

# ICT Update

Un bulletin d'alerte pour l'agriculture ACP



<http://ictupdate.cta.int>

La technologie des drones a permis d'accélérer la planification, la conception et la construction des systèmes d'irrigation des rizières au Nigeria.

Les communautés autochtones utilisent les drones pour récolter des données sur les occupations illégales de leurs territoires, et préserver les ressources naturelles.

Les cinq étapes de la création d'une carte numérique pour l'agriculture au moyen de petits drones.



## Les drones au service de l'agriculture

## Drones pour l'agriculture

- 2** RÉDACTEUR INVITÉ :  
Drones à l'horizon : nouvelle frontière dans l'innovation agricole  
*Faine Greenwood*
- 5** Les drones du Sri Lanka, de véritables pionniers  
*Salman Siddiqui*
- 6** Les systèmes d'irrigation des rizières d'Afrique vus du ciel  
*Quan Le*
- 8** Prévention de l'extension des essaims de criquets pèlerins  
*Keith Cressman*
- 10** L'efficacité renforcée des drones pour détecter les facteurs de stress affectant les cultures  
*William Allen*
- 12** Assurer plus efficacement les exploitants agricoles indiens  
*Ruchit G Garg*
- 13** QUESTIONS-RÉPONSES :  
« Il sera aussi simple d'utiliser la télédétection par les drones qu'un téléphone portable »  
*Roberto A. Quiroz*
- 14** La difficulté de comparer les images de récoltes dans l'espace et le temps  
*Ola Hall et Maria Francisca Archila Bustos*
- 16** L'occupation illégale des sols vue du ciel  
*Nina Kantcheva Tushev, Tom Bewick et Cameron Ellis*
- 18** Favoriser la transformation de l'agriculture à petite échelle grâce à la télédétection  
*Raul Zurita Milla et Rolf A. de By*
- 20** Des drones pour compter les cocotiers  
*Ephraim Reynolds et Faumuina Felolini Tafuna'*
- 22** Mieux comprendre la réglementation en matière de drones  
*Cédric Jeanneret*
- 24** SIGNET :  
Les cinq étapes de la création d'une carte au moyen de petits drones  
*Walter Volkmann*
- 26** RESSOURCES
- 27** DÉPÊCHES :  
Associer les drones et les chiens pour sauver les cultures d'avocatier  
*DeEtta Mills et JoAnn C. Adkins*

### ICT Update



ICT Update numéro 82, avril 2016.

ICT Update est un bulletin qui paraît tous les deux mois, également disponible sur Internet (<http://ictupdate.cta.int>) et sous la forme d'une newsletter diffusée par email. Le prochain numéro paraîtra en septembre 2016.

Directeur de la rédaction (CTA) : Chris Addison  
Coordinateur rédactionnel (CTA) : Giacomo Rambaldi  
Rédacteur / chercheur invité : Faine Greenwood  
Relecteurs : Antonella Piccolella, Isaura Lopes Ramos  
Rédacteur : Evert-Jan Quak  
Mise en page : Flame Design  
Traduction : cApStAn

Photo de couverture : Luke Wijnberg, 3DroneMapping, Afrique du Sud  
Éditeur : Centre technique de coopération agricole et rurale ACP-UE (CTA), Wageningen, Pays-Bas

Sponsor : Esri, Redlands, États-Unis  
Merci à la FAO qui diffuse ICT Update via le site Internet e-Agriculture ([www.e-agriculture.org](http://www.e-agriculture.org))  
Copyright : ©2016 CTA, Wageningen, Pays-Bas

<http://ictupdate.cta.int>



## Rédacteur invité

# Drones à l'horizon : nouvelle frontière dans l'innovation agricole

La technologie des drones pourrait aider les agriculteurs du monde entier à surveiller la croissance de leurs cultures, lutter contre les nuisibles, améliorer leur régime foncier, et bien plus encore. Il convient pour cela de mettre en place des dispositifs de régulation pour préserver la vie privée et la sécurité des citoyens.

Il y a trois ans à peine, personne n'avait la moindre idée de ce qu'était un drone, appelé dans le monde anglophone « véhicule aérien sans pilote (UAV) ». Les choses ont bien changé. Cette technologie fait désormais partie de celles les plus fortement médiatisées dans le monde.

Depuis toujours, les agriculteurs ont grand besoin d'informations précises et actualisées sur la santé de leurs cultures et l'état environnemental de la terre. Des avions agricoles sont utilisés depuis les années 1920, et les experts agricoles font de plus en plus appel à l'imagerie satellitaire.

Bien qu'il soit peu vraisemblable que les drones se substituent complètement aux aéronefs avec pilote ou aux satellites, ils présentent néanmoins un certain nombre d'avantages. Leur technologie leur permet de collecter une imagerie en très haute résolution et bien plus détaillée, au-dessous de la couche nuageuse. Ils sont faciles à utiliser, et la collecte de données se fait à présent de manière tout à fait automatisée. Par ailleurs, les instruments de traitement de données sont plus abordables et faciles à utiliser.

Le faible coût des drones représente peut-être un avantage encore plus important (moins de 1 000 USD en 2016). Et l'on peut en construire un soi-même pour une somme encore plus modique. Les logiciels de traitement sont souvent chers, mais des alternatives de source ouverte ou moins onéreuses existent. Ces faibles barrières à l'entrée devraient permettre d'aider considérablement les agriculteurs des pays en développe-

ment qui, de tout temps, ont éprouvé de grandes difficultés pour accéder à l'imagerie aérienne, qu'elle ait été produite par des aéronefs pilotés ou des satellites.

### Les multiples usages des drones

Mais que peut faire un drone pour un agriculteur ? De nombreuses choses, comme vous l'apprendront les pages de ce magazine. Ils permettent d'abord aux agriculteurs d'avoir une vue d'ensemble de leurs cultures et d'en observer ainsi les subtiles modifications non identifiées directement sur le terrain. Les drones équipés de capteurs spécifiques peuvent collecter à bas prix des images multispectrales de l'indice de végétation par différence normalisée (Normalized Difference Vegetation Index ou NDVI) et des images infrarouge (IR). Ces données aériennes peuvent également être utilisées pour accélérer le processus laborieux de l'inventaire des cultures et de l'estimation du rendement.

Les compagnies d'assurance-récoltes et leurs assurés bénéficient également de l'imagerie par drone à la fois plus facilement accessible et aisément reproductible : en Inde, les assureurs veulent utiliser des drones pour mener les évaluations des pertes de récolte dues à des catastrophes naturelles, pour le calcul du montant du dédommagement de manière plus précise mais aussi plus rapide. De grandes compagnies d'assurance-récoltes américaines, comme ADM, commencent elles aussi à mener leurs propres essais avec des drones.

Par ailleurs, les drones se sont avérés particulièrement utiles pour

les planificateurs agricoles car ils leur permettent de réduire le temps et les coûts qu'implique d'ordinaire un relevé précis. On utilise des drones pour estimer les volumes, générer des modèles d'irrigation et de drainage, et collecter les données nécessaires pour produire des modèles et cartes altimétriques en haute définition géographiquement exacts. L'un des articles de cette publication cite l'exemple d'une équipe chargée de planifier une plantation de riz au Nigeria qui a utilisé l'imagerie produite par drone pour prendre des décisions relatives à la disposition des rizières ainsi que des systèmes d'irrigation et de drainage. Grâce à ces images, elle a pu déterminer très tôt que sa conception originale était, somme toute, peu adaptée au terrain dont elle disposait.

### Autonomiser les collectivités locales et lutter contre les nuisibles

Les éleveurs et gestionnaires de la pêche commencent à expérimenter cette technologie. Ils espèrent ainsi tirer profit des compétences des drones pour réduire le temps et le coût inhérents aux patrouilles et aux activités de reconnaissance. Les grands éleveurs de bovins dont les terres sont très étendues utilisent des drones pour localiser leur troupeau ou procéder à des relevés réguliers des clôtures. Des essais sont également menés avec des drones de surveillance à longue portée afin de dissuader et d'appréhender les embarcations de pêche illégale dans les eaux protégées.

Cette technologie pourrait même s'avérer utile pour lutter contre les nuisibles agricoles. La FAO se penche actuellement sur la manière dont les drones pourraient détecter et éliminer les criquets avant qu'ils n'entament leur invasion destructive, comme vous pourrez le lire dans les pages de ce magazine. Dans l'État américain de Floride, les chercheurs utilisent des chiens renifleurs et des drones pour détecter les coléoptères qui tuent les avocatiers.

### Un marché en pleine expansion

Fort de leur utilité démontrée auprès des agriculteurs et autres parties prenantes, le marché international des drones est en pleine expansion. Une étude datant d'août 2015 a estimé que le volume du marché mondial du drone à caractère commercial s'élevait à 552 millions USD en 2014. Elle en a estimé sa croissance

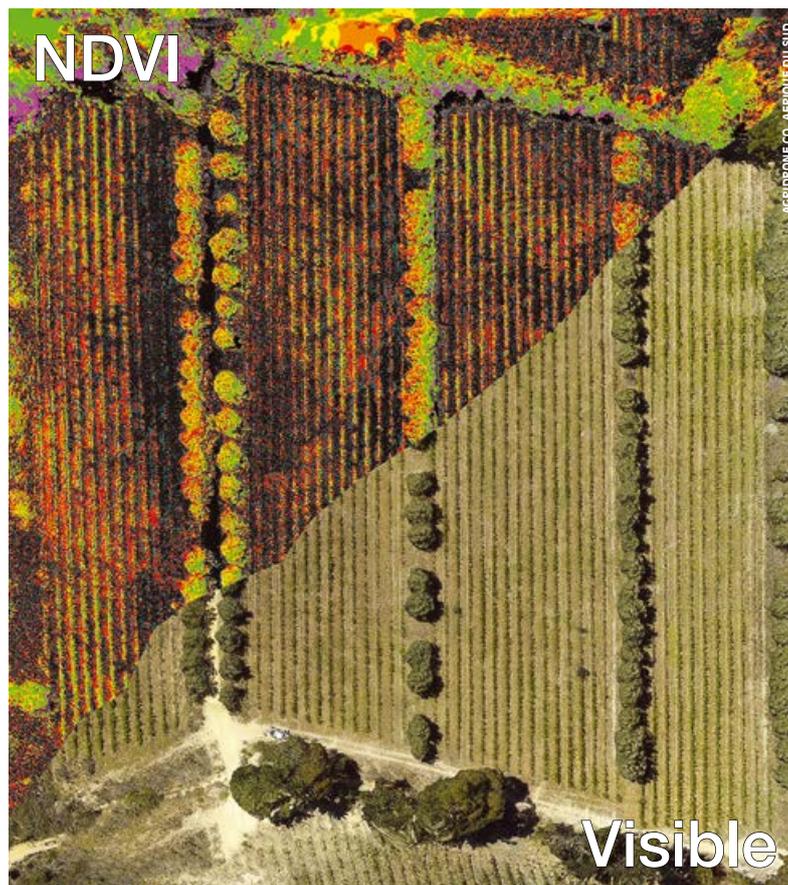


Image fractionnée d'une région viticole biologique en Afrique du Sud. L'utilisation de capteurs NDVI fait apparaître la végétation en couleur. Le vert représente une végétation saine tandis que le rouge est un indicateur de stress.

à 2,07 milliards USD à l'horizon 2022, avec le secteur de l'agriculture comme domaine dominant.

Alors que l'Amérique du Nord est actuellement le premier producteur de drones à caractère commercial et dans le domaine agricole, de nombreux analystes prédisent que le marché européen devrait bientôt la talonner dans ces deux domaines. La demande (et la production) dans le reste du monde, y compris dans les pays ACP, sont actuellement à la traîne derrière l'Amérique du Nord et l'Europe, mais, d'après le récent rapport publié par la société d'études de marché Markets & Markets, une forte croissance est attendue dans la région Asie-Pacifique et au Moyen-Orient.

De nombreuses entreprises multinationales sont des acteurs clés de l'industrie des drones à caractère commercial, parmi lesquelles Lockheed Martin, DJI, AeroVironment Inc., General Atomics, Israel Aerospace Industries et Parrot SA. D'autres se concentrent sur des services spécifiques aux drones, comme le traitement de l'imagerie, l'analyse agricole, la planification des vols ou la communi-

cation de drone à drone. Dans les pays en voie de développement, il arrive souvent que les fournisseurs de services liés aux drones s'approvisionnent auprès d'un gros fabricant pour fournir ensuite différents services de cartographie et d'analyse, ce qui décentralise quelque peu le marché. Il ne fait aucun doute que cette technologie est prometteuse, mais, dans le contexte agricole, un certain nombre d'obstacles doivent encore être surmontés.

### Demande de réglementations

L'obstacle le plus important à une large adoption des drones par l'industrie agricole est d'ordre juridique car les États souhaitent préserver la légalité des drones tout en garantissant la sécurité aérienne et protégeant le droit à la vie privée. Bien que certains pays, comme l'Afrique du Sud, disposent déjà d'un cadre réglementaire détaillé, de nombreux autres pays n'ont encore élaboré aucune réglementation en la matière. L'Inde, le Népal et le Kenya ont introduit des restrictions très précises et des interdictions qui

devraient être levées à une date ultérieure non encore fixées. Cédric Jeanneret, après avoir mené une étude sur le sujet dans les pays ACP à la demande du CTA, nous offre un aperçu plus général de l'état de la gouvernance et des réglementations en matière de drones dans le monde.

Le processus de réglementation est en cours dans le monde entier, aux niveaux local, national et international. Parmi les efforts internationaux, citons notamment le groupe JARUS (Autorités communes sans pilote) qui réunit des experts issus d'agences régionales sur la sécurité aérienne et de différentes autorités nationales de l'aviation (ANA). Ce groupement travaille à l'élaboration d'un ensemble unique d'exigences opérationnelles, techniques et de sécurité régissant les conditions de certification des drones dans l'objectif de pouvoir les intégrer à l'espace aérien. Cet ensemble d'exigences pourra alors être utilisé par chacun des pays membres pour élaborer leur propre réglementation.

Certains utilisateurs redoutent que les régulateurs imposent des restrictions trop laborieuses ou trop onéreuses pour les petits exploitants agricoles. Les groupes de défense, comme l'organisation AUVSI (Association internationale pour la défense des véhicules non-pilotés), sont mus par la volonté de vulgariser la technologie auprès du grand public et des décideurs politiques.

### Renforcer les capacités

Un autre obstacle à l'adoption des drones par le monde en développement est caractérisé par le manque de sensibilisation et d'éducation du public à cette nouvelle technologie. Bien qu'il soit relativement facile d'utiliser un drone, il importe, au préalable, de former les exploitants agricoles et de leur apporter un soutien technique dans la langue qu'ils pratiquent. Ils devront également disposer d'informations actualisées relatives au statut juridique de ce type de technologie, dans leur pays.

Les défis techniques représentent un autre obstacle de taille à l'adoption généralisée de cette technologie dans les pays moins développés. Les opérateurs de drones doivent pouvoir avoir un accès adéquat à l'électricité et la capacité d'obtenir ou fabriquer des pièces de rechanges. Le traitement des données générées par les drones

est un autre défi important : produire des cartes, modèles 3D et autres produits utiles demande une puissance de calcul considérable ou une connexion Internet ou mobile assez rapide pour accéder à des services informatiques du Cloud.

Les opérateurs de drones, agriculteurs et travailleurs humanitaires vont devoir développer des méthodes en vue de préserver l'utilisation des drones dans les régions les plus reculées.

### Un avenir prometteur

À ce stade, il est encore difficile de prédire l'avenir de la technologie des drones pour le secteur agricole, mais une multitude de projets pilotes voient le jour. L'analyse des données qu'ils génèrent est sans doute appelée à s'automatiser davantage en fonction de la capacité croissante des systèmes informatiques intelligents à identifier les différentes variétés de cultures, classer et à cartographier les mauvaises herbes, et évaluer rapidement les dommages provoqués par les nuisibles. L'analyse automatisée pourrait également permettre de réduire considérablement les efforts nécessaires pour cartographier à grande échelle les terres agricoles et aider les experts à décoder les signes avant-coureurs d'une famine imminente ou d'une mauvaise récolte.

Des drones plus intelligents pourront être utilisés pour les opérations de pulvérisation aérienne de précision, ce pour réduire l'utilisation de produits chimiques et minimiser les contacts humains avec des substances dangereuses. Des drones pourront également être utilisés pour des missions de « recherche et de destruction » des nuisibles au cours desquelles des insectes particulièrement importuns pourront être identifiés et éradiqués. Par ailleurs, cette technologie déterminera rapidement la répartition du bétail et permettra aux vétérinaires de trouver rapidement les bêtes infectées par des maladies, ou permettra encore aux agriculteurs d'identifier promptement les mouvements des nuisibles de plus grande taille. De nombreuses autres utilisations des drones se concrétiseront dans un avenir proche.

Les drones pourraient bien avoir le pouvoir d'aider les agriculteurs du monde entier à surveiller leurs cultures, planifier leur exploitation, lutter contre les nuisibles et bien plus encore. Pour libérer tout le potentiel

de cette technologie, les acteurs de la chaîne de valeur agricole et les législateurs devront collaborer pour élaborer des cadres réglementaires éthiques mais raisonnables. Parallèlement, les agences de développement devront poursuivre les expériences réalisées avec la technologie des drones et ainsi favoriser l'éclosion d'un monde nouveau où tous les exploitants agricoles pourront avoir accès à l'imagerie aérienne. ◀

### Terminologie des drones

On se réfère aux aéronefs sans pilote de diverses manières. Le mot « drone » a une origine militaire, mais il est actuellement couramment employé pour décrire les technologies civiles. Les normes et règles internationales, notamment celles fixées par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) et la Commission européenne, associent les « véhicules aériens sans pilote » (UAV) à la catégorie plus vaste des aéronefs sans pilote pouvant être programmés pour voler de manière autonome. La terminologie officielle du droit civil aérien emploie l'expression « Systèmes d'aéronefs télépilotes » (RPAS), alors que certains régulateurs comme la Federal Aviation Administration (FAA) américaine utilisent le terme de « Système d'aéronef sans pilote ».



### À propos de l'auteur :

Faine Greenwood (fainegreenwood@gmail.com) est experte dans le domaine des drones et journaliste. Elle travaille actuellement comme assistante de recherche pour le « Signal Programme » de l'Initiative humanitaire de Harvard (Harvard Humanitarian Initiative).

# Les drones du Sri Lanka, de véritables pionniers

L'Institut international de gestion de l'eau (IIGE) au Sri Lanka a lancé des expérimentations avec des drones dans le but de fournir des informations utiles à de nombreuses études telles que la surveillance des récoltes, la réduction des effets des catastrophes naturelles, et la prévention des maladies.



L'image du centre, obtenue par des capteurs proche-infrarouges (NIR), montre différentes teintes de rouge, qui peuvent être interprétées et représentées sur l'image de la gauche : le « vert » représente les cultures saines, le « jaune » celles qui sont exposées à un degré de stress faible ou moyen, et le « rouge » celles qui sont exposées à un haut niveau de stress.

Ces derniers mois, l'Institut international de gestion de l'eau de Colombo a utilisé des drones, appelés dans le monde anglophone « véhicules aériens sans pilote (UAV) », afin de surveiller les récoltes de riz dans la région aride d'Anuradhapura et ses alentours. Des capteurs de couleur RVB (rouge, vert, bleu) et des capteurs proche infrarouge ont par exemple été utilisés pour photographier les champs de riz.

Le drone de l'institut est également régulièrement utilisé en partenariat avec les autorités locales. En décembre 2015, le département des relevés topographiques du Sri Lanka a mis en place un plan de réduction des effets des catastrophes pour Badulla, la capitale de la province d'Uva.

Si des techniques conventionnelles avaient été utilisées, le département aurait mis plus d'un an à effectuer le relevé topographique de la ville. En revanche, le drone de l'IIGE a réussi à cartographier la totalité de la zone de 10 km<sup>2</sup> en à peine trois jours, avec quatorze vols, 4 600 images haute résolution obtenues, et une résolution spatiale moyenne de quatre centimètres.

L'imagerie par drone peut également servir à mieux comprendre la propagation des maladies, ce qui aide les experts du domaine de la santé à créer des cartes de grande qualité. La maladie rénale chronique d'étiologie incertaine (CKDu) est l'une des maladies non contagieuses les plus graves touchant les Sri Lankais aujourd'hui, et elle reste mal comprise.

Diagnostiquée pour la première fois au milieu des années 1990, cette maladie est désormais présente dans six des neuf provinces du pays. Elle est essentiellement confinée dans la région sèche et ne touche que les agriculteurs cultivant le riz. La CKDu aurait jusqu'à présent entraîné la mort d'environ 25 000 personnes, et on estime que 8 000 personnes reçoivent actuellement un traitement.

Dans la région de Mahiyangana, la CKDu se serait propagée en contaminant l'eau potable issue des puits. Le drone a été utilisé pour rassembler des données géoréférencées sur les lieux d'habitation des ménages et l'emplacement des puits. Les données collectées peuvent en outre servir à la réalisation d'un modèle numérique d'élévation afin de localiser les zones élevées et basses de deux villages.

Les données ont été utilisées dans le cadre d'un projet pilote sur la prévention de la CKDu dans la région. Selon Ranjith Mulleriyawa, le responsable du projet, ces photos et cartes aériennes ont fourni aux chercheurs une meilleure vue globale de la région, et les ont aidés à comprendre de quelle manière les puits contaminés sont liés à la propagation de la CKDu dans les zones concernées.

## Haute précision

L'IIGE prévoit également d'utiliser le drone au Népal afin de répertorier les sources d'eau fraîche à l'aide d'un petit capteur thermique. Les bassins

hydrographiques ciblés au Népal sont dissimulés derrière une végétation dense, ce qui rend difficile l'utilisation de capteurs optiques standards afin d'identifier et de localiser les sources. Le capteur thermique monté sur le drone peut trouver les sources à travers la végétation car leur température est inférieure à celle de la terre qui les entoure.

Si l'utilisation des drones dans la recherche ainsi que d'autres applications pratiques de cette technologie sont encore balbutiantes, les premiers essais de l'IIGE ont déjà démontré leur efficacité. En effet, les drones peuvent servir à effectuer des relevés topographiques des régions étendues et difficiles d'accès en un temps relativement limité, et avec une grande précision. Pour les experts et décideurs politiques, ces images aériennes peuvent constituer des sources d'informations plus précises et davantage actualisées que celles dont ils disposaient auparavant. Les images de grande qualité des drones peuvent aider les agriculteurs à repérer de manière précoce les mauvaises récoltes, et leur donner assez de temps pour réagir. ◀

## À propos de l'auteur :

Salman Siddiqui (S.Siddiqui@cgjar.org) est responsable senior auprès de l'Institut international de gestion de l'eau au Sri Lanka.  
→ <http://www.iwmi.cgiar.org/>

# Les systèmes d'irrigation des rizières d'Afrique vus du ciel

La technologie des drones procure aux agriculteurs un moyen économique de planifier l'infrastructure. Au Nigeria, elle a permis d'accélérer la planification, la conception et la construction des systèmes d'irrigation des rizières.



QUAN LE, GMX CONSULTING LTD

Les drones  
au service de  
l'agriculture

À mesure que le drone, appelés dans le monde anglophone « véhicules aériens sans pilote (UAV) », réapparaît au loin et perd de l'altitude pour se poser, Richard, le chauffeur de l'équipe de chercheurs qui s'est porté volontaire pour apporter son soutien à la mission, court plein d'enthousiasme vers l'avion sans pilote. « Bienvenue ! » s'écrie-t-il en exultant, à la fois en anglais et en haoussa, la langue parlée dans le nord du Nigeria.

L'équipe growmoreX de la société londonienne GMX Consultancy, gestionnaire d'un service applicatif agricole fondé sur les drones, était présente au Nigeria afin de réaliser une étude préalable au développement d'une exploitation rizicole irriguée de 3 000 hectares. L'exploitation occupera un terrain acquis via un bail à long terme signé avec l'administration publique locale chargée de l'irrigation. L'objectif du projet était d'étudier et de cartographier 7 500 hectares afin

de préparer la planification et la construction de l'infrastructure d'irrigation des rizières.

Un aéronef piloté aurait coûté une fortune. La technologie des drones était une alternative bien moins coûteuse. Le site étudié dans le cadre du projet était une région à faible densité de population située environ à 75 kilomètres de la ville de New Bussa. La population y vit principalement de petites exploitations agricoles. Les habitants cultivent tous les ans au cours de la saison des pluies du sorgho, du riz et des haricots. Les tomates poussent pendant la saison sèche, grâce à l'irrigation par pompage.

## Le premier vol

Un drone à voilure fixe importé directement des États-Unis a été utilisé pour le premier vol. La journée d'assemblage a donné le temps à l'équipe de résoudre les petits problèmes techniques et de comprendre comment

utiliser sa fonction de planification automatique de mission.

Une fois tous les contrôles effectués, l'équipe a réglé le système de navigation du drone sur le mode « automatique ». L'hélice du drone s'est mise à tourner et celui-ci a pris son envol, sous les yeux émerveillés d'une foule qui s'était rassemblée pour observer le premier vol. La mission démarrait.

Bien qu'il ait effectué un bon décollage, le drone commença soudain à s'éloigner au lieu de débiter sa mission préprogrammée, probablement en raison de la direction du vent. L'équipe perdit la communication de télémétrie avec le drone et pensa que le drone s'était écrasé.

Mais soudain, la connexion radio avec le drone se rétablit et il entama sa mission de cartographie automatique. Il ne lui fallut que quelques minutes pour atteindre l'altitude de 150 mètres, considérée comme optimale pour son travail d'étude. Une fois arrivé

à cette altitude, il se mit à voler selon une trajectoire spécifique, prenant automatiquement des photos pendant son vol.

### Une planification précoce

L'appareil photographique fut contrôlé dès l'arrivée du drone sur le sol. Les photos semblaient nettes et de bonne qualité. Il y en avait beaucoup : au cours du vol de 55 minutes, le drone avait pris des photos superposées de quelque 300 hectares.

Le drone pouvait voler environ quatre heures par jour lorsque le soleil projetait le moins d'ombre possible. Dès lors, l'équipe put cartographier environ 1 000 hectares en une seule journée. Le processus est particulièrement rapide, surtout si l'on tient compte du terrain, des conditions de travail difficiles et des températures élevées. On estime qu'il aurait fallu une vingtaine de jours à un géomètre professionnel travaillant à pied pour couvrir la même surface.

Toutefois, faire appel à un drone

---

*L'émir avait insisté pour que son village soit survolé afin que sa population puisse observer le drone et les photos qu'il prendrait.*

nécessite de s'y prendre à l'avance. Les chercheurs se sont d'abord assurés qu'aucun règlement spécifique n'empêchait l'équipe d'utiliser ce type d'appareil. L'émir local, le chef du village, ainsi que les responsables d'un aéroport militaire situé à quelque 100 kilomètres du site étudié avaient été informés du projet. Les autorités locales avaient heureusement accueilli favorablement la nouvelle technologie. Une seule condition avait été imposée : l'émir avait insisté pour que son village soit survolé afin que sa population puisse observer le drone et les photos qu'il prendrait.

Le résultat fut inattendu. Pour la première fois, l'équipe a pu établir le nombre exact de maisons et d'habitations dans le village, permettant ainsi aux chercheurs d'effectuer une estimation bien plus précise de sa population. Cette information sera très utile, car l'équipe chargée de l'étude prévoit d'engager de

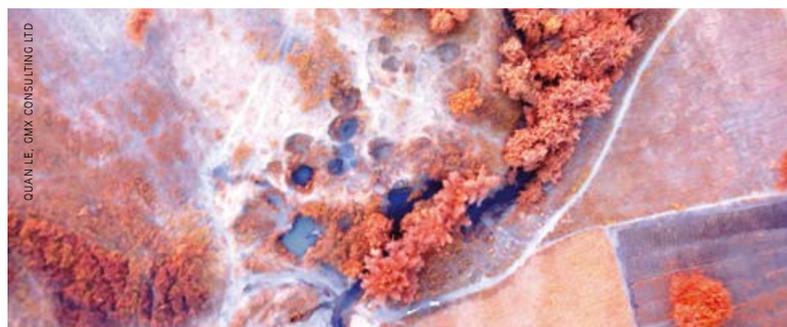


Image d'une ferme du Nigeria obtenue par un capteur NDVI - NGB  
Converted Canon S110  
Camera (2015).

la main-d'œuvre locale pour construire l'exploitation rizicole et la gérer.

### Une hypothèse remise en cause

Aussi magnifique qu'ait été le survol du village, le principal objectif était la planification de l'infrastructure d'irrigation de la rizière. En se basant sur les premières études, les chercheurs devaient créer une carte à l'échelle 1:2 000 (1 centimètre de la carte représente 20 mètres). L'objectif de cette carte était que l'équipe prenne des décisions éclairées concernant la meilleure disposition des champs ainsi que des systèmes d'irrigation et de drainage.

En se fondant sur les informations limitées rassemblées à l'issue de visites précédentes du site, l'hypothèse était qu'il serait possible de disposer des rizières sous forme de vastes bassins rectangulaires. Il aurait fallu d'énormes machines de terrassement et du matériel agricole important pour construire et cultiver ces bassins.

Toutefois, l'étude réalisée par le drone a infirmé cette hypothèse. Même s'il était vrai que certaines parties du site concerné étaient plates, la plus grande partie du terrain était vallonnée.

En raison du terrain en pente et de la finesse de la couche supérieure du sol, l'équipe de chercheurs a dû radicalement modifier son hypothèse et oublier la conception en vastes bassins rectangulaires pour opter pour de longs champs étroits qui suivraient les ondulations du terrain. Ce changement impliquait également une conception très différente du système d'irrigation.

### Éviter des frais inutiles

À l'aide des données obtenues grâce à la technologie des drones, les planificateurs agricoles peuvent maintenant éviter plus facilement la mauvaise planification de l'infrastructure. Cette information facilite également l'organisation d'un approvisionnement adéquat en

termes de matériel, ce qui permet d'éviter les gros investissements de départ inutiles pouvant mener un projet à l'échec.

L'eau est le facteur essentiel en matière d'autosuffisance rizicole en Afrique, où la culture du riz est principalement pluviale. Le manque d'infrastructures d'irrigation constitue un obstacle majeur à l'augmentation de la production rizicole sur le continent. La plupart des systèmes existants sont mal conçus, mal construits et mal entretenus.

Une bonne nouvelle : la technologie des drones peut accélérer la planification, la conception et la construction de l'infrastructure d'irrigation africaine. Comme ce projet l'a démontré, la technologie des drones pourrait offrir aux agriculteurs un moyen économique de planifier cette infrastructure.

Mais ce n'est pas tout. Après l'étape de planification, les drones pourraient être utiles aux exploitants en vue d'estimer avec plus de précision la quantité de fertilisants et de matériaux de plantation nécessaires pendant la période de végétation. Une fois les cultures plantées, des drones équipés de capteurs spéciaux peuvent surveiller leur croissance.

Avec l'aide des drones agricoles, l'Afrique peut se propulser directement à l'ère de l'agriculture de précision en pleine expansion, tout comme les entreprises africaines de mobilophonie ont court-circuité l'infrastructure traditionnelle des lignes fixes pour créer un système innovant de financement mobile. ◀

#### À propos de l'auteur :

Quan Le (quan.le@gmx.com) est le directeur général de GMX Agri (www.gmxconsulting.co.uk), une entreprise de conseil, de développement et d'opération axée sur l'agriculture africaine.

# Prévention de l'extension des essaims de criquets pèlerins

Les drones pourraient jouer un rôle décisif en matière d'identification et de prévention des essaims de criquets pèlerins, dans le cadre de la lutte contre ce migrateur dangereux et nuisible.

## Les drones au service de l'agriculture

**L**es criquets pèlerins ont un appétit vorace, au point d'être inégalés dans le monde des insectes. Dans leur zone d'activité, soit 20 pour cent de la surface terrestre, ils se reproduisent annuellement, se regroupent, et forment ensuite des essaims pouvant couvrir jusqu'à 150 kilomètres par jour, passant d'un continent à l'autre.

Alors que les essaims de criquets pèlerins sont inconnus en Amérique et en Europe, ils représentent une menace constante pour les ressources alimentaires de certains des pays les plus pauvres et les plus secs au monde, occupant une surface immense s'étendant de l'Afrique de l'Ouest au sous-continent indien. Les pays vulnérables luttent en faisant appel à une technologie de télédétection et d'étude sur le terrain en vue d'identifier et éliminer les zones de reproduction des criquets.

Aujourd'hui, certains experts pensent que la technologie des drones, appelés dans le monde anglophone « véhicules aériens sans pilote (UAV) », pourrait offrir aux équipes d'étude et de lutte une solution économique et efficace.

## Système d'alerte précoce

Un système d'alerte précoce et de lutte préventive contre les criquets pèlerins existe depuis plus de cinquante ans. C'est le système d'alerte le plus ancien au monde contre les migrateurs nuisibles. Environ vingt-quatre pays concernés ont créé des centres nationaux de lutte contre les criquets au sein de leur gouvernement, regroupant des équipes d'étude et de lutte spécialisées, bien formées, équipées pour parcourir tous les jours le désert dans des 4x4 afin de trouver et traiter les infestations.

Pour les détecter, ces équipes se fondent sur leur propres connaissances ainsi que sur les informations fournies par les nomades. Ces connaissances sont associées à des images satellite actualisées montrant les précipitations et la végétation, ce qui permet aux équipes d'identifier les sites potentiels de reproduction et les infestations de criquets en cours d'expansion. Les équipes enregistrent leurs observations dans une tablette qui transmet les données en temps réel via satellite à leur centre national de lutte contre les

criquets. Cette information est ensuite transmise au Desert Locust Information Service (DLIS), installé au siège de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (ONUAA) à Rome, en Italie.

La réussite de la prévention des invasions de criquet pèlerin se fonde sur une surveillance régulière dans le désert, des alertes précoces, et une réaction rapide. Si une invasion n'est pas détectée à temps, cela peut avoir un effet dévastateur sur la subsistance de la population locale. Il a par exemple fallu plus de 500 millions USD et deux années pour contrôler les crises acridiennes de 2003 et 2005 en Afrique du Nord. Quelque 13 millions d'hectares ont été traités avec des pesticides. En ce qui concerne les céréales, des pertes de 100 pour cent ont été rapportées dans certaines régions.

Même si le système d'alerte précoce et de lutte préventive est bien établi et reste efficace au jour le jour, il n'est pas parfait. Actuellement, trois obstacles fondamentaux ont un impact sur ce système : l'énorme étendue et l'éloignement des régions désertiques

Agriculteur au milieu d'un essaim de criquets pèlerins dans l'est de l'Éthiopie (avril 2014).



à explorer, l'insécurité politique croissante, l'inaccessibilité ainsi que les dangers dans ces régions, et enfin l'utilisation fiable des pesticides au cours des opérations de lutte.

### Images en haute résolution

L'utilisation de drones pourrait permettre de lever ces obstacles dans de nombreux pays affectés. Sur le terrain, on pourrait utiliser les drones pour collecter automatiquement des

## *La commande des drones d'étude et de lutte devra être simple et intuitive car les utilisateurs de terrain disposeront peut-être d'une expertise et de compétences informatiques limitées.*

images en haute résolution de zones de végétation potentiellement affectées. Commandé par une tablette portable robuste, le drone suivrait un plan de vol préprogrammé couvrant un rayon de 100 kilomètres.

Au terme du vol, les équipes chargées de l'étude pourraient exploiter les données collectées pour identifier les zones les plus susceptibles d'abriter des criquets, ce qui leur permettrait de se rendre directement sur place. Une fois que l'équipe atteint une zone suspecte, le drone pourrait la survoler et identifier d'autres zones proches et nécessitant un traitement. On pourrait ensuite utiliser un drone de lutte séparé pour répandre les pesticides directement sur les concentrations de criquets. Les drones pourraient encore être utilisés pour vérifier la présence de criquets dans des zones peu sûres ou inaccessibles par les équipes de terrain.

Cette solution présente bien des avantages comparée aux méthodes d'étude et de lutte employées actuellement dans les pays touchés par les invasions de criquets. Les études du terrain seraient plus efficaces puisque les équipes ne devraient plus parcourir le désert à l'aveugle en espérant tomber sur des zones de végétation suspects ou des invasions de criquets. Les drones permettraient au contraire d'identifier ces zones, ce qui donnerait la possibilité aux équipes d'étude



Évaluation de la menace des criquets pèlerins dans le nord du Soudan.

de s'y rendre directement.

Une fois sur place, le drone donnerait une confirmation précise de l'étendue et de la gravité de l'invasion du site. Les opérations de lutte seraient plus sûres et plus efficaces car des opérateurs humains ne seraient plus exposés à des pesticides potentiellement dangereux lors de l'élimination des insectes. Les opérations de lutte contre les parasites deviendraient aussi plus efficaces parce que les drones seraient capables de traiter précisément les invasions, avec la bonne dose de pesticides et la bonne méthode.

### Défis à relever

L'introduction des drones dans le système existant d'alerte précoce et de prévention présente bien des avantages, mais il reste des défis à relever. Il faut d'abord concevoir un drone suffisamment endurant pour couvrir au moins 100 kilomètres en un seul vol, tout en étant chargé de détecteurs optiques capables de différencier une végétation annuelle d'un sol nu. Le système du drone devra ensuite pouvoir traiter et produire les résultats sur le terrain. Étant donné les limitations relatives aux batteries et aux pièces détachées dans les pays en développement, le drone devra fonctionner à l'énergie solaire et être composé de pièces robustes mais simples, facilement disponibles sur les marchés locaux.

Le drone devra aussi pouvoir détecter avec exactitude et fiabilité des taches ou concentrations de criquets sur un site. Un drone de lutte devra pouvoir associer une charge de pesticide potentiellement lourde et une durée de vol relativement longue en vue de traiter le plus possible d'invasions de criquets sur la surface la plus étendue possible.

La commande des drones d'étude et de lutte devra être simple et intuitive car les utilisateurs de terrain

disposeront peut-être d'une expertise et de compétences informatiques limitées. Les gouvernements nationaux devront enfin élaborer des cadres juridiques permettant l'utilisation de drones pour des opérations de lutte contre les criquets.

L'ONUAA collabore actuellement avec des chercheurs universitaires et des partenaires du secteur privé en Europe pour répondre à des défis concernant la conception, l'endurance, la puissance, la détection de végétation et de criquets, et le traitement sur place des données en vue d'intégrer la technologie des drones dans les opérations nationales d'étude et de lutte. On s'attend à ce que les premiers essais sur le terrain débutent cette année en Mauritanie pour tester de nouvelles technologies potentielles, les perfectionner, et les adopter en vue d'une utilisation opérationnelle potentielle dans les pays touchés par les invasions de criquets.

L'ONUAA espère que d'ici cinq ans les drones joueront un rôle décisif dans la protection des denrées alimentaires et des moyens de subsistance contre le criquet pèlerin dans le cadre de la lutte contre la faim et la pauvreté mondiales. ◀

### À propos de l'auteur :

Keith Cressman (Keith.Cressman@fao.org) est le fonctionnaire principal en charge des prévisions acridiennes au sein du DLIS, ONUAA à Rome, en Italie. Il s'occupe du système global d'alerte précoce acridienne de l'ONUAA.

### Liens connexes :

Site Web L'observatoire acridien de l'ONUAA

→ <http://goo.gl/WFgkc7>

Nasa Earth Observatory – The Reach of the Desert Locust

→ <http://goo.gl/nkLmhd>

Système de télédétection par drone multitor au-dessus de champs agricoles en Tanzanie.



## L'efficacité renforcée des drones pour détecter les facteurs de stress affectant les cultures

Les drones constitueront un jour une méthode économique et efficace de contrôle des cultures de patate douce, lesquelles sont de plus en plus privilégiées par les petits exploitants agricoles.

### Les drones au service de l'agriculture

**E**n faisant voler un véhicule aérien sans pilote (plus connu sous le nom de drone) spécialement équipé, une équipe de chercheurs du Centre international de la pomme de terre (*International Potato Center*, CIP) a utilisé la technologie de la télédétection pour collecter des données sur des champs de patates douces à chair orange en Tanzanie. Cette étude a duré deux semaines, au printemps 2015. Roberto Quiroz, le chef du projet au CIP de Lima (Pérou), a expliqué la valeur ajoutée de cette technologie : « Les données collectées par les drones étaient d'excellente qualité. Elles ont permis de déterminer très précisément les différentes utilisations des terres, et d'estimer la surface des terres occupées pour chaque utilisation. »

L'étude réalisée en Afrique de l'Est était intégrée à un projet plus large concentré sur l'utilisation des drones pour la collecte d'informations détaillées sur les cultures grâce à l'imagerie aérienne de haute qualité, et basé sur les travaux précédents des chercheurs du CIP. Ces derniers prévoient d'élaborer un système de télédétection agricole conçu pour répondre aux besoins des petits

exploitants. Les données aériennes leur permettent de prendre des décisions éclairées concernant le moment adéquat pour planter des cultures et les meilleures variétés à cultiver (réduction des risques de famine imminente ou de mauvaise récolte).

### L'implication des scientifiques locaux

L'étude de terrain s'est déroulée dans la région du Mwanza, dans le nord de la Tanzanie, à l'endroit du pays où les agriculteurs produisent le plus de patates douces.

Les membres de l'équipe du CIP basés à Lima, en collaboration avec les experts de Nairobi, ont utilisé un drone Oktokoper à huit moteurs XL afin de collecter des données sur plusieurs exploitations agricoles pendant toute la durée du projet, avec l'accord de chaque agriculteur. L'équipe a collecté des données aériennes portant sur de nombreux champs de patates douces, mais également sur des champs de poivrons, manioc, sorgho, coton, riz et maïs.

Le premier jour sur le terrain, ils ont rencontré des scientifiques de l'Institut de développement et de recherche agricoles de la zone du lac (*Lake Zone*

*Agricultural Research and Development Institute*, LZARDI) à Ukiriguru. Le LZARDI, qui fait partie du Ministère tanzanien de l'agriculture et de la sécurité alimentaire, est un institut de promotion et de recherche agricoles qui s'intéresse à différentes cultures.

Adolfo Posadas, le chef de la mission du CIP de Nairobi, a expliqué aux scientifiques du LZARDI que le CIP élaborait une large gamme de produits libres d'accès dans le cadre du projet (logiciels de programmation de vols et de traitement d'images aériennes, notices de montage des drones et capteurs...). « Le principal objectif de ce projet sera de transférer l'ensemble de cette technologie afin que le prochain utilisateur puisse y accéder librement », a déclaré M. Posadas. Ce transfert permettra de réduire considérablement les coûts, même si l'acquisition d'un drone commercial demeurera nécessaire.

### Les drones en action

Par un heureux hasard, un champ du LZARDI situé à quelques mètres à peine de la salle de conférence s'est révélé être un excellent point de départ, avec quatorze variétés de patate douce à chair orange poussant

côte à côte dans différentes sections.

Une fois sur le terrain, les chercheurs du CIP ont initié le processus en plusieurs étapes de la collecte d'images par drone : ils ont utilisé un mètre ruban pour délimiter les sections rectangulaires du champ, ont enfoncé des marqueurs dans le sol à chaque coin du champ, et ont relevé les coordonnées GPS de chacun d'entre eux, créant ainsi des points de contrôle utilisés lors du traitement des images aériennes pour les rendre géographiquement exactes.

En parallèle, Luis Silva, un pilote de drone, a préparé l'appareil pour le vol. Une fois les vérifications terminées, M. Silva a lancé l'Oktokopter et l'a fait voler sans problèmes au-dessus du champ, tout en prenant régulièrement des photos. Lors du premier vol, les chercheurs ont utilisé un appareil photo standard mais, pour le second, ils ont équipé le drone d'un appareil photo multispectral qui capture et mesure la lumière dans le visible et le proche infrarouge.

Il est particulièrement important d'utiliser différents appareils photo car chaque variété végétale présente une différence minime mais mesurable à la longueur d'onde de la lumière qu'elle reflète lorsqu'elle est exposée aux rayons du soleil : chaque variété a sa propre signature. En mesurant cette signature spectrale, les utilisateurs peuvent distinguer depuis le ciel une culture de patate douce d'une culture de manioc ou d'une autre, et sont également en mesure d'en déterminer la variété.

### Les différentes signatures des variétés de patate douce

Les images multispectrales aériennes permettent de détecter si des plantes prospèrent ou sont touchées par la sécheresse, présentent des carences nutritionnelles ou sont attaquées par des insectes ou un virus, avant même que ce soit visibles à l'œil nu. La collecte de ces signatures spectrales représente une importante part du projet du CIP, dans l'objectif potentiel de constituer une bibliothèque spectrale contenant les signatures de chaque variété de patate douce.

À chaque vol, les drones ont photographié le champ à différentes altitudes. Il s'agissait de déterminer l'altitude la plus appropriée pour prendre des photos destinées à l'analyse agricole. À terme, les chercheurs espèrent que ces images aériennes seront superposées à des

images par satellite, afin de fournir des données plus détaillées sur la production agricole nationale que celles actuellement disponibles.

Everina Lukonge, une cultivatrice du LZARDI, a expliqué comment la télédétection basée sur les drones permettait d'améliorer les actuelles estimations approximatives des statisticiens. « En l'absence de statistiques, il est impossible de réaliser des estimations de la production. », a-t-elle déclaré. « Les données collectées par les drones permettent d'estimer la production alimentaire. Il devient alors possible de prévoir une pénurie pour la prochaine saison ou, à l'inverse, des récoltes abondantes qui nécessiteront de chercher un marché à cet effet. Les données peuvent ainsi améliorer la planification et l'allocation des ressources. »

### Améliorer la qualité des statistiques

Maintenant que les chercheurs du CIP ont démontré la capacité du système basé sur les drones à collecter des informations précises et de haute qualité dans la réalité, ils espèrent obtenir la permission du Kenya et de l'Ouganda pour faire voler leurs drones au-dessus d'autres exploitations agricoles. « Nous avons seulement besoin d'un permis permanent pour revenir et aider le bureau des statistiques local et les autres autorités à collecter les données dont ils ont besoin pour améliorer la qualité des statistiques agricoles. », a déclaré M.

Quiroz, chef du projet.

Les chercheurs du CIP espèrent aussi que leur projet de télédétection encouragera d'autres États africains à expérimenter eux-mêmes cette technologie. Ils ont réalisé une vidéo de leurs travaux dans le champ de Tanzanie, avec l'aide d'un étudiant diplômé de l'Université du Missouri-Colombia, aux États-Unis, et prévoient de sortir bientôt un film sur la télédétection et l'agriculture.

« Il était important de documenter le processus car il s'agit de nouvelles technologies que nous voulons partager avec d'autres investisseurs et utilisateurs potentiels en Afrique. », a expliqué Corinne Valdivia, professeure agrégée d'agriculture et d'économie appliquée à l'Université du Missouri-Colombia. M<sup>me</sup> Valdivia a participé au projet des drones en étudiant la façon dont les nouvelles technologies ont été intégrées à la boîte à outils des principaux décideurs politiques. « Elles serviront d'outils de recherche des voies vers la reproduction et l'adaptation des technologies propres à leur pays. » ◀

### À propos de l'auteur :

William Allen (allenwi@missouri.edu) est professeur adjoint de journalisme scientifique au Collège d'agriculture, d'alimentation et de ressources naturelles de l'Université du Missouri-Colombia et à l'École de journalisme du Missouri.

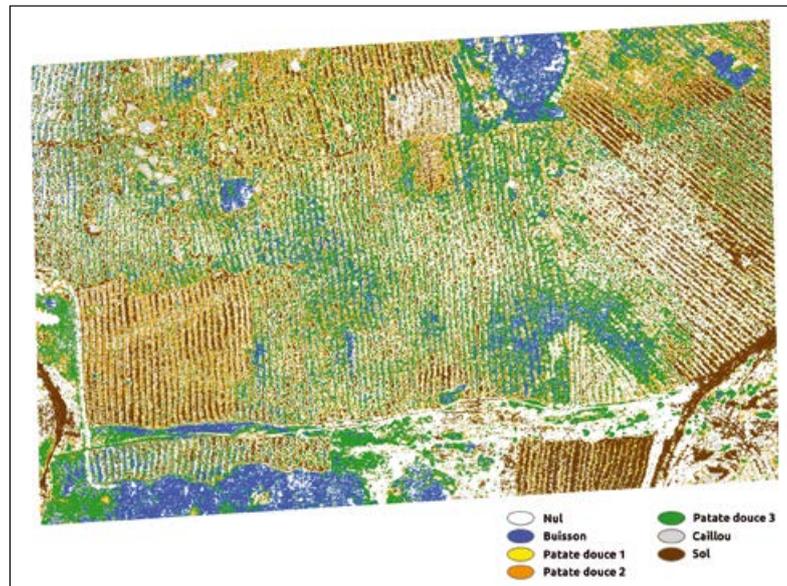


Image d'un champ de patates douces capturée par un système de télédétection par drone et montrant l'occupation du sol et les différentes variétés de cultures.

# Assurer plus efficacement les exploitants agricoles indiens

Le paiement de l'assurance-récolte pourrait être accéléré grâce à la technologie des drones en vue de prévenir les difficultés financières, et permettre à davantage de petits exploitants agricoles de s'assurer.

Récoltes de blé endommagées par des précipitations et des tempêtes de grêle inhabituelles dans l'État de Rajasthan, en Inde (2015).



## Les drones au service de l'agriculture

Chaque année, des milliers d'exploitants agricoles indiens se suicident. Ceci s'explique par des conditions météorologiques difficiles, mais aussi parce que leur assurance-récolte, principale protection contre les aléas climatiques, leur a fait faux bond.

Moins de 23 pour cent des exploitants indiens sont couverts par une assurance-récolte. Et même ceux qui sont assurés connaissent des difficultés financières générées par des retards de paiement, lesquels sont souvent liés à la lenteur du processus d'évaluation des dommages. Il faut donc beaucoup de temps avant que les assureurs reçoivent des données actualisées et exactes.

Les exploitants indiens doivent recevoir plus rapidement les remboursements au titre des assurances. Le gouvernement central indien a donc lancé un projet pilote d'assurance-récolte axé sur la technologie et nommé « Kisan ». Il fait partie du nouveau régime d'assurance-récolte gouvernemental, Pradhan Mantri Fasal Bima Yojna, que l'on pourrait traduire par « régime d'assurance-récolte du Premier Ministre ».

### Système d'assurance-récolte

Le projet pilote Kisan associe des données agricoles collectées par des drones, appelés dans le monde anglophone « véhicules aériens sans pilote (UAV) », des images satellite haute définition, et des données collectées de manière participative à

partir des smartphones des exploitants. Ces données peuvent ensuite être combinées avec des méthodes d'évaluation traditionnelles, permettant aux fonctionnaires d'accélérer l'évaluation des dommages touchant les récoltes et d'estimer les rendements avec plus de précision.

Même si l'utilisation des drones par Kisan est à un stade expérimental, les données collectées par les appareils peuvent être utilisées par les analystes agricoles gouvernementaux, les exploitants agricoles et les compagnies d'assurance, en vue d'améliorer le système d'assurance-récolte sous différents aspects. L'imagerie aérienne permet d'identifier les terres cultivées et celles qui ne le sont pas, et d'évaluer l'ampleur des dommages causés par des catastrophes naturelles. Les analystes experts peuvent aussi utiliser les données collectées par les drones sur la topographie et l'altitude afin d'assurer un suivi de l'érosion des sols et concevoir plus efficacement des systèmes de drainage et d'irrigation.

Les analystes agricoles pourraient employer les données de l'indice de végétation par différence normalisée (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) collectées pour mener des enquêtes plus rapides et plus précises quant à la santé des cultures, pour un traitement plus rapide des sinistres. Ils peuvent utiliser les mêmes données pour développer des modèles statistiques de gestion des risques, sur la base des rendements historiques, des nuisibles et des données météorologiques. Les données des drones pourraient également être utiles pour la détection et la prédiction précoce des infestations parasitaires, des données que les compagnies d'assurance pourraient partager avec les exploitants agricoles. Enfin, les données pourraient permettre de détecter les fraudeurs à l'assurance, empêchant ainsi les fraudeurs d'assurer la même parcelle plusieurs fois ou de réclamer des dommages inexistantes.

### Interdiction des drones

Les drones ne fonctionneront pas seuls. À l'avenir, les assureurs agricoles recourront certainement à des combinaisons différentes de données provenant de satellites et de drones, éventuellement associées à des méthodes d'analyse traditionnelles afin de générer une image réellement complète des terres agricoles indiennes. Avec ces nouvelles méthodes, les assureurs pourraient proposer un produit de meilleure qualité et plus économique, accessible à davantage d'exploitants agricoles.

Bien que la technologie des drones semble très prometteuse pour les assureurs agricoles indiens, il existe de nombreux défis réglementaires et logistiques à relever. Depuis octobre 2014, les drones sont interdits aux citoyens en Inde. Cette interdiction restera certainement d'actualité tant que la Direction générale de l'Aviation civile (DGCA) indienne n'élaborera pas un système de réglementation des drones commerciaux.

L'immense secteur agricole indien présente un autre obstacle à l'adoption généralisée de l'imagerie par les drones pour l'assurance-récolte. Même s'ils permettent d'accélérer la collecte de données et de la rendre plus économique, de nouveaux modèles commerciaux seront nécessaires pour que l'assurance-récolte soit efficace à une échelle aussi importante.

Il ne sera par conséquent pas toujours facile d'introduire l'imagerie par les drones dans le système d'assurance-récolte indien. ◀

### À propos de l'auteur :

Ruchit G Garg (Ruchit@harvesting.co) est le fondateur et le directeur général de Harvesting (<http://www.harvesting.co>), une entreprise dont le siège se trouve dans la Silicon Valley, aux États-Unis.

# « Il sera aussi simple d'utiliser la télédétection par les drones qu'un téléphone portable »

## Comment la technologie des drones profite-t-elle à l'agriculture ?

Obtenir des statistiques agricoles fiables est l'une des difficultés majeures que rencontre l'agriculture aujourd'hui. La télédétection peut permettre de différencier les cultures et d'estimer les surfaces cultivées. La nouvelle génération de satellites que l'Agence spatiale européenne prévoit de lancer en 2022 permettra d'obtenir des images à un coût abordable pour des applications dans le domaine de l'agriculture. Le problème des nuages restera donc probablement le principal facteur limitant, en particulier lors de conditions climatiques pluvieuses. Des plateformes de télédétection capables d'enregistrer des images au-dessus des terrains agricoles et au-dessous des nuages sont indispensables. Grâce à la résolution spatiale que peut atteindre la télédétection basée sur l'utilisation de drones, appelés dans le monde anglophone « véhicules aériens sans pilote (UAV) », la différenciation des cultures est possible, même avec des appareils photographiques utilisant le système RVB (rouge, vert, bleu). Avec une résolution spatiale inférieure à 10 centimètres, le traitement des images en vue de faciliter les prises de décision pour une agriculture de précision est tout à fait possible. Les systèmes d'alerte précoce et ceux de prévision des rendements agricoles ne relèvent désormais plus de la science-fiction.

## Mais comment les petits exploitants pourraient-ils en bénéficier ?

Les petits exploitants agricoles ne seront probablement pas des utilisateurs directs de cette technologie dans l'immédiat, mais dans moins de dix ans environ, les exploitants seront tellement habitués à utiliser les technologies de l'information et de la communication qu'il sera aussi simple d'utiliser la télédétection par les drones qu'un téléphone portable aujourd'hui. D'ici là, nous devons moderniser les outils des organismes

gouvernementaux, des ONG spécialisées dans le domaine de l'agriculture et des associations d'exploitants agricoles. Par ailleurs, les jeunes professionnels dans les domaines de la physique, de l'électronique et de l'agriculture pourraient devenir des entrepreneurs et fournir les services dont les zones rurales ont besoin.

## Que pensez-vous de la production ou de l'assemblage de drones en Afrique, par exemple ?

Tout d'abord, les plateformes de télédétection basées sur l'utilisation de drones comprennent au moins trois éléments principaux : le véhicule (le drone lui-même), le capteur, et le bâti d'interface qui assure la communication avec la radiocommande et le système de télémétrie de l'unité de commande. L'attention est généralement concentrée sur le drone mais, pour un agronome, il s'agit probablement de l'élément le moins important de la plateforme. Cela s'explique en partie par le fait que la Chine, les États-Unis et l'Europe peuvent fournir cet élément à des tarifs très compétitifs. Le problème intervient dans les pays en développement où des intermédiaires vendent ces drones, ou des drones à bas prix, à des tarifs très élevés. Néanmoins, les drones peuvent être construits au niveau local. Nos partenaires à l'Université de Nairobi ont construit un tétracoptère en utilisant la technologie ArduPilot et ont obtenu de bons résultats. L'élément le plus important est le capteur. La plupart des utilisateurs achètent des solutions intégrées. C'est un bon point de départ mais, d'après notre expérience, ce n'est pas toujours la solution la plus pratique. Ces produits sont par définition des « boîtes noires », et les utilisateurs sont par conséquent limités à ce que le distributeur considère comme la « meilleure » solution pour des applications agricoles. Lorsque vous construisez vos propres capteurs, vous avez un contrôle total sur le produit, et un plein accès aux données brutes. Vous pouvez améliorer le rapport signal-bruit et ainsi obtenir de meilleures images.



Roberto A. Quiroz (r.quiroz@cgiar.org) est biophysicien au Centre international de la pomme de terre (CIP), basé à Lima au Pérou. Il y dirige une équipe pluridisciplinaire qui travaille sur des méthodes et outils permettant d'évaluer l'impact de la variabilité et du changement climatiques sur l'agriculture ainsi que l'incidence des pratiques agricoles sur l'environnement.

L'interface est particulièrement importante puisque vous voulez pouvoir utiliser le système de télémétrie du drone pour le traitement des images. Il est nécessaire de s'équiper de quelques outils indispensables : un logiciel libre pour la production de mosaïques, et certaines applications de traitement préliminaire permettant de générer les données nécessaires aux analyses agricoles.

## Comment les gouvernements pourraient-ils contribuer à faciliter l'adoption de cette technologie ?

Ils doivent tout d'abord élaborer des politiques à la fois favorables aux utilisateurs et tournées vers l'avenir. Au Pérou par exemple, un projet de loi prévoit de limiter l'altitude des vols à 150 mètres, mais les vols de drones à voilure fixe limités à cette altitude ne sont d'aucune utilité pour les applications agricoles. Ils doivent ensuite favoriser le renforcement des capacités dans les pays en développement. Ils doivent enfin moderniser les bureaux de statistiques en s'appuyant sur les technologies UAV. ◀

# La difficulté de comparer les images de récoltes dans l'espace et le temps

Les images recueillies par les drones peuvent aider les experts du domaine agricole à identifier les raisons de la faible productivité des cultures. Toutefois, cette technologie doit être utilisée afin de déterminer les différentes variétés de cultures à partir d'images multispectrales. Il faut de plus résoudre les problèmes liés à l'étalonnage des images.

Image procheinfrarouge (NIR) de petites exploitations agricoles en Guinée. La couleur bleue représente les zones de sol nu ou recouvert de débris.



## Les drones au service de l'agriculture

L'Université de Lund (Suède) et l'Université suédoise des sciences agricoles ont lancé plusieurs projets de recherche au Kenya et au Ghana sur l'usage des drones, appelés dans le monde anglophone « véhicules aériens sans pilote (UAV) », dans la surveillance agricole. Ont été reliées une approche associant des observations effectuées par des drones, des enquêtes biophysiques, et la technologie classique par spectromètre infrarouge (données collectées entre 2002 et 2014).

De nombreuses méthodes existent pour estimer les rendements des cultures. Les chercheurs comparent généralement un indice de végétation, calculé à partir de données de télédétection, à des mesures de rendement effectuées sur le terrain. Ils estiment ainsi les rendements obtenus dans la totalité du domaine de l'étude. Les indices de végétation mesurent la vigueur et la santé de la plante. Ils se basent sur le fait que la végétation absorbe la lumière visible en grande quantité mais reflète la lumière proche infrarouge. S'il existe un grand nombre d'indices

de végétation différents, le plus courant est l'indice de végétation par différence normalisée (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI), utilisé dans les projets menés au Kenya et au Ghana.

### Des pratiques agricoles différentes

L'utilisation de drones comme outil de télédétection constitue une étape clé de ce projet de recherche. Les chercheurs ont décidé que la faible résolution spatiale de la télédétection traditionnelle et des données du NDVI ne convenait pas aux domaines de recherche au Kenya et au Ghana, particulièrement pour les paysages et systèmes agricoles sophistiqués de l'Afrique subsaharienne qui figurent parmi les plus complexes du monde.

En réalité, la plupart des technologies par satellite et NVDI sont développées pour l'agriculture mécanisée conventionnelle, à savoir pour les vastes champs rectangulaires et monocultures qui sont la norme dans les pays industrialisés. Les pratiques agricoles sont sensiblement différentes en Afrique subsaharienne :

de nombreux agriculteurs cultivent plusieurs plantes de cycles similaires, les cultures intercalaires sont largement répandues, et la plupart des parcelles d'Afrique subsaharienne sont nettement plus petites que celles des pays industrialisés.

Ces pratiques agricoles différentes encouragent l'utilisation de plateformes satellitaires d'une résolution plus élevée. Mais elles capturent rarement des images des régions au sud du Sahara. Lorsqu'il existe des données de haute résolution, les satellites passent si rarement au-dessus de ces régions que les mesures contrôlées de séries chronologiques sont impossibles. Par ailleurs, en raison de la proximité entre les régions de l'étude et l'équateur, les images sont souvent masquées par des nuages, ce qui les rend inutilisables. Les images satellites parviennent par conséquent difficilement à résoudre les problèmes spécifiques des systèmes agricoles complexes d'Afrique subsaharienne.

### Des images en haute résolution spatiale

Afin de remédier à ce manque de données de télédétection, il a été décidé

d'utiliser des drones pour collecter des données aériennes de haute qualité. Des quadrirotors autonomes ont par conséquent été équipés de caméras amateurs pouvant produire des images haute définition en proche infrarouge et RVB (rouge, vert, bleu) des régions agricoles mal couvertes.

Les images aériennes produites par les caméras de ces quadrirotors ont une résolution spatiale de trois et quatre centimètres, ce qui est largement supérieur à la résolution spatiale de la plupart des plateformes satellites.

Les drones sont à même de produire ces images à haute résolution spatiale car ils volent à une altitude de 100 mètres. Puisque les caméras des

### *La qualité des images capturées par drone dépend cependant fortement des conditions environnementales et des paramètres de la caméra.*

drones collectent aussi bien des images en proche infrarouge que des images prises en lumière visible, elles peuvent servir à définir les indices de végétation mentionnés ci-dessus, pouvant à leur tour être utilisés pour des analyses plus détaillées.

#### **Valeurs de réflectance**

Pour élaborer des cartes fidèles du rendement des récoltes, il est nécessaire de réaliser au moins deux ou trois observations au cours de la période de croissance. La qualité des images capturées par drone dépend cependant fortement des conditions environnementales au moment du vol et des paramètres de la caméra. Puisqu'il est difficile de standardiser l'environnement et les paramètres au moment de chaque vol, une méthode d'étalonnage visant à standardiser les images après la production a été créée.

Cette méthode consiste à convertir les valeurs numériques des pixels de la caméra en « valeurs de réflectance ». Elles sont liées à l'objet lui-même (comme un type de culture spécifique), et non au modèle de caméra utilisé pour le vol. En utilisant cette méthode de conversion, les chercheurs sont non seulement capables d'effectuer des comparaisons entre différentes missions, mais également de comparer,

le cas échéant, des données recueillies par drone avec d'autres formes de données de télédétection. De plus, ces valeurs de réflectance peuvent servir de base à la classification d'images et la détection des changements, ce qui permet de relever les différences d'état des caractéristiques des terres en les observant au fil du temps.

Actuellement, l'objectif de ce projet de recherche est double. Le premier objectif est lié à la classification des images, à savoir le processus d'identification de ce que les experts agricoles recherchent dans une image télédéteectée. Les chercheurs participant à ce projet espèrent classer les différents types de cultures dans l'imagerie aérienne et les distinguer de ce qui n'appartient pas à la végétation ainsi que des autres végétaux environnants. Le second objectif est de mettre au point une méthode d'étalonnage pour retirer des valeurs de réflectance précises de ces images de télédétection.

#### **Estimation automatique du rendement des récoltes**

Ces tests de classification et d'étalonnage vont servir de point de départ pour élaborer une méthodologie d'estimation automatique ou semi-automatique des rendements des plants de maïs. Le projet est d'utiliser cette méthodologie tout au long de l'étude, avec au moins trois ou quatre vols par champ. La méthodologie établie pour la classification du maïs pourrait ensuite être utilisée pour les autres cultures.

Jusqu'à présent, le premier défi a été de traiter les systèmes d'identification des plants de maïs de façon automatique ou semi-automatique. Ce processus implique de séparer le maïs de la végétation ressemblante environnante tels que les haricots cultivés de manière intercalaire, les mauvaises herbes, et les petits buissons (voir la Figure 1). Les premiers résultats indiquent que ce processus de classification des plants de maïs est non seulement possible mais qu'il peut s'effectuer à un degré de précision relativement élevé. Sur la base de ces résultats, l'équipe de recherche pense que la technologie des drones pourrait être très prometteuse dans des régions actuellement mal couvertes par les données d'images de télédétection haute résolution.

Des caméras amateurs bon marché ont été utilisées dans ce projet mais les chercheurs essaient toujours d'effectuer des mesures fiables et

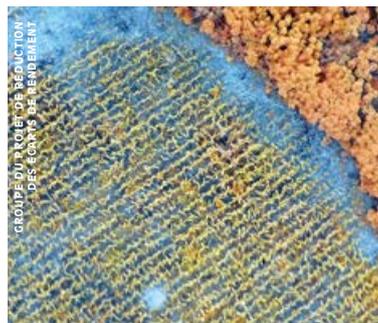


Image procheinfrarouge d'un champ de maïs en Guinée.

pertinentes en utilisant des indices de végétation et des techniques d'étalonnage connus dont l'utilisation est souvent onéreuse. L'objectif est de réduire le coût lié à ces mesures pour accroître la base de données locales et d'augmenter de fait le nombre d'agriculteurs inclus dans les analyses. Chaque agriculteur a reçu des copies des cartes NDVI et des rendements ainsi que les images filmées par le drone. Ils peuvent les utiliser pour analyser leurs champs et leurs cultures et améliorer leurs pratiques agricoles.

Il est enfin possible de créer des cartes de rendements des cultures en séries chronologiques et de les utiliser en parallèle des données d'enquête liées aux conditions socioéconomiques, aux pratiques de gestion et aux données biophysiques de terrain. En associant et comparant ces différents types de données, on pourrait alors comprendre plus en détail les raisons pour lesquelles il existe des écarts de rendements en Afrique subsaharienne. Et ce nouveau bagage d'informations permettrait d'élaborer des stratégies visant à améliorer la productivité agricole dans cette région. ◀

#### **À propos des auteurs :**

Ola Hall (ola.hall@keg.lu.se) est maître de conférences à l'Université de Lund en Suède. Maria Francisca Archila Bustos (maria.archila@keg.lu.se) est assistante de recherche à l'Université de Lund.

#### **Liens connexes :**

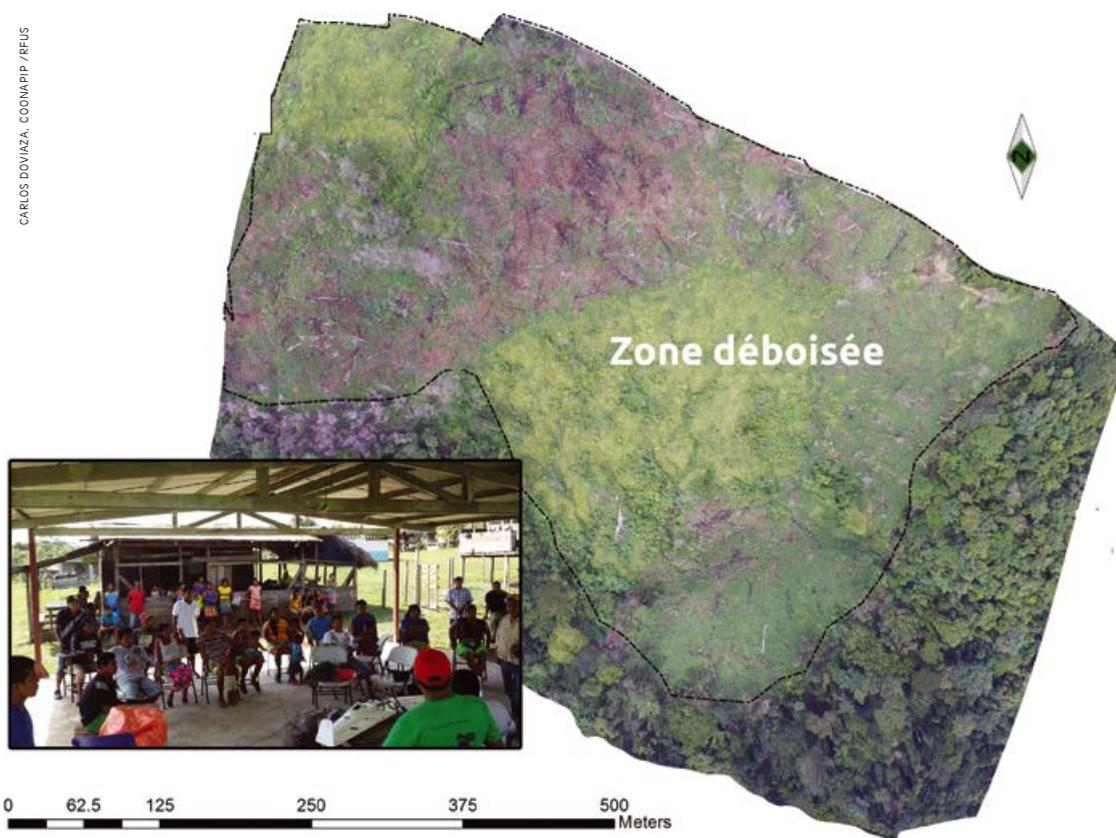
Yieldgap : site internet du projet de recherche  
→ <http://yieldgap.keg.lu.se/>  
Données sur l'Afrique subsaharienne extraites du Global Yield Gap Atlas  
→ <http://www.yieldgap.org/sub-saharan-africa>

# L'occupation illégale des sols vue du ciel

Les drones ont le potentiel d'autonomiser les communautés indigènes afin qu'elles deviennent des partenaires à part entière dans les efforts pour protéger leurs territoires et leurs ressources naturelles.

Zone de déforestation illégale sur le territoire du Congrès général du peuple Wounaan photographiée par un drone (Panama, novembre 2015)

CARLOS DOVIAZA, COONAPIP /REUS



Les drones au service de l'agriculture

**P**artout en Amérique, les menaces auxquelles sont confrontés les territoires des communautés forestières autochtones se multiplient, à mesure que la demande globale de ressources foncières et forestières progresse. Les bûcherons ainsi que d'autres envahisseurs non autochtones pénètrent illégalement les territoires indigènes pour abattre de précieux arbres ou brûler et défricher de vastes étendues boisées. Les nouvelles technologies telles que les drones, appelés dans le monde anglophone « véhicules aériens sans pilote (UAV) », offrent l'opportunité sans précédent de rendre les communautés autonomes en

termes de défense de leurs territoires et ressources naturelles. Cette technologie leur permet de surveiller leurs terres en temps réel, d'enregistrer une preuve visuelle de toute intrusion, et de déposer plainte en se basant sur cette preuve.

Certaines communautés autochtones du Panama utilisent déjà les drones pour protéger la forêt tropicale. Un peu moins de 70 pour cent de la forêt tropicale encore intacte est gérée par des peuples autochtones. Les communautés indigènes considèrent la forêt comme une composante de leur culture et de leur patrimoine ; elles respectent et comprennent sa valeur et la protègent pour les générations

futures. En général, les nouveaux venus voient plutôt la forêt tropicale comme une ressource à exploiter à court terme, notamment en abattant de vieux peuplements de bois tropical et en défrichant des zones boisées pour l'élevage extensif de bétail.

Les communautés indigènes du Panama ont commencé à utiliser des drones en 2015, grâce au soutien de la Rainforest Foundation US et de la petite entreprise Tushevs Aerials qui conçoit et construit des drones et traite les données obtenues pour créer des cartes ou des modèles numériques 3D. Depuis le début du projet, les drones ont pu documenter avec

succès l'occupation illégale des sols ainsi que les activités d'abattage illicites par des groupes non autochtones.

### Des envahisseurs armés

La forte déforestation de la région panaméenne de Darien illustre parfaitement cette dynamique. Des oasis de forêt tropicale ont pu résister à la pression extérieure des envahisseurs grâce aux communautés autochtones qui les peuplent et les protègent. En utilisant un drone personnalisé à voilure fixe, les peuples Emberá (proches de la communauté de Puerto Indio) ont pu observer et étudier plus de 200 hectares de forêt convertie et occupée illégalement par de grands éleveurs de bovins.

Les zones boisées occupées et converties se trouvaient à plusieurs kilomètres des habitations de la communauté autochtone. En raison des tensions avec les envahisseurs, souvent armés et violents, ses membres n'avaient pas pu accéder à ce territoire occupé et documenter les activités d'élevage illicites. Grâce aux drones, ils ont rapidement collecté des données, en toute sécurité. Celles-ci ont constitué la preuve d'une intrusion sur leurs territoires.

Tino Quintana, le *cacique* ou chef traditionnel du territoire ancestral de 440 000 hectares, s'est occupé de présenter les résultats de l'étude du drone aux membres de plusieurs autres communautés Emberá. Ces communautés collaborent désormais en utilisant les photos aériennes pour déposer des plaintes officielles auprès des autorités régionales. Le gouvernement a promis d'évacuer les occupants, et les communautés Emberá prévoient de reboiser la région.

### Apporter des preuves

Les gouvernements sont souvent confrontés à des pénuries de ressources, et il leur est impossible de répondre à toutes les demandes d'intervention. La documentation explicite des drones sur le plan spatial concernant l'abattage illégal et l'occupation illicite des sols aide les agences gouvernementales à hiérarchiser leurs efforts car elle garantit qu'une inspection d'une semaine sur le terrain générera suffisamment de preuves pour justifier une intervention gouvernementale.

Cette expérience a suscité un intérêt accru pour la technologie des drones parmi les communautés autochtones du Panama oriental et poussé d'autres chefs

à demander le soutien des drones.

Diogracio Puchicama, un chef autochtone Wounaan menacé depuis de nombreuses années par les bûcherons et les occupants illégaux en raison de ses efforts pour protéger 20 000 hectares de forêt tropicale sur le littoral Pacifique, a soumis les preuves apportées par les drones aux autorités environnementales. Impressionné par le géoréférencement précis des photos qui documentaient la destruction de la forêt, le Ministère de l'environnement a promis de renforcer sa présence dans la région et de faire respecter la loi.

Fin janvier 2016, Diogracio Puchicama rapportait que les autorités avaient effectué des patrouilles constantes dans le district of Platanares, et que la plupart des envahisseurs avaient été expulsés, du moins temporairement. « Cela fait plus de cinq ans que je dénonce les bûcherons illégaux à Platanares et les autorités n'ont jamais rien fait, elles n'ont pas bougé le petit doigt », a déclaré Diogracio Puchicama. « Maintenant qu'elles ont compris que nous avons le drone, elles font leur travail et elles appliquent la loi. C'est un bon signe. »

### Protection des droits indigènes

Les communautés Emberá et Wounaan prévoient de faire voler des drones dans au moins six autres communautés autochtones du Panama, en collaboration avec la Rainforest Foundation US et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (ONUAA). Elles utiliseront les photos pour sensibiliser les communautés locales quant à la poursuite de la destruction illégale et non surveillée de la forêt sur leurs territoires traditionnels et, si nécessaire, pour documenter et dénoncer cette destruction auprès des autorités. Elles feront également appel aux photographies aériennes pour faire comprendre l'importance des forêts aux Panaméens et illustrer le rôle essentiel des peuples autochtones dans leur conservation.

L'expérience du Panama montre que les drones ont le pouvoir de faire pencher la balance en faveur des communautés indigènes, lesquelles jouent un rôle actif dans la protection de leurs terres et deviennent des partenaires à part entière, et non plus de simples bénéficiaires, pour les agences gouvernementales et les organisations de la société civile impliquées dans la conservation et la protection des droits.

## Grâce aux drones, les communautés Emberá ont rapidement collecté des données, en toute sécurité.

Les communautés des peuples autochtones, les organisations et leurs partenaires de la société civile dans la région et au-delà se montrent désormais très intéressés par le recours aux drones en vue de conserver et de protéger les droits des autochtones et leurs territoires. Des discussions sont actuellement en cours avec l'Alliance méso-américaine des Peuples et des Forêts en ce qui concerne l'utilisation de drones en Amérique centrale et avec un réseau de peuples autochtones en Bolivie. Des communautés autochtones de Guyane et d'Indonésie font déjà appel aux drones pour cartographier leurs terres. En Afrique également, la communauté Shompole Maasai du Kenya et un forestier de la République démocratique du Congo envisagent d'utiliser cette technologie. Tout cela montre que le monde entier s'intéresse de plus en plus à l'utilisation des drones pour surveiller l'occupation illégale des sols des territoires indigènes. ◀

### À propos des auteurs :

Nina Kantcheva Tushev (nina.kant@gmail.com) est la cofondatrice de Tushevs Aerials et conseillère aux droits des peuples indigènes à la PNUD. Tom Bewick (tombewick@rffny.org) est directeur de programme à la Rainforest Foundation US. Cameron Ellis (jamescameronellis@gmail.com) est directeur de Groundtruth Geographics.

### Liens connexes :

Vidéo sur la cartographie des occupations des sols dans la Emberá-Wounaan Comarca grâce à l'utilisation de drones

→ <https://goo.gl/EaPwii>

Vidéo présentant un modèle 3D de la région autochtone étudiée par des drones au Panama

→ <https://goo.gl/IWTo2G>

Article et vidéo sur une formation à l'utilisation de drones par des communautés autochtones du Pérou

→ <https://goo.gl/jhoMFJ>

# Favoriser la transformation de l'agriculture à petite échelle grâce à la télédétection

Le projet de recherche STARS vise à identifier les moyens d'utiliser les technologies de télédétection pour améliorer durablement les pratiques agricoles des petits exploitants en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud, avec l'objectif d'améliorer de manière significative leurs moyens de subsistance.

«**S**TARS » est l'acronyme de « Spurring a Transformation for Agriculture through Remote Sensing » (Favoriser la transformation de l'agriculture par la télédétection). C'est un projet international mené par l'Université de Twente, aux Pays-Bas. Il cherche à déterminer la façon d'utiliser les images satellitaires à très haute résolution spatiale, ainsi que les images prises par des véhicules aériens sans pilote (UAV) ou drones, pour surveiller et cartographier les petites exploitations agricoles.

Les instigateurs du projet ont choisi d'utiliser des drones équipés d'appareils photographiques qui permettent une résolution spatiale de l'ordre du centimètre et peuvent voler à basse altitude. La technologie des drones donne la possibilité d'établir des séries temporelles d'images denses permettant de surveiller étroitement les modifications des cultures au fil du temps. Les caméras embarquées offrent également la possibilité de collecter des images spectralement compatibles avec celles fournies par les satellites d'observation de la Terre.

Le projet STARS cible trois régions : l'Afrique de l'Ouest (Mali et Nigeria), l'Afrique de l'Est (Tanzanie et Ouganda), et le Bangladesh, en Asie du Sud.

## Établir un cadastre foncier en Afrique de l'Ouest

L'équipe responsable du projet en Afrique de l'Ouest est dirigée par l'Institut international de recherches sur les cultures des Tropiques semi-arides (ICRISAT, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics). Leurs deux drones procurent aussi bien des images en couleur réelle (valeurs RVB) qu'une imagerie proche infrarouge, ceci aidant les petits producteurs



d'Afrique de l'Ouest à sécuriser leurs droits d'utilisation du sol.

Parallèlement à la collecte d'images par les drones, différentes unités de gestion agricoles ont été mesurées et cartographiées. Ces données géographiques ont ensuite été combinées avec les informations recueillies au cours d'entretiens menés avec des agriculteurs, dans le but d'établir un cadastre foncier.

De plus, l'utilisation de techniques photogrammétriques a permis à l'équipe STARS d'élaborer des modèles altimétriques numériques précis des zones photographiées, des modèles utilisés pour aider à mieux gérer les terres et définir la hauteur des cultures, un critère fort précieux pour étudier l'état des cultures.

L'équipe d'Afrique de l'Ouest dispose également d'un octocoptère capable de transporter un appareil photo RVB et une caméra multispectrale. Cet hélicoptère à huit rotors est utilisé de manière plus expérimentale pour tenter de déterminer s'il est possible d'identifier les variétés de cultures

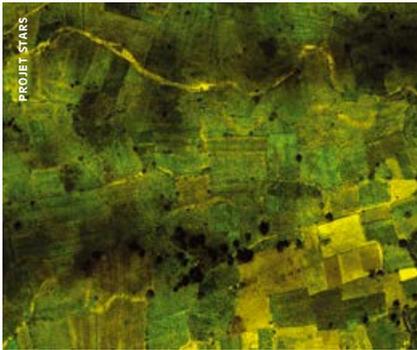
à partir d'images multispectrales, ou encore de produire des mesures précises de la santé des cultures à partir des images fournies par les drones.

## Promouvoir l'élaboration de politiques en matière de sécurité alimentaire

Sous l'égide de l'Université américaine du Maryland, l'équipe du projet en Afrique de l'Est soutient la collecte de statistiques agricoles nationales et l'élaboration de politiques en matière de sécurité alimentaire en Tanzanie.

Après avoir accompli les vols de drones nécessaires, l'équipe a extrapolé les résultats obtenus à l'échelon national en y intégrant les données satellitaires, ainsi que les données recueillies auprès de la population. La carte des terres agricoles alors obtenue a été transmise aux fonctionnaires du Ministère de l'agriculture tanzanien. Si elles sont élaborées en temps opportun, de telles cartes peuvent aider les experts agricoles à prévoir de manière plus précise les rendements au niveau national, et à prendre des décisions éclairées quant à

Les drones au service de l'agriculture



Représentation en couleurs réelles (image de gauche) et visualisation du modèle en 3D correspondant (image de droite) d'images capturées par un drone survolant des terres arables (zone de Mbuyuni en Tanzanie, juin 2015).

l'état de la sécurité alimentaire.

Tout comme l'équipe d'Afrique de l'Ouest, l'équipe d'Afrique de l'Est utilise un octocoptère.

### Optimiser le calendrier d'irrigation au Bangladesh

Dirigée par le Centre international de l'amélioration du maïs et du blé (CIMMYT), l'équipe bangladaise utilise deux octocoptères. L'un d'eux est équipé du même modèle d'appareil photo RVB et multispectral utilisé par les équipes africaines. En revanche, les bandes spectrales choisies par l'équipe bangladaise sont légèrement différentes, de manière à permettre une caractérisation plus précise de l'activité photosynthétique des cultures et cartographier la manière dont la fraction de la couverture végétale évolue au fil du temps. Ce type d'information est essentiel si l'on veut optimiser le calendrier d'irrigation.

Le second octocoptère est équipé d'une caméra thermique, utilisée pour évaluer la température de la canopée, élément indispensable pour élaborer une stratégie d'irrigation améliorée. Bien que la République du Bangladesh soit riche en ressources hydriques, les fermiers céréaliers sont obligés de pomper l'eau de surface pour cultiver leurs terres pendant la saison sèche hivernale. Le projet STARS espère aider les agriculteurs bangladais à produire une seconde culture annuelle afin d'améliorer leur sécurité financière et alimentaire. Les technologies de télédétection aident les exploitants à optimiser l'utilisation des pompes à eau et fournissent des informations précieuses pour améliorer leurs terres de manière écologiquement viable.

### Défis

Avant même de pouvoir se livrer à des analyses agricoles, l'équipe du projet STARS s'est trouvée confrontée

à divers défis qu'elle a dû relever : l'obligation de demander une autorisation de voler auprès des autorités concernées, et l'entraînement intensif de plusieurs membres de l'équipe locale pour assurer des vols de drones sécurisés et en temps opportun. Les membres de l'équipe ont également informé la population locale de leurs futures activités et impliqué les exploitants agricoles dans le processus de collecte de données.

Le survol de chacun des champs à deux reprises, chaque mois, a également représenté un réel défi. Bien que toutes les équipes régionales aient effectué un travail remarquable, quelques accidents sont à déplorer. Certains appareils photo et batteries ont par exemple souffert de la chaleur et n'ont pas fonctionné correctement.

Un autre objectif à atteindre était de trouver la manière de faire parvenir aux bureaux centraux des équipes régionales les données collectées sur le terrain. Le défi était de taille compte tenu de la puissance informatique élevée et des logiciels spécialisés nécessaires pour traiter les nombreux giga-octets d'information collectés au cours d'une campagne de vol de drone typique.

Des données de terrain sont nécessaires pour calibrer le recouvrement des terres cultivées et classer les images aériennes collectées par les drones. C'est la raison pour laquelle leur utilisation par l'équipe du projet STARS a été associée à des campagnes intensives sur le terrain durant lesquelles les chercheurs ont recueilli, grâce à des smartphones, un large éventail d'informations et de mesures spécifiques aux cultures. Les équipes ont également collecté des données de points de contrôle : des coordonnées géographiques mesurées avec précision, nécessaires pour géoréférencer correctement l'imagerie fournie par les drones. Mise en

correspondance avec d'autres données spatiales, elle peut être combinée avec d'autres ensembles de données dans un logiciel de système d'information géographique (SIG) et de télédétection.

Enfin, le calibrage des images fournies par les drones, nécessaire pour garantir une qualité d'image optimale afin de pouvoir réaliser des analyses multi-temporelles et multi-échelles, a constitué une difficulté supplémentaire. Cependant, le calibrage des images reste problématique et les équipes du projet STARS tentent encore de trouver la manière la plus efficace de procéder.

Malgré tous ces défis, le projet STARS progresse résolument vers la réalisation de son objectif premier, à savoir identifier les moyens d'utiliser les technologies de télédétection pour mieux comprendre les systèmes agricoles complexes au sein desquels les petits agriculteurs exploitent leur ferme. À cet égard, le projet STARS constitue le premier jalon sur la voie d'une production agricole plus durable dans les économies émergentes. ◀

### À propos des auteurs :

Raul Zurita Milla (r.zurita-milla@utwente.nl) et Rolf A. de By (r.a.deby@utwente.nl) sont tous deux employés par le département du Traitement de l'Information géographique (GIP) de la Faculté de Sciences de la Géo-Information et de l'Observation de la Terre (ITC) de l'Université de Twente (aux Pays-Bas). Les deux auteurs sont impliqués dans la mise en œuvre et la coordination du projet STARS depuis le mois de juin 2014.

### Liens connexes :

Le site internet du projet STARS  
→ [www.stars-project.org](http://www.stars-project.org)

# Des drones pour compter les cocotiers

Dans les îles de Samoa, au cœur du Pacifique, la technologie des drones est utilisée dans le cadre d'une étude sur les cocotiers visant à prévoir plus précisément le rendement et la production d'huile de coco vierge.

Image capturée par un drone d'une ferme biologique montrant la délimitation du terrain et le décompte visuel des cocotiers présents. Le nombre en jaune indique le nombre de cocotiers comptés.



## Les drones au service de l'agriculture

**E**n 2015, l'organisation non gouvernementale agricole samoane WIBDI, Women in Business Development Incorporated (les femmes pour le développement intégré des entreprises), a réalisé qu'elle avait besoin d'un nouveau moyen pour collecter des données exhaustives auprès des associations d'exploitations agricoles, et de les organiser. WIBDI aide les familles rurales locales à s'engager activement sur le marché de niche des produits biologiques grâce au commerce équitable. Cette organisation cherchait un moyen de faciliter les contrôles du respect des normes en matière d'agriculture biologique et l'estimation de certaines cultures, notamment celle des cocotiers.

La noix de coco est à la fois la ressource renouvelable et le produit d'exportation le plus important des Samoa. Le pays exporte de l'huile de coprah, de l'huile de coco vierge, de la crème de coco, de la noix de coco séchée, de la fibre de coco et des produits à base de coquillages, à destination de l'Australie et de la Nouvelle Zélande pour la majorité des produits. WIBDI est le principal

exportateur d'huile de coco vierge des Samoa et son premier client est l'entreprise The Body Shop.

À la recherche de solutions au problème de collecte de données, WIBDI s'est tourné vers l'entreprise samoane de services techniques Skyeeye. Selon ses experts, les véhicules aériens sans pilote (UAV), communément appelés drones, étaient la solution idéale. Leur utilisation est moins coûteuse que celle d'un appareil avec pilote, et ils peuvent prendre des images d'une résolution supérieure à celle des images satellitaires.

### Un serveur ouvert et gratuit

Dans le cadre de ses travaux de cartographie, Skyeeye utilise un drone à voilure fixe pour la cartographie professionnelle pouvant couvrir des zones étendues au cours d'un même vol autonome. « Le drone nous permet de photographier des exploitations agricoles difficilement accessibles et d'effectuer des vols quand nous le souhaitons, si les conditions météorologiques sont favorables. La possibilité de capturer des images instantanées a représenté un avantage considérable pour ce projet

de numérisation », explique Ephraim Reynolds, le technicien de Skyeeye spécialisé en systèmes d'information géographique (SIG).

Une fois les images du drone récupérées, elles sont traitées pour produire des ortho-mosaïques (images assemblées dont la déformation est corrigée numériquement) afin de pouvoir les superposer sur une carte. Ces images sont ensuite ouvertes dans un logiciel SIG libre (QGIS). À l'aide de ce logiciel, les techniciens peuvent numériser des caractéristiques essentielles des exploitations agricoles. La haute résolution des images obtenues à partir des drones permet de procéder à un comptage visuel du nombre total d'arbres.

Skyeye utilise une application SIG nommée Web Feature Service (WFS) qui lui permet de donner accès aux utilisateurs à son géo-serveur, un serveur ouvert et gratuit conçu pour le partage de données géospaciales. Grâce à elles, les exploitants agricoles peuvent télécharger différents types d'informations, et modifier comme mettre à jour eux-mêmes la carte numérique de leur exploitation. « Skyeeye peut ainsi répartir le travail et analyser les images des drones plus rapidement et de manière plus centralisée au sein d'un même système », explique M. Reynolds.

### Repérer des zones d'atterrissage pour les drones

En estimant l'âge des cocotiers sur chacune des parcelles de l'exploitant agricole, WIBDI peut prévoir le rendement et la production d'huile de coco vierge. Ces estimations peuvent à leur tour être exploitées pour évaluer la viabilité de futures entreprises commerciales et obtenir des estimations plus précises quant aux bénéfices annuels escomptés.

L'utilisation de drones a représenté un avantage considérable pour WIBDI, mais elle n'a toutefois pas été sans poser quelques problèmes. M. Reynolds explique que le défi le plus important de Skyeeye a été de sélectionner des



Comme le fait remarquer Ephraim Reynolds, « Au fur et à mesure que les Samoa et la région du Pacifique prendront conscience que la technologie des drones peut être utilisée dans divers secteurs d'activité, notamment l'agriculture, la région renforcera sa capacité à atteindre des marchés importants et à rester en phase avec l'évolution des techniques modernes. » ◀

#### À propos des auteurs :

Ephraim Reynolds (ephrain@skyeye.ws) est technicien spécialisé en SIG à Skyeye. Faumuina Felolini Tafuna'i (flyinggeesepro@gmail.com) est responsable des médias pour la Women in Business Development Inc.

#### Liens connexes :

Skyeye, géolocalisation de véhicules  
→ [www.skyeye.ws](http://www.skyeye.ws)  
Women in Business  
→ <http://www.womeninbusiness.ws>

zones d'atterrissage appropriées, particulièrement difficiles à trouver sur une île tropicale.

Maintenir une liaison radio stable avec le drone a constitué une contrainte supplémentaire. « Pour faire face à cette difficulté, nous avons restreint l'étendue de la trajectoire de vol du drone, ou alors nous l'avons lancé depuis des terrains

surélevés », explique M. Reynolds.

Fin janvier 2016, Skyeye avait cartographié 10 480 hectares à l'aide de drones et avait comptabilisé 138 180 cocotiers. L'étude devrait être terminée d'ici le mois d'avril 2016. À l'avenir, Skyeye Samoa espère développer ce procédé de comptage des cocotiers mis au point pour WIBDI.

# Drones pour l'agriculture

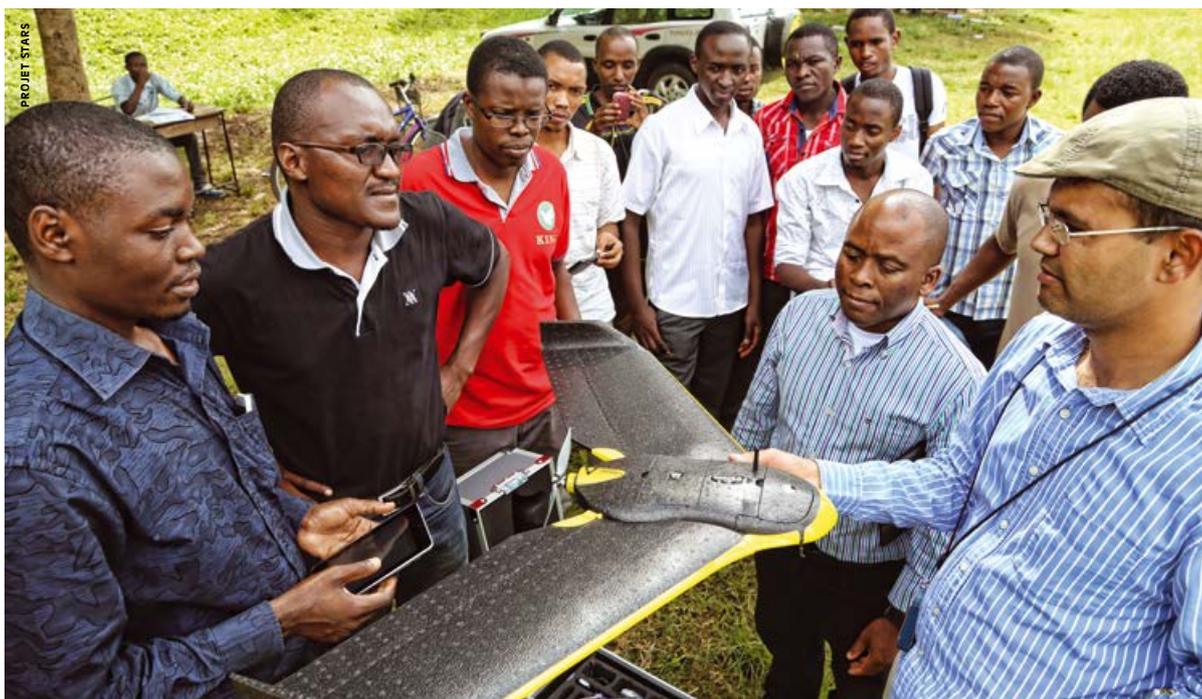


## Rejoignez la communauté

## @UAV4Ag

## [www.uav4ag.org](http://www.uav4ag.org)





## Mieux comprendre la réglementation en matière de drones

Les autorités exigent que l'on réglemente les drones et que l'on supervise leur usage croissant, et ce pour des raisons de respect de la vie privée, de sûreté et de sécurité. Les opérateurs de drones devront en tenir compte.

**B**ien que l'utilité des drones, appelés dans le monde anglophone « véhicules aériens sans pilote (UAV) », pour la population civile ne soit plus à démontrer, cette nouvelle technologie éveille la méfiance. Des pilotes britanniques réclament par exemple que des recherches soient menées sur les conséquences éventuelles d'une collision d'un drone avec un avion de ligne, après les 23 accidents évités de justesse en 2015 dans l'espace aérien britannique. Enfin, la police hollandaise mène actuellement des expériences avec des aigles dressés pour capturer les drones indésirables.

Certaines personnes se méfient des drones car elles les associent à la technologie militaire létale. D'autres ont vu les récents bulletins d'information qui montraient l'utilisation irresponsable et indiscreète de drones par des civils. Ces incidents ont suscité

l'inquiétude des gouvernements et citoyens du monde entier qui déplorent l'absence de réglementation dans le domaine.

Le débat sur la réglementation des drones agite également les pays en développement. Certains, comme l'Afrique du Sud, ont déjà validé une réglementation relative à l'utilisation par la population civile de cette technologie, tandis que d'autres tels que le Kenya en ont interdit l'usage en l'absence d'autorisation explicite des autorités. Pourtant, force est de constater que de nombreux pays en développement n'ont pris aucune disposition relative à l'utilisation civile de cette technologie.

### Pourquoi des règles et normes sont-elles indispensables ?

L'existence de règles harmonisées, et plus particulièrement à destination

des opérateurs de drones, est l'un des prérequis fondamentaux pour utiliser des petits drones dans l'espace aérien public. Ces règles doivent porter sur la sûreté et la formation, et faciliter la reconnaissance transfrontalière de la certification des aéronefs et pilotes. Cette réglementation doit de plus être assortie de dispositions appropriées en matière de protection de la vie privée, de protection des données, de responsabilité et d'assurance. La réglementation en matière de drones doit également faire état de normes applicables à l'usage privé comme à l'usage commercial. Elle doit couvrir des questions comme l'identification des types de petits drones et l'élaboration de technologies capables d'empêcher des pirates ou des tiers de prendre le contrôle des engins en vol. Différents éléments peuvent contribuer à réduire les risques auxquels les

opérateurs sont exposés : des documents d'orientation clairs et précis, des procédures douanières, une réglementation simplifiée et des formulaires et produits d'information facilement accessibles en ligne.

L'exploitation commerciale de plus en plus fréquente des drones de petite taille demande des ajustements supplémentaires, plus spécifiques, tels que des limitations de responsabilité des tiers, l'introduction de catégories de poids pour les drones inférieurs à 500 kilogrammes, et des adaptations des niveaux de risque associés aux caractéristiques de vol des drones de très petite taille. Certaines des préoccupations qui entourent les drones ne datent pas d'aujourd'hui : la protection des droits fondamentaux de la population civile comme la confidentialité des images et des données étaient déjà une problématique liée à l'utilisation d'aéronefs et d'hélicoptères pilotés.

Les discussions internationales sur la réglementation en matière d'utilisation commerciale des drones ont été officiellement lancées en 2007 avec la création du Groupe d'étude sur les systèmes de véhicules aériens non habités (UASSG), au sein de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI). Différents États membres et plusieurs organisations de gestion de l'aviation ont été impliqués. En 2011, la circulaire 328 a été publiée, suivie, en 2015, d'un manuel sur les systèmes de véhicules aériens non habités et de propositions d'amendements aux législations nationales relatives à l'aviation civile.

Les efforts de coordination actuels de l'OACI sur la scène internationale se concentrent presque exclusivement sur les gros aéronefs téléguidés utilisés pour des missions transfrontalières, mais pas sur ceux de plus petite taille. Toutefois, une grande partie du matériel mis au point par le groupe d'étude pourra être utilisée pour élaborer des réglementations spécifiques à chaque pays et adaptées aux conditions régionales pour les drones inférieurs à 500 kilogrammes, et avec des opérations en visibilité directe.

L'Agence européenne de la sécurité aérienne (EASA) a été chargée d'élaborer un cadre réglementaire, ainsi que des propositions concernant la réglementation en matière d'utilisation de drones à caractère civil et à faible risque.

## Les réglementations en matière de drones dans les pays ACP

Les travaux de recherche menés par le Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) ont récemment passé en revue l'état actuel des réglementations relatives aux drones dans le groupe des pays d'Afrique, Caraïbes et Pacifique (ACP). Ces travaux ont livré plusieurs catégories de réponses distinctes par rapport à la problématique des drones. Pour élaborer leur réglementation, les États membres de l'OACI utilisent par exemple les normes, les pratiques et autre matériel d'orientation recommandés par l'organisation.

L'Afrique du Sud a mis en œuvre et appliqué un ensemble exhaustif de règles contraignantes régissant les drones. Elle figure à présent parmi le groupe restreint des États disposant d'une réglementation déjà en vigueur. D'autres pays, comme le Sénégal et le Kenya, ont banni l'usage à caractère civil des drones ou de tout autre système aéroporté spécifique (comme les caméras). Ces pays ont toutefois apporté des modifications à leur législation nationale relative à l'aviation en assortissant des dispositions juridiques liées aux drones. D'autres pays, comme le Tchad et le Gabon, ont laissé des commentaires lors de la mise à jour de leur législation relative à l'aviation, précisant que des normes internationales devaient encore être établies sur des points spécifiques tels que la certification, la délivrance de licences, et les types d'aéronefs. D'autres pays encore ont élaboré tout un éventail de formulaires, manuels et produits d'information. Certains se sont parfois contentés d'adopter la réglementation en matière de drones d'un autre pays sans apporter aucun amendement officiel à leur législation nationale relative à l'aviation.

Dans les situations d'urgence, comme après le passage du cyclone sur Vanuatu, on a utilisé des drones à des fins de reconnaissance et d'évaluation des dommages sur les îles Éfaté et Tanna, en collaboration avec le gouvernement, mais en l'absence de cadre juridique et de règles spécifiques. La question n'est donc plus de savoir s'il convient d'intégrer les drones dans les formes d'aviation existantes mais bien de définir comment et quand il convient de le faire. Lorsque les règles ne sont pas claires, les petits opérateurs professionnels de drones œuvrant dans le domaine de l'agriculture ou de la

gestion des ressources naturelles doivent faire appel à leur bon sens et faire preuve de diligence : ils doivent détenir un permis, disposer de la documentation et de l'immatriculation de l'aéronef et de l'instrument utilisé, et demander l'autorisation auprès des autorités locales.

Pour que la technologie des drones à caractère civil puisse être mieux acceptée par l'opinion publique, il faut impérativement s'attaquer aux problèmes liés à la sûreté et à la confidentialité, et adopter une réglementation pertinente et harmonisée. Le rôle joué par l'OACI et le groupement JARUS est essentiel pour élaborer les normes appropriées et les pratiques recommandées. Les efforts de coordination au niveau régional pourraient stimuler l'harmonisation des règles, licences et certifications nationales entre pays voisins. Cette manière de faire pourrait contribuer à mieux diffuser les applications commerciales et faciliter la croissance des entreprises régionales ainsi que leur expertise technologique en la matière.

Les pays ACP souhaitant réglementer cette technologie sont invités à consulter les opérateurs professionnels et les utilisateurs de drones pour s'assurer que les cas d'utilisation ont bien été définis et que les autorisations sont en phase avec les activités concernées dans un pays donné. ◀

### À propos de l'auteur :

Cédric Jeanneret (cedricj@gmail.com) est géographe indépendant. Il se passionne pour la collecte et l'analyse d'informations géographiques pour cartographier et tirer des enseignements de la diffusion des innovations et de l'adoption des technologies dans les systèmes socioécologiques.

### Liens connexes :

Site Web du groupement JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems)  
→ <http://jarus-rpas.org/>  
Étude des aspects légaux des aéronefs téléguidés réalisée par l'OACI (2015)  
→ <http://goo.gl/NTzrYj>  
Page Web de la Civil Aviation Authority sud-africaine sur les VASP  
→ <http://goo.gl/jeR7ZJ>

# Les cinq étapes de la création d'une carte au moyen de petits drones

Planification de vol (paramètres en unités mètres)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Géométrie de l'appareil				Recouvrements en %				
2		f	w	h	Taille des pixels	Bande	Déclenchement			
3		0.016	0.0235	0.0156	3.9E-06	70	80			
4	SONY α6000	Couverture au sol			GSD	Espacement entre les bandes	Espacement entre les déclenchements			
5		Altitude de vol	W	H						
6		25	36.7	24.4	0.006	11.0	4.9			
7		50	73.4	48.8	0.012	22.0	9.8			
8		75	110.2	73.1	0.018	33.0	14.6			
9		100	146.9	97.5	0.024	44.1	19.5			
10		125	183.6	121.9	0.030	55.1	24.4			
11	150	220.3	146.3	0.037	66.1	29.3				
12	175	257.0	170.6	0.043	77.1	34.1				

## Les drones au service de l'agriculture

Auparavant, on représentait tous les éléments d'une carte par des symboles dont les caractéristiques spatiales (emplacement, taille, forme) pouvaient être définies mathématiquement dans un système référentiel de coordonnées. On appelait « données vectorielles » les informations spatiales sous-jacentes aux éléments représentés de cette manière. En revanche, depuis l'apparition de la photographie aérienne, on peut désormais également produire des cartes avec des cellules de quadrillage (ou pixels) à chacune desquelles on assigne des valeurs de couleur normalisées, exactement comme pour une image numérique. On appelle « données raster » (ou matricielles) les données utilisées pour produire ce type de carte. Les cartes élaborées à partir des capteurs

embarqués à bord des véhicules aériens sans pilote (VASP) ou drones sont dites « sous format matriciel ».

Une carte, au sens traditionnel du terme, doit au minimum répondre aux conditions suivantes : elle doit comporter une échelle et une flèche indiquant le nord, et elle doit offrir un grand degré de cohérence dans la précision des données. De nos jours, au lieu d'utiliser une échelle donnée pour obtenir la résolution souhaitée, les experts utilisent la résolution au sol (Ground sample distance, GSD). Cela représente la largeur et la longueur de la zone couverte au sol par un seul pixel de la mosaïque de capteurs de la caméra. La précision de la carte est donc intimement liée à la GSD. Pour une GSD fixée à 20 centimètres, il ne sera pas possible

d'obtenir une mesure des distances entre des points perceptibles au sol plus précise que 20 cm.

Cinq étapes sont nécessaires pour créer une carte au moyen de drones de petite taille :

### Étape 1. Conception de la carte et des plans de vol

Afin de s'assurer que la carte sera bien adaptée aux objectifs poursuivis, il importe de déterminer dès le début du processus le type de capteur(s) à utiliser (de lumière visible, de lumière infrarouge, multispectral ou hyperspectral). Une fois le type de capteur déterminé, il faut fixer la GSD adéquate. Plus la résolution au sol diminue et plus la résolution (et la précision) de la carte sera élevée.

Pour évaluer la résolution au sol

souhaitée avec un appareil donné, il faut calculer l'altitude de vol correspondante, qui sera fonction de la résolution du ou des capteur(s) et de la distance focale de l'optique de la caméra. La création de cartes à partir d'images doit de plus garantir un recouvrement minimum des photos (exprimé en pourcentage). Pour satisfaire aux exigences en matière de recouvrement, il convient de calculer les intervalles auxquels l'appareil doit se déclencher, ainsi que l'espacement des bandes adjacentes au moyen des dimensions de l'empreinte au sol d'une image.

La Figure 1 illustre le rapport entre, d'une part, la taille et la résolution du capteur ainsi que la distance focale et l'altitude de vol et, d'autre part, la résolution au sol (GSD) et les espacements entre les déclenchements et entre les bandes.

Par exemple, pour une GSD fixée à 12 millimètres, l'altitude de vol est de 50 mètres, l'appareil doit se déclencher tous les 9,8 mètres dans la bande de vol, et les bandes de vol doivent être espacées de 22 mètres.

Une fois ces paramètres calculés, on peut mettre au point un plan de vol pour couvrir la zone d'intérêt.

## Étape 2. Acquisition des images

Afin de permettre l'orientation et la position absolues de la future carte, c'est-à-dire pour géo-référencer cette carte, il est nécessaire de placer sur le terrain des balises de taille et de forme adéquates : ces « Points de contrôle au sol » (PCS) doivent pouvoir être formellement identifiés sur l'imagerie aérienne, et leurs coordonnées dans le système de cartographie de référence souhaité seront mesurées par des méthodes de géomètres.

Dès que les balises PCS sont en place, le plan de vol peut être téléchargé sur le drone pour y être exécuté. Pour un fonctionnement sûr, il convient de procéder à des vérifications de vol et à l'évaluation du terrain avant le lancement du drone. À l'atterrissage, on télécharge le journal de bord et les images aériennes du drone vers un ordinateur portable ou un périphérique de stockage avant de procéder au traitement des images.

## Étape 3. Traitement des images

On associe volontiers la technologie des drones à la production de cartes en haute résolution, mais, sans la technologie de la Structure from Motion

(SfM), la révolution cartographique que nous connaissons n'aurait jamais pu avoir lieu. Le degré d'automatisation extrêmement élevé qui caractérise cette technique de cartographie est essentiel pour la démocratisation de la production de cartes.

La première étape de la SfM consiste à aligner les caméras, processus accéléré par l'introduction des positions approximatives des caméras telles qu'enregistrées par le contrôleur de vol du drone. Ces positions approximatives sont également utilisées pour géo-référencer les positions des caméras, ainsi que tous les produits en aval générés par le processus de SfM. Lorsque des PCS (ainsi que leurs coordonnées terrestres) sont nécessaires pour un géoréférencement plus précis, leurs coordonnées-image doivent être visibles dans chaque visuel dans lequel ils apparaissent. Cette étape est généralement la seule intervention manuelle de la procédure de SfM. Dès qu'un modèle de terrain et un atlas de textures ont été produits, on peut générer différents produits géo-spatiaux.

## Étape 4. Préparation et visualisation des produits géo-spatiaux

Une fois le processus de SfM achevé, on peut extraire différents produits géo-spatiaux. Pour une représentation en deux dimensions du terrain, on génère une orthophotographie sur le référentiel et la projection souhaités. On obtient alors une carte raster géo-référencée sans distorsion. Pour ajouter la troisième dimension, on peut générer un modèle altimétrique numérique (MAN) sous format matriciel ou vectoriel. L'association des produits susmentionnés permet des visualisations en 3D extrêmement réalistes, ainsi que des analyses plus ou moins automatiques relatives à la santé de la végétation, la détection de bâtiments, l'évaluation des sols sous l'angle du drainage et de l'irrigation, ou encore au calcul des volumes et de la hauteur des cultures.

## Étape 5. L'extraction d'informations essentielles

Des cartes matricielles véhiculent une quantité impressionnante d'informations, mais la diffusion des volumes de données très importants qu'elles contiennent occuperait une quantité considérable de bande passante. De nombreux logiciels de représentation graphique sont

incapables de gérer de tels volumes. Il est donc impératif d'extraire des volumes de données les éléments essentiels pour toute analyse spécifique.

Cette opération est réalisée grâce à l'arpentage virtuel, un processus permettant à l'« arpenteur » de parcourir sans effort le terrain virtuel tout en procédant à des mesures, comme s'il se trouvait sur le terrain. Toutes les données capturées ainsi par l'« arpenteur virtuel » sont sauvegardées sous format vectoriel (format le plus efficace) puis exportées vers un logiciel DAO ou un système d'information géographique (SIG). La possibilité de se livrer à des travaux de topographie virtuels permet d'améliorer considérablement les performances et de réduire les coûts liés aux travaux de cartographie et de topographie. Le travail sur le terrain ne prend plus que quelques heures contre plusieurs semaines auparavant, voire plusieurs mois.

## Autres progrès liés à la cartographie par drones

Notons que la cartographie SfM sans PCS est également possible : il suffit alors de connecter un récepteur miniaturisé de système mondial de navigation par satellite (GNSS) à double fréquence à la caméra pour enregistrer le moment précis de chaque déclenchement de l'appareil. De cette manière, les positions de déclenchement peuvent être déterminées de manière très précise, au centimètre près. Certains soutiennent que cette manière de procéder permet de faire l'impasse sur les PCS. De toute évidence, cette nouvelle approche devra faire l'objet de recherches plus approfondies avant de pouvoir convaincre les professionnels de la cartographie.

Enfin, l'émergence de scanners Lidar toujours plus légers constitue un autre progrès important. Le Lidar présente l'avantage unique de pouvoir pénétrer à travers la végétation, ce que n'arrive pas à faire la SfM.

Grâce à ces étapes et ces développements, les cartes numériques peuvent désormais être créées et analysées. ◀

### À propos de l'auteur :

Walter Volkmann (walter@unirove.com) préside Micro Aerial Projects L.L.C., une entreprise officielle de mesures géodésiques et cadastrales, spécialisée dans les solutions géo-spatiales.

## La communauté UAV4Ag

Il s'agit d'un partage d'expériences en matière de développement de technologies de drones et d'autres applications logicielles connexes. Mais surtout de partager des informations sur l'utilisation de petits drones (« véhicules aériens sans pilote (UAV) » dans le monde anglophone) pour améliorer la gestion des cultures, les sites de pêche et d'autres activités basées sur les ressources. Les membres de la communauté signalent enfin les manifestations, opportunités de formation et publications pertinentes.

→ [www.uav4ag.org](http://www.uav4ag.org)



Les drones au service de l'agriculture

## Drones et observation aérienne

L'ouvrage *Drones and Aerial Observation: New Technologies for Property Rights, Human Rights, and Global Development. A Primer* (« Drones et observation aérienne : nouvelles technologies au service des droits de propriété, des droits de l'homme et du développement mondial. Premier livre ») est une introduction complète à la technologie civile des drones. Il aborde la façon dont ces appareils peuvent être utilisés pour sécuriser les droits de propriété, rendre compte de la destruction environnementale, et recueillir des données après les catastrophes. Ce premier ouvrage, téléchargeable gratuitement, couvre de nombreux aspects de la technologie des drones.

→ <http://drones.newamerica.org/primer/>

## Drone2Map for ArcGIS

Drone2Map est une nouvelle application autonome sur ordinateur développée par Esri qui transforme des images fixes en produits d'information en 2D et 3D. Des images permettant de suivre les changements environnementaux et l'impact des catastrophes naturelles, et analyser des éléments terrestres naturels et les caractéristiques du terrain liées à l'homme. Drone2Map

complète les travaux réalisés sous ArcGIS pour permettre la détection de changement, la surveillance d'actifs et la création de cartes de base en haute résolution.

→ <http://go.esri.com/drone2map>



## Manuel sur les systèmes aériens pilotés à distance

Ce document de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) montre que le cadre réglementaire en vigueur pour l'aviation avec équipage s'applique aux avions sans équipage. Il donne des précisions sur les changements à venir pour les systèmes aériens pilotés à distance. Il présente également une synthèse des normes et pratiques recommandées et des documents d'orientation de l'OACI.

→ <https://goo.gl/oa141V>

## Actualité relative aux drones

L'adoption de la technologie des drones à des fins de recherche et d'enquête à travers le monde donne lieu à l'apparition de sites d'actualité spécifiques qui suivent l'évolution en matière de législation et de produits. Le site sUAS News ([www.suasnews.com](http://www.suasnews.com)), par exemple, est dédié aux petits systèmes aériens sans équipage, alors que DroneLife ([dronelife.com](http://dronelife.com)) comporte une section spéciale consacrée à l'utilisation agricole des drones.

## Flight Riot

Ce site est consacré aux technologies des drones gratuites et libres d'accès. Il propose notamment des instructions de montage, des logiciels de navigation, des logiciels de cartographie et de photogrammétrie.

→ <http://flightriot.com>

## RPAS regulations

Un point de référence unique mettant à disposition gratuitement les informations réglementaires internationales relatives aux systèmes

aériens pilotés à distance, ainsi que de la terminologie relative à l'aviation et la terminologie recommandée relative aux systèmes aériens pilotés à distance. Le site donne accès gratuitement à une vaste bibliothèque numérique de documents de référence et d'orientation et à des informations permettant de connaître l'évolution réglementaire dans chaque pays en matière de systèmes aériens pilotés à distance.

→ <http://rpas-regulations.com/>

## Vidéo éducative sur les drones à usage civil

Cette animation vidéo, réalisée pour l'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA), présente le concept des opérations relatives à l'usage de drones civils. Elle indique ce qui est à faire et à ne pas faire pour qui utilise cette technologie à des fins civiles. L'AESA élabore actuellement une nouvelle réglementation visant à encadrer l'utilisation de drones civils.

→ <https://goo.gl/C25xvx>

## Comprendre le cadre légal

Financé par la Commission européenne, le projet Drones-Rules.eu (lancement prévu pour juin 2016) vise à mettre en ligne un ensemble complet d'informations de haute qualité pour sensibiliser et faciliter la compréhension du cadre légal et des contraintes liées à l'utilisation de drones légers, en particulier pour les utilisateurs non-commerciaux. Il mettra également en avant les opportunités de croissance économique et d'emploi que présentent les drones pour les entrepreneurs et les PME.

→ [www.drones-rules.eu](http://www.drones-rules.eu)

## Réseau de drones humanitaires

L'objectif de ce réseau est de promouvoir une utilisation sécurisée, coordonnée et efficace des drones pour la collecte de données, la livraison de charges utiles et les services de communication dans de nombreux cadres humanitaires relatifs au développement. Le réseau est activement occupé à élaborer des recommandations internationales concernant l'usage responsable de drones et à enrichir une page Wikipédia (enseignements tirés, bonnes pratiques, réglementations en vigueur dans le monde).

→ <http://uaviators.org/>

# Associer les drones et les chiens pour sauver les cultures d'avocatier

Le secteur multimillionnaire de l'avocat est menacé par un champignon mortel propagé par les coléoptères. Mais l'association de drones et de chiens pourrait bien changer la donne.

**X**yleborus glabratus est une espèce de coléoptère particulièrement envahissante, originaire d'Inde, du Japon, de Birmanie et de Taiwan, et particulièrement redoutée aux États-Unis car elle transmet le champignon *Raffaelea lauricola* qui cause une maladie vasculaire chez les arbres : le flétrissement du laurier.

Cette maladie végétale a déjà causé la mort d'environ 500 millions de lauriers sauvages à travers les forêts côtières du sud-est des États-Unis. Plus de 90 pour cent des arbres meurent dans les six mois suivant l'infection, et la maladie a des effets extrêmement dévastateurs sur les vergers d'avocats. Elle est particulièrement préoccupante dans le sud de la Floride où leurs cultures commerciales rapportent 55 millions de dollars par an.

La détection de cette maladie représente un défi majeur. Les arbres malades peuvent commencer à flétrir dans les deux semaines suivant l'infection et lorsque les symptômes apparaissent, le champignon s'est vraisemblablement déjà propagé aux arbres environnants par anastomoses racinaires. La maladie est particulièrement problématique dans les vergers commerciaux où les arbres sont plantés trop proches les uns des autres.

## Détecter les arbres infectés

Afin d'endiguer la propagation du champignon, un programme de détection a été élaboré par le doyen et vice-président exécutif Kenneth G. Furton ainsi que le professeur de sciences biologiques DeEtta Mills de l'Université internationale de Floride (Florida International University, FIU). Le programme associe l'utilisation de drones de surveillance et celle de chiens pour la détection olfactive du champignon. « Le problème ne se limite pas à la Floride », a expliqué M. Furton. « La question de la lutte contre cette maladie envahissante suscite des inquiétudes croissantes de la Californie



à l'Amérique latine. »

La chasse aux arbres infectés de la FIU commence avec les drones, appelés dans le monde anglophone « véhicules aériens sans pilote (UAV) », dont l'utilisation est bien moins coûteuse que celle des hélicoptères. Les drones transportent des équipements à imagerie numérique thermique capables de détecter les arbres malades depuis le ciel. Les drones équipés de caméras spectrales peuvent identifier la signature spectrale unique du flétrissement du laurier ainsi que d'autres signes pathologiques, ce qui permet aux experts de détecter les arbres touchés par la maladie avant même que les symptômes ne soient visibles à l'œil nu.

Cette technologie ne suffit toutefois pas à identifier la cause de la maladie. C'est à ce moment que les chiens entrent en scène. L'odorat des chiens est des centaines de milliers de fois plus sensible que le nôtre. Les chiens dressés par la FIU pour détecter les odeurs sont capables de détecter les arbres malades. L'utilisation de drones permet d'identifier les zones particulièrement préoccupantes des vergers d'avocats. Les chiens peuvent ensuite rechercher les arbres touchés par la maladie dans des zones réduites et plus faciles à gérer.

## Déraciner les arbres malades

Lorsqu'un chien signale un arbre, les chercheurs du laboratoire du professeur DeEtta Mills effectuent des analyses ADN sur les échantillons

prélevés sur le tronc principal de l'arbre ou ses grosses branches, lesquels leur permettent ensuite de confirmer que l'arbre est bien atteint du flétrissement du laurier. Depuis janvier 2016, les chiens ont identifié, avec l'aide des drones, environ 200 arbres avant qu'ils ne présentent les symptômes de la maladie. Les résultats du laboratoire ont ensuite confirmé la présence du champignon sur tous ces arbres. Les avocatiers malades doivent être maintenant enlevés, tout comme les arbres environnants.

Ce programme de détection unique en son genre pourrait donner lieu à des applications étendues à l'ensemble du secteur agricole, notamment aux immenses secteurs de l'avocatier en Californie, et dans de nombreux pays en développement. L'association de la recherche, de la technologie et des chiens d'assistance pourrait changer la donne dans la lutte contre ce champignon mortel. ◀

### À propos des auteurs :

DeEtta Mills est professeur de sciences biologiques (<http://biology.fiu.edu>) à l'Université internationale de Floride (FIU), et chercheur à l'Institut international de recherche médico-légal de la FIU. JoAnn C. Adkins est le directeur des relations extérieures du College of Arts, Sciences & Education à la FIU.

# L'IMAGERIE PERFORMANTE

Esri propose une plateforme globale pour gérer l'imagerie collectée par véhicules aériens sans pilote (UAV), quelle que soit la taille ou le terrain. Créez des orthomosaïques, des nuages de points, des mailles 3D, et plus en quelques minutes avec ArcGIS®. Analysez et partagez vos résultats rapidement pour prendre de meilleures décisions..



Esri propose des programmes dédiés pour aider les enseignants, les organismes sans but lucratif, et les organisations environnementales à débiter avec ArcGIS.

Pour en savoir plus,  
consultez [esri.com/SpecialPrograms](http://esri.com/SpecialPrograms)

