l'opérateur perche ou du transpondeur vertex par rapport à la cime de l'arbre (Figure 1)
- Le pin maritime contrairement à beaucoup de résineux est souvent flexueux et penché dans les peuplements des Landes de Gascogne (Image 1)
- Mesures pénibles et chronophages dans le cadre du programme d'amélioration INRAE



Image 1 : peuplement de pins maritimes dans la forêt des Landes de Gascogne. On constate des individus penchés et flexueux.

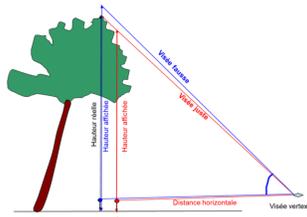


Figure 1 : exemple d'erreurs de mesures lors de l'évaluation de la hauteur d'un arbre.

Objectif: tester si les photos aériennes faites à l'aide de drone associées à une reconstruction 3D par photogrammétrie peuvent être une alternative pour mesurer la hauteur des arbres dans le contexte du massif forestier des Landes de Gascogne

Matériels et méthodes

Drone et capteur optique

- DJI Phantom 4 pro V2, capteur CMOS 1", 5472 x 3648 pixels (Image 2)
- Appareil photo intégré, optique 8,8 mm, f / 2,8 - 11 (24 mm équivalent 24x36 mm)

Logiciels utilisés

- Programmation et plan de vol: GSPRO (Image 3)
- Reconstruction 3D, orthomosaïque et modèle numérique d'élevation (MNE): Agisoft Metashape (Image 4)
- Traitement données géospatiales: QGIS (Images 5 et 6)

Modalités des prises d'images et de traitement

- Altitudes: 20 - 25 - 30 - 40 m
- Recouvrements entre images: 75 - 80 - 85 - 90%
- Reconstruction des images avec les angles de caméra: 90° (1D), 45° et 90° (2D), 90° et 2 x 45° (vols croisés) (3D)
- Nettoyage du nuage de points denses: sans (none), manuel, automatique (Auto)

Dispositif expérimental survolé et mesures de contrôle au sol

- Plantation expérimentale de pins maritimes d'une surface de 1,2 Ha et une densité de 1250 arbres/Ha (4 x 2 m)
- 1541 arbres de 12 ans répartis par bloc issus de 3 croisements d'écotypes différents: Landes x Corse, Landes x Maroc et Corse x Maroc
- Mesure terrain à la perche sur 550 arbres lors du repos végétatif. Les résultats obtenus (ht moy = 1048 cm, ht max = 1392 cm, ht min = 682 cm et $\sigma = 123$ cm)
- Mesure de 16 points de contrôle x, y, z avec un GPS centimétrique pour calage du modèle 3D



Image 2 : Quadricoptère Phantom 4 pro V2.

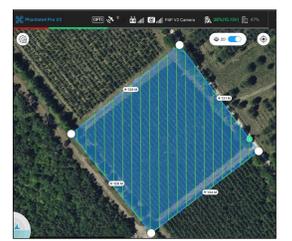
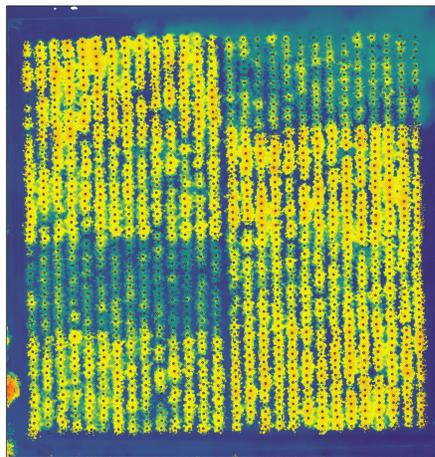
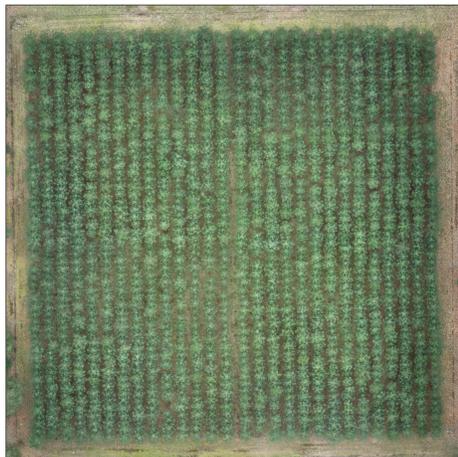


Image 3 : exemple de plan réalisé à l'aide de l'application GSPRO pour définir les différents paramètres de vol.

Résultats



Images 4 et 5 : orthomosaïque et modèle numérique d'élevation (MNE) générés grâce au logiciel Agisoft Metashape. Images obtenues par vol 2D (angle 45 et 90°) à une altitude de 40m avec un taux de recouvrement de 90%. Le modèle est corrigé grâce à la présence de 16 points de contrôle au sol dont les coordonnées x,y,z sont relevées grâce à un GPS de précision centimétrique. Les résolutions obtenues sont de 1,07 cm/pixel pour l'orthomosaïque et de 2,15 cm/pixel pour le MNE. On distingue clairement l'organisation du dispositif en bloc de demi-frères avec une dynamique de croissance en hauteur différente selon les écotypes parents.

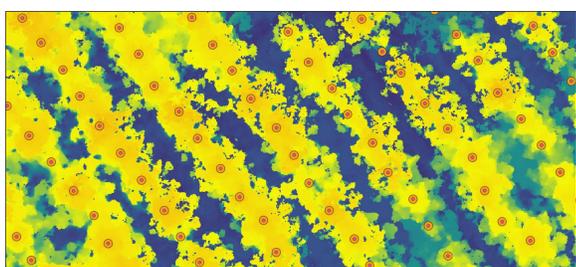


Image 6 : zoom sur le MNE obtenu. Lors du traitement sous QGIS, une zone tampon de 50cm de diamètre est centrée sur la position de chaque arbre car l'INRAE géolocalise individuellement les arbres lors des plantations expérimentales. Un croisement entre les données raster du MNE et la zone tampon permet d'obtenir l'altitude du pixel le plus haut de la zone. La mesure de hauteur d'arbre se fait par soustraction de cette altitude estimée avec l'altitude du sol fournie par le modèle de terrain (MNT) de l'IGN.

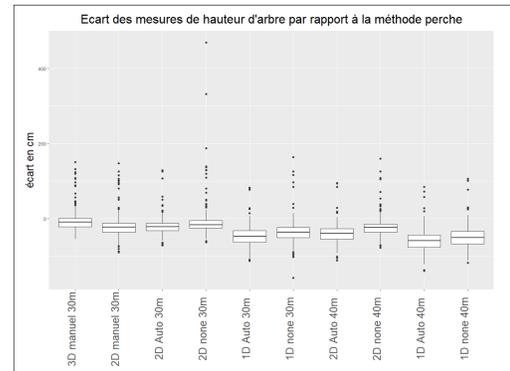


Figure 2 : écart entre la mesure perche et celles obtenues avec nos différentes modalités de prises de vues et de nettoyage du nuage de points denses. On remarque à 30 m d'altitude, sans nettoyage, une augmentation de points fortement négatifs montrant la présence de bruit sur le modèle 3D. Sans nettoyage du nuage de points denses, on constate que ce bruit diminue soit en réduisant le nombre d'angles de caméra soit en volant à une altitude plus élevée. Nous pouvons constater également que le nettoyage manuel du nuage de points denses n'apporte pas de gain significatif. Compte tenu du temps nécessaire à la réalisation de ce nettoyage manuel, nous préférons à l'avenir réduire le temps de traitement des images à l'aide d'un nettoyage automatique.

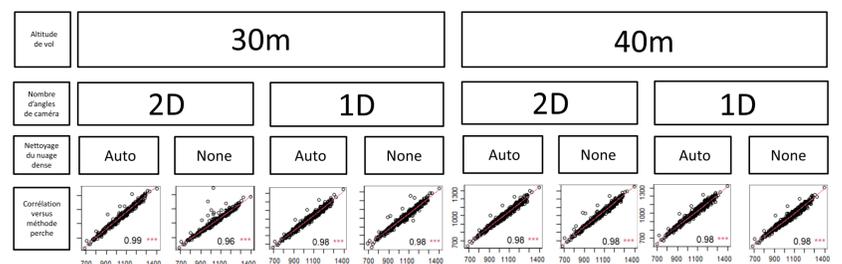


Figure 3 : corrélations obtenues entre les mesures perches et les mesures obtenues après reconstruction 3D grâce au logiciel de photogrammétrie. Les résultats sont présentés pour les modalités 30 et 40 m d'altitude, avec 1 ou 2 angles de caméra (1D, 2D) et avec ou sans correction automatique (none, Auto) du nuage de points denses. On constate une diminution faible du coefficient de corrélation pour la modalité 30m, 2D, none, en raison de bruit généré par les erreurs de reconstruction du nuage de points denses. Les différentes modalités présentent des résultats hautement significatifs avec un maximum de 0,99 pour la modalité 30m, 2D, Auto. Nous pouvons en conclure que nos différentes méthodes ne présentent pas de résultats significativement différents et que nous pouvons raisonnablement entreprendre des vols à 40m avec un seul angle de caméra pour des arbres de 12 ans et d'une hauteur moyenne de 10 m, ce qui correspond aux caractéristiques des arbres lors de la première éclaircie dans le cadre de la sylviculture des peuplements de Pin maritime dans les Landes de Gascogne. C'est aussi la période où la demande de mesures de hauteur est cruciale pour les expérimentations forestières.

Discussion et perspectives

- Les vols entrepris à une altitude inférieure à 30 m ou avec un taux de recouvrement inférieur à 85% n'ont pas permis un alignement des photographies satisfaisant et n'ont pas pu permettre la mesure des d'arbres d'une hauteur de 10 m environ.
- L'augmentation de l'altitude de vol à 40 m et l'utilisation d'un seul angle de caméra peuvent être envisagées pour réduire les durées du temps de vol et du traitement des images par photogrammétrie 3D.
- Les résultats montrent que toutes nos modalités ($R > 0,96$) permettent la mesure en hauteur des arbres dans le contexte du pin maritime dans la forêt des Landes de Gascogne (Peuplement de même âge, absence de relief, arbres géoréférencés).
- Le développement d'un algorithme de détection automatique des arbres permettra d'étendre l'utilisation de la méthode à des forêts plus irrégulières en terme d'âges et d'essences d'arbres. La prise en compte d'un pool de pixels dans la zone tampon permettra de limiter également l'impact d'éventuelles erreurs de reconstruction 3D.
- Cette nouvelle méthode de mesure de hauteur des arbres associant la photogrammétrie 3D et des photographies prises par drone devrait nous permettre d'évaluer de grands dispositifs avant la première éclaircie (12 ans). Nous devons maintenant tester la méthode pour des dispositifs plus anciens avec de grands sujets pour lesquels l'utilisation du Vertex s'impose jusqu'ici mais est problématique en raison de son incertitude.
- Le suivi d'une dynamique interannuelle de croissance en hauteur sera désormais possible au même titre que la mesure de circonférence du tronc. De nouvelles métriques seront alors disponibles, comme une évaluation du volume de bois sur pied.