

**Zeitschrift:** Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =  
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =  
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

**Herausgeber:** geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und  
Landmanagement

**Band:** 111 (2013)

**Heft:** 2

**Artikel:** R-Pod, essais en forêt dense ivoirienne avec un drone

**Autor:** Delley, Nicolas / Chatelain, Cyrille

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-309926>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# R-Pod, essais en forêt dense ivoirienne avec un drone

Dans un précédent article; «R-Pod: un drone photogrammétrique au service du territoire»<sup>1</sup>, le concept de photogrammétrie à la demande de la HEIG-VD était présenté en tant que système ayant atteint une maturité certaine. Cet instrument de cartographie ouvre de nouvelles portes à la géomatique. Ainsi, l'équipe R-Pod fut contactée par les Conservatoire et Jardin botaniques (CJB) de la ville de Genève pour cartographier des zones de forêt dense en Côte d'Ivoire.

N. Delley, C. Chatelain

## Contexte Ivoirien: Problématique de la couverture nuageuse sur les dernières forêts denses humides

Depuis des décennies, les satellites, comme source d'images, sont extrêmement utiles car ils permettent de cartographier de grandes surfaces. Cependant, en zone forestière tropicale, la disponibilité d'images est fortement réduite par la présence d'un couvert nuageux ou de fortes brumes (sur la zone du Parc National de Taï par exemple, seule une image sur cent est utilisable). De plus l'acquisition d'images récentes nécessite un financement relativement élevé pour un projet de recherche couvrant seulement une partie réduite de l'image satellitaire. Une alternative est alors la mission par avion, qui reste également difficile à mettre en place selon les régions pour des questions de météo et d'organisation.

## Intérêts du projet pour la conservation et la gestion des ressources naturelles

L'objectif initial était de tester l'application pour la cartographie de la forêt dense humide sempervirente<sup>2</sup> en Côte d'Ivoire. Le défi résidait dans la capacité du système à assembler des images ne comportant que de la forêt, mais aussi à voler plusieurs jours dans des conditions d'autosuffisance. Ceci avec tous les problèmes pratiques que cela comporte. Les CJB se sont impliqués dans le projet en mettant à disposition non-seulement leurs connaissances de la problématique cartographique du milieu naturel ivoirien, mais aussi leur expérience du terrain, ainsi que leur réseau en termes de collaborations avec les instituts universitaires ivoiriens. Le concept R-Pod, comprenant une aile avec des coûts de fabrication raisonnables et d'utilisation quasi nuls, devait répondre parfaitement aux besoins de la recherche scientifique des naturalistes ou des gestionnaires sur le terrain.

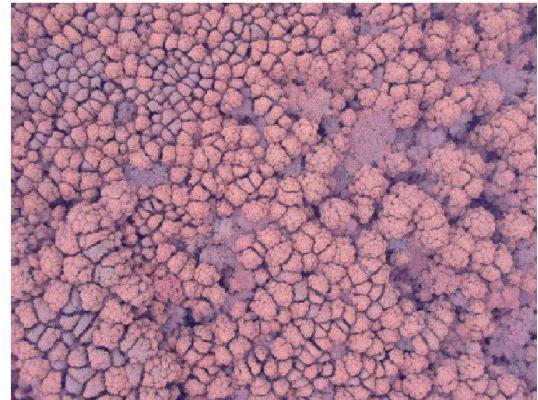


Fig. 2: Phénomène de la «timidité» des arbres (les couronnes ne se touchent pas), en fausses couleurs.

Abb. 2: Das Phänomen der «scheuen» Bäume (die Baumkronen berühren sich nicht), in Falschfarben.

Fig. 2: fenomeno della «timidità» degli alberi (le chiome non si toccano), con la tecnica dei falsi colori.

## Objectifs du projet

- Evaluer la faisabilité de cartographier de la forêt dense avec une aile de type swinglet CAM<sup>3</sup> et un traitement automatisé via le logiciel Pix4D<sup>4</sup>.
- Déterminer les limites d'utilisation sur le terrain, les contraintes environnementales et techniques liées au climat.
- Montrer les applications en milieux non-forestiers (savanes, cultures, plantations, forêts marécageuses, zones urbaines).

## Sites étudiés et objectifs

Le premier site de tests a été la forêt dense humide du Parc National du Banco (3000 ha). D'un point de vue botanique



assemblage Pix4D

Fig. 1: Triangle de Sangbé; progression de l'occupation humaine au Nord du Parc National du Banco.

Abb. 1: Sangbé Dreieck; Fortschreiten der menschlichen Besiedlung im Norden des Banco Nationalparks.

Fig. 1: triangolo di Sangbé; progressione dell'occupazione umana a nord del Parco Nazionale del Banco.

il s'agissait d'évaluer le recouvrement et la dégradation forestière, ainsi que les possibilités d'identification des espèces. D'un point de vue cartographique, il était nécessaire de tester les limites techniques d'assemblage des images de la canopée. Au Nord du parc, la cartographie du triangle de Sangbé a été choisie afin de mesurer l'ampleur et la dynamique de l'occupation humaine illégale par des garagistes.

Puis, dans le but de tester les limites et possibilités de cartographier des milieux marécageux, le Parc National d'Azagny et la forêt marécageuse de la Tanoé (située vers Nouamou, Sud-Est du pays, à 50 km du Ghana) ont été retenus comme sites tests.

Pour évaluer les possibilités de cartographier une zone de savane, le choix s'est porté sur la réserve de Lamto. Et finalement, la forêt d'Adiopodoumé a été retenue pour déterminer les possibilités d'identification de dégradation d'une forêt.

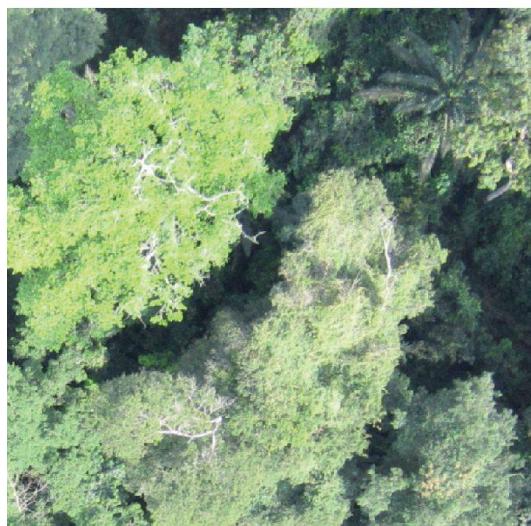


Fig. 3: Exemple de détails visibles sur une image brute (140 m s/sol).

*Abb. 3: Beispiel der sichtbaren Details in einem Roh-Bild (140m über Boden).*

*Fig. 3: esempio di dettagli visibili su un'immagine grezza (140 m sopra il terreno).*



Fig. 4: Orthomosaïque en forêt dense (GSD: 15 cm).

*Abb. 4: Ortho-Mosaik im dichten Wald (GSD: 15 cm).*

*Fig. 4: ortomosaico nella foresta densa (GSD: 15 cm).*

## Résultats et observations

Concernant la forêt dense humide, la qualité des images brutes est suffisamment détaillée pour envisager d'identifier visuellement plusieurs espèces car certaines ont des feuilles caractéristiques (grandes feuilles, couleurs vives et luisantes).

Concernant l'orthomosaïque, sa qualité dépend des facteurs suivants: la précision du modèle numérique de surface (MNS, ici un «MNC» [canopée]), le géoréférencement des prises de vue, la connaissance du système de référence et la qualification de l'opérateur. Dans le cas du calcul automatique par Pix4D, il est quasiment impossible d'utiliser des points d'appui ou des points de contrôle pour le bloc. Le résultat est uniquement dépendant de l'assemblage automatique.

En zone de forêt dense, la possibilité d'assemblage via la recherche automatisée de points d'intérêts est envisageable, moyennant un recouvrement important (par exemple 75% de recouvrement latéral) et une hauteur sur sol de 400 m. L'expérience a montré qu'un MNS de haute densité dans le cas de ces forêts n'est pas bénéfique pour le botaniste qui interprète l'image. En effet, il est préférable d'avoir une orthomosaïque dont la géométrie n'est pas exacte, mais qui offre un rendu avec des couronnes d'arbres non-déformées par le MNS. Ces résultats positifs nous amènent à imaginer un projet qui utiliserait un inventaire des grands arbres au GPS sur quelques hectares, puis

le report de ces données sur les images, afin d'extrapoler ces identifications sur de grandes surfaces. L'utilisation du MNS paraît aussi très utile pour l'évaluation de la dégradation forestière. En effet, la mesure des différences de hauteurs permet le calcul des zones d'ouvertures dans la canopée dues à l'abattage des grands arbres.

En zone marécageuse, très difficilement pénétrable au sol, on distingue sur l'orthomosaïque une canopée plane et homogène. Les vols effectués, avec des paramètres de recouvrement standards (80% longitudinal, 60% latéral) et une hauteur sur sol de 300 m, permettent un assemblage sur toute la surface, sauf dans les zones où la forêt est dense. Néanmoins, les produits devraient être extrêmement utiles pour la compréhension de ces forêts si difficiles d'accès, ainsi que pour la cartographie de la dynamique agricole.

Les vols effectués sur la savane permettent la production d'une orthomosaïque à une GSD<sup>5</sup> de 10 cm. Le processus d'assemblage a bien fonctionné, avec un bémol pour les larges cordons forestiers, étant donné le recouvrement latéral standard. Au final, l'interprétation des images au niveau botanique est limitée au comptage et à l'identification de certaines espèces. La distinction des différentes savanes en fonction de la topographie semble difficile en novembre, car en cette saison les savanes plus sèches de haut de pente ou les savanes humides ont



assemblage Pix4D

Fig. 5: Savane de Lamto. Les variations de contrastes sont dues aux ombres des nuages.

Abb. 5: Savanne von Lamto. Kontrast-Variationen provoziert durch Wolkenschatten.

Fig. 5: savana di Lamto. Le variazioni dei contrasti sono dovute alle ombre delle nuvole.

toutes un maximum de végétation. Mais l'intérêt de ces images dans un projet de surveillance d'une réserve et de monitoring d'évolution du couvert boisé est indéniable.

Pour terminer, les images du site d'Adiopodoumé mettent en évidence une forêt fortement dégradée où il ne reste que quelques grands arbres isolés. Sur le terrain, au travers de quelques arbustes résiduels recouverts de lianes, il est toujours

très difficile d'avoir une évaluation correcte, alors que ces images permettent de cartographier puis de mesurer cette dégradation.

ficile d'accéder à une zone de forêt et le rayon d'action de l'aile (1–2 km) est souvent insuffisant. L'idéal serait de disposer d'un rayon d'au minimum 3 km afin de cartographier par exemple l'ensemble du PN du Banco.

Malgré le fonctionnement de l'assemblage automatique moyennant un grand recouvrement, les images subissent des déformations inadéquates dues aux imprécisions du MNS en zone de forêt dense.

## Limites du système

En forêt dense humide, la surface couverte par le drone est trop réduite dans la plupart des cas. En effet, il est souvent dif-



assemblage Pix4D

Fig. 6: Cultures de palmiers à huile et forêt marécageuse à proximité de Nouamou (fausses couleurs).

Abb. 6: Palmöl-Kulturen und Sumpfwald in der Nähe von Nouamou (Falschfarben).

Fig. 6: coltivazioni di palme da olio e foresta paludosa vicino a Nouamou (falsi colori).

L'orthomosaïque en subit directement les conséquences. L'utilisation d'un modèle 3D généralisé est alors nécessaire afin que les couronnes des arbres soient toujours interprétables sur l'image, ce qui a pour conséquence de diminuer la qualité géométrique du produit.

Le décollage et l'atterrissement sont évidemment déconseillés depuis le cœur de la forêt, même si l'expérience a été réalisée dans le PN d'Asagny. Autre constat, la couverture nuageuse est souvent présente déjà à une hauteur sur sol de 200–250 m. De plus, on remarquera que les rapaces sont particulièrement agressifs. R-Pod a parfois donc été rapatrié promptement car des milans allaient directement au contact de l'aile.

## Conclusions

Avec l'aile utilisée, il serait illusoire de cartographier l'ensemble d'un parc national. Mais le concept peut fonctionner en forêt dense, moyennant un grand recouvrement des images. Ces images apportent de très nombreuses informations sur la canopée jusqu'alors très difficiles à obtenir et ont des applications en surveillance (abattages illégaux, feux), en

foresterie (inventaire, densité, recouvrement) et en écologie forestière (phénologie, dégradation). Dans les autres milieux, la technologie n'a pas rencontré de problèmes majeurs. L'évolution dans le domaine des drones photogrammétriques est telle que dans un avenir très proche, la production d'images en forêt est envisageable. Il semble qu'un institut tel que le Centre Suisse de Recherches Scientifiques (en Côte d'Ivoire) serait intéressé d'acquérir cet outil en collaboration avec d'autres instituts. Les intérêts sont multiples dans un pays où la pression humaine sur l'environnement est énorme et les besoins d'évaluation de l'occupation du sol sont considérables, tant en forêts que dans les zones urbaines.

### Note:

Financement Projet CSRS-PNUD2/ Projet de Renforcement du partenariat Scientifique Ivoiro-Suisse.

Les missions de terrain ont été effectuées avec le botaniste Adama Bakayoko de l'Université d'Adjamé, l'hydrogéologue Jean Kouamé Kan et le Lieutenant de l'Office Ivoirien Parcs et Réserves Roger Brou, ainsi qu'avec Inza Koné, Lazare Tia et Doudjo Ouattara.

### Remarques:

<sup>1</sup> Géomatique Suisse 9/2011, François Gervaix, HEIG-VD.

<sup>2</sup> Sempervirente signifie que les arbres portent des feuilles toute l'année.

<sup>3</sup> [www.sensefly.com](http://www.sensefly.com)

<sup>4</sup> [www.pix4d.com](http://www.pix4d.com)

<sup>5</sup> GSD: Ground Sampling Distance, taille d'échantillonnage au sol.

Nicolas Delley

Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD)  
Route de Cheseaux 1  
CH-1401 Yverdon-les-Bains  
[nicolas.delley@heig-vd.ch](mailto:nicolas.delley@heig-vd.ch)

Cyrille Chatelain

Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève  
Case postale 60  
CH-1292 Chambésy  
[cyrille.chatelain@ville-ge.ch](mailto:cyrille.chatelain@ville-ge.ch)

Indicazione della fonte: Redazione PGS



 **Vom Zirkel zum elektronischen Theodoliten**

**Kern-Geschichten** von Franz Haas

172 Jahre Aarauer Industriegeschichte – Sammlung Kern – Zeittafeln – Kern-Geschichten, auf 132 Seiten mit ca. 90 Bildern – Fr. 42.– + Porto und Verpackung

Herausgeber: Heinz Aeschlimann, Kurt Egger | Bestellungen: SIGmediaAG, Postfach, 5246 Scherz | [info@sigimedia.ch](mailto:info@sigimedia.ch)