



Image 1. DJI Matrice 300 RTK avec capteur L1 en vol - Quesnel BC, 2022.
Photo de L. Irwin

POINTS FORTS

- **Drones à voilure tournante pour la surveillance des forêts :** privilégiés pour leur maniabilité, leur flexibilité de lancement et la polyvalence de leur charge utile.
- **Dominance et polyvalence de DJI :** les drones DJI (76 % du marché) offrent une qualité de données élevée et divers capteurs.
- **Technologies de capteurs avancées :** les drones peuvent être équipés de capteurs RVB, multispectraux, hyperspectraux et LiDAR.
- **Systèmes de positionnement précis :** le GNSS garantit un positionnement précis, les systèmes RTK et PPK offrant une précision inférieure au mètre essentielle qui est garantie de haute qualité.

FAIRE DÉCOLLER VOS RECHERCHES AVEC LES DRONES ; PARTIE I : CHOISIR VOTRE DRONE

Smith-Tripp, S*, Irwin, L., Wotherspoon, A.

*Studio de télédétection intégrée, Département de gestion des ressources forestières, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, Canada *Auteur correspondant : Sarah Smith-Tripp (ssmithtr@student.ubc.ca)*

Les aéronefs télépilotés (ATP) – également appelés véhicules aériens sans pilote (UAV) ou drones – ont révolutionné la surveillance des forêts. Les drones permettent la collecte d'informations très détaillées dans des endroits présentant un intérêt clé pour l'utilisateur. On entend souvent dire que des chercheurs, des institutions et/ou des organisations industrielles ont acheté une nouvelle technologie de drone, mais n'ont pas le savoir-faire nécessaire pour faire décoller leur drone. Ce bulletin de recherche en trois parties, rédigé par des étudiants diplômés du Studio de télédétection intégrée (IRSS) de l'Université de la Colombie-Britannique, fournira un cadre (ou une piste) pour commencer à intégrer les données acquises par drones dans vos recherches.

Au cours de ces trois numéros, nous aborderons :

- 1) acheter votre drone et ses différentes composantes
- 2) un guide terrain pour vous aider à voler et à collecter des données
- 3) des outils pour votre analyse de données avec des conseils quant aux types de données et à leur traitement

Dans ce premier numéro, nous vous proposons un aperçu de :

- 1) comment choisir un drone en fonction de vos objectifs,
- 2) les différents capteurs et technologies de détection que vous souhaitez peut-être ajouter à votre drone, et
- 3) les différents systèmes de positionnement nécessaire au fonctionnement d'un drone.

LEÇON 1 : MODÈLES DE DRONE

Les ATP peuvent être divisés en deux types fondamentaux : (1) les aéronefs à voilure fixe et (2) les aéronefs à voilure tournante. Dans la surveillance des forêts, les aéronefs à voilure tournante sont préférés car ils se manoeuvrent mieux dans une structure forestière complexe, peuvent décoller de presque n'importe où et offrent plus de flexibilité en termes de charges utiles (c'est-à-dire cardans et capteurs).





Tableau 1. Drones DJI couramment utilisés pour la surveillance des forêts. Les coûts sont approximatifs et fluctuent souvent ; consultez les fournisseurs d'équipement pour obtenir des estimations à jour.

Modèle	Coût (USD)	Durée de vol max (min)	Types de données	Détection d'obstacles	Type de GPS	Capteurs	Coût total (avec modules complémentaires)
Qualité professionnelle							
DJI Matrice 350 RTK	14 000 \$	55	Caméra Lidar Multispectrale Thermique	Omnidirectionnel	RTK	Multispectral : 10 000 Lidar : 15 000 \$, Thermique : 8 000 \$	54 000 \$
DJI Matrice 300 RTK	11 700 \$	55	Caméra Lidar Multispectrale Thermique	Omnidirectionnel	RTK	Multispectral : 10 000 Lidar : 15 000 \$, Thermique : 8 000 \$	49 700 \$
DJI Phantom 4 RTK	6 700 \$	30	Caméra	En avant En arrière En bas	RTK	Aucun	9 700 \$
DJI Mavic 3 Entreprise	4 200 \$	45	Caméra thermique	Omnidirectionnel	RTK	Thermique : 7 000 \$	14 200 \$
DJI Agras T30	15 000 \$	30	Multispectrale	En avant En arrière En bas	RTK	Multispectral : 10 000 \$	28 000 \$
Qualité grand public							
DJI Mini 3Pro	800 \$	34	Caméra	En avant En arrière En bas	GNSS normal	Aucun	800 \$
DJI Air 2S	1 300 \$	31	Caméra	En avant En arrière En bas	GNSS normal	Aucun	1 300 \$
DJI Mavic 3 Classique	2 000 \$	46	Caméra	Omnidirectionnel	GNSS normal	Aucun	2 000 \$
DJI FPV Avata	999 \$	20	Caméra	En avant En arrière En bas	GNSS normal	Aucun	999 \$



Dans le cadre de Silva21, nous utilisons des ARP à voile tournante, en particulier des drones DJI. DJI domine le marché des drones, englobant une part de marché stupéfiante de 76 %. DJI offre une gamme des capteurs développées spécifiquement pour la surveillance des forêts ou des terres. Nous nous concentrerons donc sur un cadre de travail supporté par des drones DJI dans cette série de bulletins. Les drones DJI peuvent être divisés en deux types : (1) de qualité professionnelle et (2) de qualité grand public. Bien que les deux soient utiles pour la recherche forestière, les systèmes de qualité professionnelle offrent une meilleure qualité de données, une flexibilité dans le choix des capteurs, une plus grande précision GPS, mais à un prix plus élevé. Le tableau 1 répertorie les drones DJI qui peuvent être utilisés pour la surveillance des forêts.

Au sein de Silva21, le système de drone « de base » est le DJI M300. Ce drone a récemment remplacé le 300 et offre des améliorations mineures, bien que les fonctionnalités globales restent similaires. Pour le M300, DJI propose des capteurs LiDAR, multispectraux, thermiques et RVB qui sont directement intégrés au logiciel de vol et au post-traitement. Les utilisateurs peuvent également acheter des systèmes de capteurs tiers, tels que le système LiDAR hyperspectral combiné de Specim ou la caméra MicaSense RedEdge.

LEÇON 2 : CAPTEURS ET TECHNOLOGIE DE DÉTECTION

Les capteurs peuvent collecter une grande variété de données, allant d'estimations en temps réel de la température de la canopée aux reconstructions 3D de configurations de branches. Certains capteurs sont plus fréquemment utilisés, comme les caméras rouge-vert-bleu (RVB) ou thermiques, alors que d'autres, comme les capteurs multispectraux, hyperspectraux et LiDAR (détection et télémétrie par la lumière), peuvent être moins courants (Image 2). Tous ces capteurs mesurent et enregistrent la réflectance de différentes zones du spectre électromagnétique, fournissant ainsi des informations sur le paysage.



Image 2. Capteur lidar DJI L1 avec cardan de stabilisation - Quesnel, BC, 2022. Image de L. Irwin.

Les capteurs LiDAR émettent des impulsions de rayonnement proche infrarouge et mesurent leur temps de retour. Les retours sont convertis en points tridimensionnels dans l'espace qui forment un nuage de points. La caméra RVB classique capture la partie visible du spectre électromagnétique et permet de créer des orthomosaïques et des visualisations 3D de la canopée grâce à un processus connu sous le nom de photogrammétrie aérienne numérique. Les capteurs multispectraux capturent la lumière au-delà des longueurs d'onde visibles et peuvent décrire la santé de la végétation et capturer la variabilité phénotypique (voir Grubinger et al., 2023).

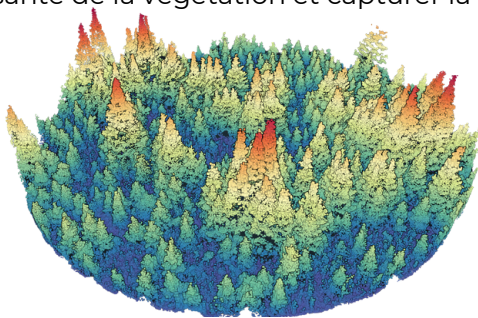


Image 3. Nuage de points LiDAR recueilli par ARP au-dessus d'un peuplement d'épinettes en régénération - Forêt Gordon Cosens - Ontario

Le temps de retours calculés par les capteurs LiDAR permettent de calculer des distances. En utilisant ces distances, nous pouvons restituer des représentations de haute qualité du sol, de la végétation et de la canopée forestière (Image 3). Les drones grand public sont limités aux caméras RVB, tandis que les drones professionnels disposent d'un éventail plus large de configurations de capteurs possibles. Par exemple, le DJI M300/M350 peut utiliser des capteurs LiDAR, multispectraux, thermiques et même hyperspectraux.



En règle générale, le capteur peut être ajusté si le drone dispose (a) d'un cardan avec un emplacement de montage (comme le support de cardan double) ou (b) d'une méthode pour fournir de l'énergie à partir du drone lui-même (comme un kit d'adaptation d'alimentation vendu par DJI).

Les capteurs peuvent être achetés avec le drone ou en tant que module complémentaire tiers. Le tableau 2 répertorie les capteurs produits par DJI pour le M300. De nombreux capteurs tiers peuvent également être utilisés avec le M300, mais ne pas être intégrés au logiciel de planification de vol par défaut (« Drone Pilot 2 »). L'intégration de ces capteurs dans le flux de travail dépend du fabricant.

Tableau 2. Différents modèles de capteurs produits par DJI pour le drone M300.

Remarque : les coûts sont approximatifs et fluctuent ; consultez les fournisseurs d'équipement pour obtenir des estimations à jour.

Modèle de capteur	Taper	Coût (USD)	Caractéristiques
Zenmuse H20T	Thermique	10 000 \$	Résolution 640x512, fréquence d'images 30 Hz, portée 200 m
Zenmuse L2	Lidar	15 000 \$	LiDAR VLP-16, 240 000 points par seconde, portée 450 m. Également équipé d'un capteur RGB - 20 MP, 4/3", résolution d'image 5472 x 3648.
Zenmuse P1	Photogrammétrie	6 500 \$	Capteur plein format 45MP, obturateur mécanique global, précision de 3 cm. Résolution d'image 8192 x 5460.
Zenmuse H20	Multispectrale	12 000 \$	Caméra zoom 20MP, caméra grand angle 12MP, télémètre laser 1200m
Zenmuse XTS/*XT2	Thermique	8 000 \$	Résolution 640x512, fréquence d'images 9 Hz, portée 100 m* Résolution 336x256 ou 640x512, fréquence d'images 30 Hz, portée 200 m
Zenmuse Z30	Zoom	4 000 \$	Zoom optique 30x, zoom numérique 6x, vidéo 4K

LEÇON 3 : SYSTÈMES DE POSITIONNEMENT

Pour une collecte de données efficace, les ARP nécessitent un positionnement continu et précis basé sur des systèmes de navigation par satellite (GNSS). Sans GNSS, les ARP ne pourraient pas planer sur place, effectuer des vols ou rentrer chez eux. La précision de positionnement a deux niveaux : le niveau 1 (dont la précision est à plusieurs mètres près) et le niveau 2 (dont la précision est au mètre près ou même plus précis). Au niveau 1, les positions des données sont exactes et précises par rapport à l'ensemble des données recueillies, mais la précision globale de l'ensemble de données varie du mètre au décimètre. Au niveau 2, les positions sont très précises tant à l'échelle globale qu'au sein de l'ensemble de données. La précision de niveau 2 est préférée chaque fois que la collecte de données est répétée dans le temps ou comporte des ensembles de données combinés (c'est-à-dire un ensemble de données de photogrammétrie combiné à une acquisition par balayage laser aéroporté).





La précision de niveau 2 nécessite une combinaison d'un rover (qui peut être le ARP ou une unité GPS portable) et d'une station de base. Le niveau 2 utilise le positionnement cinématique en temps réel (RTK) ou cinématique post-traitement (PPK). Dans les deux cas, la station de base enregistre sa position connue, qui est globalement correcte, et celle de l'unité rover. Les différences dans la position connue de la station de base sont appliquées au rover soit en temps réel (RTK), soit après la collecte de données (PPK). Le RTK, qui est la valeur par défaut pour les drones DJI, nécessite une connexion constante entre la station de base et le rover. Pour le PPK, les données sont enregistrées simultanément mais il n'y a pas de transfert de données en temps réel entre le rover et l'unité. Sur le terrain, nous avons constaté que l'établissement d'une connexion RTK cohérente était l'une des parties les plus difficiles et les plus frustrantes de l'acquisition de données par drone.

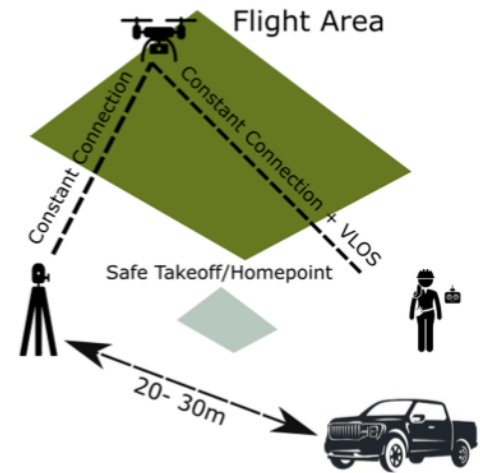


Image 4. Un schéma montrant le positionnement correct de niveau 2 (VLOS : ligne de vue visuelle).

Une autre façon d'atteindre un niveau de précision 2 consiste à intégrer des points de contrôle au sol dans le paysage, mais cette approche a été largement supplantée par les drones RTK. Pour plus d'informations sur l'intégration des points de contrôle au sol, voir Chadwick et al (2022). Dans l'ensemble, les drones de niveau professionnel équipés de RTK fonctionnent assez bien dans des conditions de topographie et de distances modérées. Les systèmes intégrés sont généralement capables de maintenir un niveau de précision approprié pour la plupart des applications de gestion et de surveillance des forêts. Les drones grand public peuvent être plus limités en termes d'autonomie de vol et de précision GPS, leur application doit être adaptée aux scénarios où la précision n'est pas essentielle.

CONCLUSION

Les drones ont fondamentalement transformé la surveillance des forêts en permettant la collecte efficace de données détaillée dans divers environnements. Ce rapport fournit un aperçu des éléments à considérer pour le choix d'un drone approprié, en soulignant les avantages des ARP à voilure tournante et les capacités étendues des drones DJI. En comprenant les différentes technologies de capteurs et l'importance de systèmes de positionnement précis, les utilisateurs peuvent prendre des décisions éclairées qui améliorent leurs projets de recherche.

Dans notre prochain numéro, nous aborderons les aspects pratiques de l'utilisation d'un drone sur le terrain pour la planification des vols et la collecte de données, en veillant à ce que vous soyez entièrement équipés pour exploiter cette technologie.

Ce rapport est basé sur le Guide des meilleures pratiques pour l'acquisition d'images 3D à partir de RPAS par Chadwick et al (2022).

Image 5. DJI Matrice 300 RTK avec capteur L2 en vol - Revelstoke BC, 2024

