

# Mesure des houppiers d'arbres de savane soudanienne par photogrammétrie

Nicolas PICARD<sup>1</sup>  
Moussa BALLO<sup>2</sup>  
Denis GAUTIER<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Cirad département Forêts, TA 10/D  
Campus international de Baillarguet  
34398 Montpellier Cedex 5  
France

<sup>2</sup> Institut d'économie rurale  
BP 258, rue Mohamed V  
Bamako  
Mali

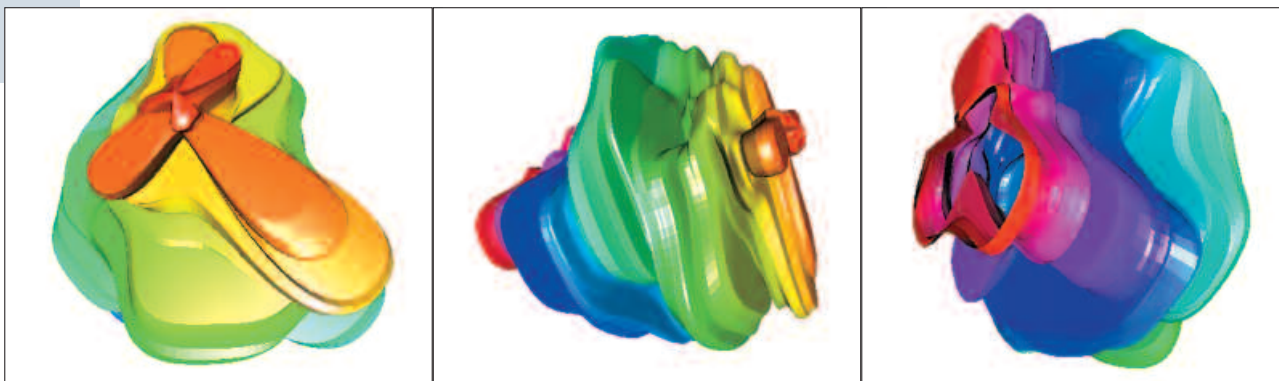
<sup>3</sup> Cirad département Forêts  
Bamako, BP 1813  
Mali

La photogrammétrie est une technique de mesure à partir de photographies (SLAMA *et al.*, 1980). Elle inclut non seulement la technique de photographie elle-même mais aussi, en aval, le traitement d'image, qui peut être plus ou moins automatisé par des algorithmes numériques.

La photogrammétrie a d'abord été utilisée en foresterie, dans le cadre d'inventaires forestiers, en s'appuyant sur des photographies aériennes en vision stéréoscopique (PARDÉ, BOUCHON, 1988). Cependant, une utilisation nouvelle de la photogrammétrie en foresterie émerge à une tout autre échelle : celle de l'arbre (BADIA *et al.*, 2003).



**Figure 1.** Pied de *Bombax costatum*. Noter la perche fixée au tronc. Le contour du houppier (trait rouge) a été détourné à la main sur la photo. Quatre prises de vue semblables, dans quatre directions, sont ainsi faites pour chaque pied.  
Photo N. Picard.



**Figure 2.** Reconstitution en trois dimensions d'un houppier de kapokier par photogrammétrie.

Il s'agit, à partir de photographies d'un arbre, prises dans différentes directions, de reconstituer certaines de ses caractéristiques en trois dimensions. Jusqu'à présent, la technique a surtout été appliquée pour mesurer la forme des troncs et caractériser la qualité des bois (CLARK, 2002 ; CLARK, LEE, 2004 ; CLARK *et al.*, 2000 ; THOMAS, 2000). On se propose, ici, d'utiliser la photogrammétrie pour mesurer le houppier d'arbres dans des savanes soudanaises d'Afrique de l'Ouest. L'objectif est multiple :

- avoir une estimation du volume du houppier plus précise qu'en mesurant le diamètre de la projection au sol du houppier et en approchant le houppier par un cylindre ;
- suivre l'évolution dans le temps de ce volume, suite à des élagages.

Les applications de cette approche peuvent être :

- l'évaluation de la biomasse foliaire, en appliquant au volume du houppier un coefficient de porosité et en divisant par la masse volumique du feuillage ;
- l'étude des pratiques d'élagage des arbres par les bûcherons (production de bois de chauffe) ou les éleveurs (production de fourrage pour le bétail).

L'intérêt de la photogrammétrie par rapport à d'autres techniques de dendrométrie en savane sèche vient de ce que, d'une part, la densité des arbres est faible, de sorte que les houppiers des arbres peuvent être assez facilement individualisés sur des photos, et que, d'autre part, l'exploitation du bois dans les zones sèches d'Afrique de l'Ouest procède souvent de l'élagage de branches plutôt que de l'abattage de l'arbre tout entier, et qu'il est difficile d'évaluer le volume de bois extrait par élagage en utilisant les techniques usuelles de dendrométrie.

L'objectif de cette note est d'évaluer la pertinence de l'approche photogrammétrique pour la mesure des houppiers des arbres en comparant, sur un petit échantillon d'arbres, des mesures obtenues par photogrammétrie à des mesures dendrométriques classiques.

## Matériel et méthodes

Dix pieds de faux kapokier (*Bombax costatum* Pellegr. et Vuillet) ont été mesurés dans la forêt classée de Tienfala, au nord de Bamako, au Mali. La procédure de mesure photogrammétrique a volontairement été très simplifiée, de manière à avoir une évaluation de la méthode dans une situation qui lui est peu favorable *a priori*. Chaque arbre a été photographié dans quatre directions perpendiculaires deux à deux, parmi les huit directions cardinales suivantes : nord, sud, est, ouest, nord-est, nord-ouest, sud-est et sud-ouest (figure 1). L'appareil photo était maintenu à l'horizontale. Nous avons utilisé un appareil numérique Canon A40 avec réglage automatique. Une perche, de longueur connue et de couleur claire, avait été au préalable fixée sur l'arbre en position verticale. Cette perche a servi de longueur étalon pour mettre les photographies à l'échelle.

Le traitement des images a été partiellement manuel et partiellement automatisé. Le détournage des profils des houppiers a été réalisé à la main, en cliquant avec une souris sur chaque photographie numérique. Le reste du traitement a été effectué de façon automatique par un algorithme que nous avons programmé. Ce traitement a consisté à réaliser successivement les opérations suivantes :

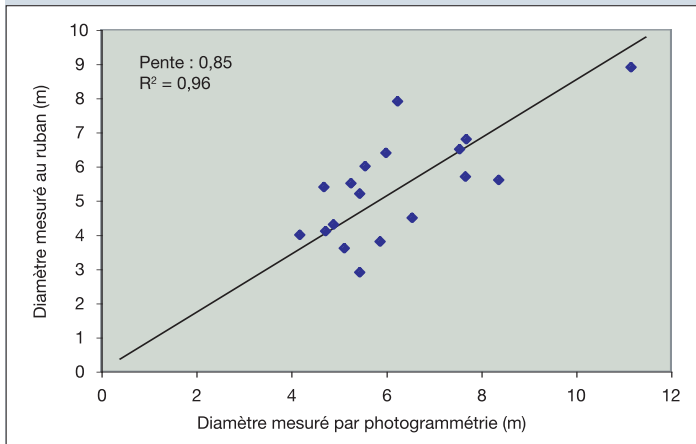
- extraire les quatre profils du houppier à partir des photos qui correspondent aux quatre prises de vues ;
- mettre à l'échelle ces profils en se basant sur la longueur de la perche étalon ;
- superposer ceux-ci, en prenant comme point d'ancrage le point le plus haut du houppier.

Les profils verticaux sont, alors, découpés en tranches horizontales épaisses de 3 cm. Chaque tranche horizontale est caractérisée par huit distances au centre du houppier dans les huit directions cardinales. Un contour est ajusté à ces huit points à l'aide de courbes de Bézier. Le houppier est, ainsi, défini par une succession de tranches d'épaisseur et de contour connus.

C'est un objet géométrique dont il est facile de calculer le volume, la surface de la projection au sol, le diamètre dans une direction donnée, ou toute autre caractéristique. On peut également le représenter en trois dimensions.

En plus de ces mesures photogrammétriques, nous avons mesuré avec un ruban décimétrique le diamètre du houppier de chaque arbre dans les directions nord-sud et est-ouest.

Finalement, une régression linéaire a été réalisée pour confronter les mesures des diamètres des houppiers obtenus par photogrammétrie à celles obtenues à l'aide du ruban.



**Figure 3.**  
Diamètre mesuré au ruban et par photogrammétrie.

## Résultats et discussion

La photogrammétrie a fourni des valeurs de diamètres de houppiers pour neuf des dix pieds photographiés. L'arbre restant avait un houppier très dissymétrique et excentré, et l'algorithme n'a pas réussi à recalculer ses quatre profils les uns par rapport aux autres. Un exemple de reconstitution d'un houppier en trois dimensions est donné dans la figure 2.

La figure 3 montre le résultat de la régression linéaire des diamètres des houppiers mesurés au ruban par rapport aux diamètres mesurés par photogrammétrie. La mesure photogrammétrique sous-estime d'environ 15 % la mesure faite au ruban. Outre les erreurs de mesure, on peut avancer l'explication suivante : lorsque l'on fait la mesure au ruban, on a tendance à rechercher le diamètre le plus grand, tandis que la photogrammétrie donne le diamètre dans une direction donnée sans aucun décalage qui permette éventuellement d'allonger le diamètre. Une autre explication possible est que le nombre de directions de prise de vue est insuffisant.

Dans tous les cas, compte tenu de la simplicité du protocole de mesure photogrammétrique adopté dans cette première expérience, l'approche photogrammétrique laisse augurer de bons résultats, pour peu que l'on améliore le protocole. Les améliorations possibles sont nombreuses.

- Les prises de vues peuvent être perfectionnées en utilisant un trépied pour l'appareil photo, de manière à mieux assurer son horizontalité.
- Un système de fixation de la perche étalon peut être mis au point de façon à mieux assurer sa verticalité.
- Un réglage manuel de la prise de vue peut être réalisé, afin de détacher nettement le sujet d'un arrière-plan ou d'un avant-plan que l'on rendra flou.
- On tâchera également de contrôler les directions de prise de vue avec une meilleure précision. Un plus grand nombre de directions de prise de vue pourra être testé, afin de voir le gain apporté par 6, 8 ou 12 directions de prise de vue.
- Enfin, la distance de l'arbre à l'appareil photo pourra être mesurée et exploitée dans le traitement d'image.

Pour le traitement d'image, on pourra :

- Tenir compte de la déformation de l'image (effets de paralaxe) liée à l'optique de l'appareil photo, en connaissant la focale de l'objectif et la distance à l'arbre.

- Utiliser aussi la couleur (des branches, feuilles et du ciel) pour discriminer l'arbre de l'arrière-plan (CLARK *et al.*, 2003), ce qui minimisera les tâches manuelles au profit du traitement automatique.
- Assurer un meilleur recalage des différents profils du houppier en utilisant plusieurs points d'ancrage.
- Améliorer la représentation géométrique du houppier, en utilisant des formes plus adaptées que des tranches lissées par des courbes de Bézier.

En conclusion, la photogrammétrie semble être une approche prometteuse pour la mesure des houppiers des arbres de savane. Elle permettrait de réaliser des estimations non destructives de la biomasse foliaire, ou de faire du suivi longitudinal de houppiers soumis à des élagages. Toujours dans une perspective de mise au point de la méthode, on tâchera, à présent, d'ajouter de la complexité à la méthode en mesurant le ratio gain de qualité/gain de complexité, tout en étant conscient que la méthode proposée doit rester simple pour être intéressante.

## Références

- BADIA M., HAPCA A., CONSTANT T., MOTHE F., LEBAN J.-M., SAINT-ANDRE L., DAQUITAINE R., BLAISE F., 2003. Tree shape measurement at the stand level for biomass, volume and wood properties assessment. Plant Growth Modeling and Applications (PMA 03), Beijing, Chine, 360-371.
- CLARK N., SCHMOLDT D. L., WYNNE R. H., WINN M. F., ARAMAN P. A., 2000. Ground-based digital imagery for tree stem analysis. Finnish Forest Research Institute, Research paper n° 791, 9 p. <http://www.srs4702.forprod.vt.edu/pubsubj/pubsubj.asp>
- CLARK N., 2002. 3D reconstruction of a tree stem using video images and pulse distances. Symposium on Statistics and Information Technology in Forestry, USDA Forest Service, SRS-4702, Forest Products Conservation, 12 p. <http://www.srs4702.forprod.vt.edu/pubsubj/pubsubj.asp>
- CLARK N. A., LEE S. M., ARAMAN P. A., 2003. Finding a good segmentation strategy for tree crown transparency estimation. Proceedings of the 19th Biennial Workshop on Color Photography, Videography and Airborne Imaging for Resource Assessment, Logan, Utah October 6-8, 2003, 12 p. <http://www.srs4702.forprod.vt.edu/pubsubj/pubsubj.asp>
- CLARK N., LEE S. M., 2004. Ground-based remote sensing with long lens video camera for upper-stem diameter and other tree crown measurements. Remote Sensing for Field Users. Proceedings of the Tenth Forest Service Remote Sensing Applications Conference, Salt Lake City, Utah, April 5-9 2004, 8 p. <http://www.srs4702.forprod.vt.edu/pubsubj/pubsubj.asp>
- PARDE J., BOUCHON J., 1988. Dendrométrie. Engref, Nancy, France, 2<sup>e</sup> édition, 328 p.
- SLAMA C. C., THEURER C., HENRIKSEN S. W., 1980. Manual of photogrammetry. The American Society of Photogrammetry, Falls Church, VA, 1 056 p.
- THOMAS R., 2000. Analyse des formes de troncs par photogrammétrie pour caractériser la qualité des bois. Application au pin sylvestre de Lozère. Thèse de doctorat, Engref, Montpellier, France, 204 p. <http://www.montpellier.cemagref.fr/doc/publications/theses/ft/remi-thomas.pdf>