

# Les drones en viticulture

## Quels enjeux, quels services ?

**Guillaume Besqueut, Léo Pichon, Bruno Tisseyre**  
 AgroTIC Services (UMR ITAP, Montpellier SupAgro, Irstea) – Montpellier – France.

Le drone est une technologie qui est arrivée à maturité pour une utilisation commerciale. Ses caractéristiques de maniabilité, de fiabilité et d'autonomie facilitent son utilisation dans des domaines comme l'architecture, l'aménagement et plus récemment, l'agriculture. Dans ce domaine, le drone est essentiellement utilisé en grande culture (blé tendre et colza) pour réaliser des diagnostics ou du conseil sur la fertilisation azotée. Ces marchés étant très concurrentiels, les différents acteurs cherchent à élargir leur offre de services et se tournent vers des secteurs à haute valeur ajoutée comme la viticulture. De par ses caractéristiques, le drone offre en effet des potentialités intéressantes pour le suivi et l'aide à la conduite de la vigne.

### Qu'est-ce qu'un drone ?

Un drone est un engin radiocommandé, sans pilote à bord, et éventuellement capable de se déplacer de manière autonome (chemin programmé suivi par GPS). Il est composé d'une partie lui permettant de voler (ailes ou hélices), d'un système de contrôle (manuel ou automatique), d'une source d'énergie (en général une batterie), et d'un capteur embarqué (comme un appareil photographique). Les deux types de drones les plus utilisés en viticulture sont les ailes volantes (*photo 1*) et les multicopters (*photo 2*). Les ailes volantes ont la forme d'un avion et elles doivent se déplacer constamment pour voler. Elles disposent d'une autonomie importante (45-60min) et sont capables de couvrir jusqu'à 20 ha avec une seule batterie. Elles nécessitent une certaine surface pour atterrir et leur capacité d'emport de matériel est limitée entre 100 et 300 grammes. Il faut compter entre 15000 et 25000 euros pour l'aile, les capteurs et les logiciels de pilotage et de cartographie.

Les multicopters possèdent quatre à huit moteurs et hélices qui leur permettent de se déplacer et de réaliser des vols stationnaires. Ils sont maniés, peuvent décoller et atterrir verticalement et permettent d'emporter des charges relativement importantes (de 0,2 à 3 kg). Leur autonomie est réduite (10-15 minutes), ils sont fragiles et leur complexité impacte leur fiabilité. Les multicopters professionnels coûtent entre 1000 et 10000 euros, ce prix incluant rarement le logiciel de cartographie.

### Une plateforme pour embarquer des capteurs

Le type de capteur embarqué sur un drone dépend de l'application envisagée. Les capteurs les plus utilisés sont les capteurs visible et proche infrarouges. L'utilisation de capteurs plus évolués comme les caméras thermiques ou hyperspectrales fait aujourd'hui l'objet

■ **Photo 1 :** Exemple d'un drone aile volante (société eBee).



■ **Photo 2 :** Exemple d'un drone multicopter (société DroneSys).



■ **Tableau 1 :** Comparaison des volumes de données générés à différentes résolutions pour 10 ha dans le spectre visible. Pour référence, une image d'appareil numérique classique représente environ 3 Mo.

Résolution	1 cm/pixel	10 cm/pixel	25 cm/pixel	100 cm/pixel
Volume de données	1400 Mo*	28 Mo*	5 Mo*	0,5 Mo*
Exemple				

\* Mo - Mega octets.

de travaux de recherches (Zarco-Tejada et al., 2013, Baluja et al., 2012). Ces capteurs embarqués

sont tous basés sur le même principe de mesure: ils enregistrent le rayonnement réfléchi ou émis

par le sol et la vigne. Les informations qui peuvent être extraites des images dépendent ensuite des longueurs d'onde auxquelles le capteur est sensible.

Les images prises dans le visible (longueur d'onde entre 400 à 750 nm) et le proche infrarouge (780 à 1 600 nm) permettent par exemple de calculer des indices de végétation comme le NDVI (Normalised Difference vegetative index) afin d'estimer l'expression végétative de la vigne (Acevedo-Opazo et al., 2008). Les capteurs correspondants sont semblables aux capteurs équipant les appareils photographiques grand public et ont souvent de très bonnes définitions (jusqu'à 25 millions de pixels). Les capteurs multispectraux et infrarouges thermiques (4000 nm et plus) sont généralement plus lourds, plus chers et de moins bonne définition mais ils permettent d'avoir accès à des caractéristiques plus spécifiques sur l'état du sol et de la vigne (température du sol ou du couvert, état de stress des plantes, etc.) (Simeng Han et al., 2013). En viticulture, ces applications restent en cours d'investigation. L'un des intérêts du drone est donc sa capacité à acquérir des informations avec une très haute résolution spatiale (dimension au sol d'un pixel), spectrale (nombre de longueurs d'ondes étudiées) et temporelle (temps entre deux prises de vue successives). Cet intérêt est toutefois à mettre en balance avec le volume de données qu'il sera nécessaire de traiter, d'échanger et de visualiser. À titre d'exemple, le **tableau 1** donne un aperçu du volume de données généré pour des images à différentes résolutions spatiales dans le visible.

L'augmentation de la résolution impactera le coût final en nécessitant plus de temps et du matériel plus performant pour visualiser, traiter et archiver les images. Afin de minimiser les coûts, il convient de bien définir les usages ainsi que les cahiers des charges des images.

■ **Tableau 2 : Applications possibles du drone en viticulture.**

Observation	Type de capteur	Application directe	Stade	Application indirecte	Stade
Expression végétative	Visible Proche-IR	Repérage de zones de feuillage décoloré	OP	Comptage automatique de pieds manquants	DEV
		Caractérisation de l'hétérogénéité du volume du feuillage	OP	Diagnostic parcellaire : caractérisation du stress hydrique, carences azotées...	DEV
		Repérage de zones de stress ou de carences	OP	Calcul de surfaces foliaires exposées	R
		Évaluation d'incidents climatiques	OP		
Maladies	Hyperspectral Proche-IR	Identification précoce de foyers de maladies	R	Protection phytosanitaire	R
Couleur du sol	Visible	Caractérisation de l'hétérogénéité de la couche supérieure du sol	OP	Diagnostic parcellaire	DEV
		Repérage de zones humides	DEV		
Couverture du sol	Visible - Proche-IR	Évaluation de l'enherbement	OP	Calcul des surfaces enherbées	OP
Température	Thermique	Répartition des températures sur la parcelle	OP	Estimation de la contrainte hydrique	DEV
Reliefs	Visible	Modélisation 3D de la parcelle	OP	Calcul de pentes	OP
				Calcul des surfaces réelles	OP
				Calcul d'expositions	OP
				Évaluation du ravinement	DEV

OP : opérationnel ; DEV : en cours de développement ; R : en cours de recherche

## Applications

Les applications commerciales du drone pour la viticulture en sont encore à leurs prémices. Compte tenu de la diversité des capteurs qu'il est possible d'embarquer et de la diversité des dates et des modalités d'acquisition d'images, de multiples applications peuvent être envisagées. Le **tableau 2** propose une synthèse non exhaustive des observations aujourd'hui envisageables par drone volant. Pour chacune d'entre elles, il détaille le type de capteur nécessaire et indique s'il s'agit d'une application opérationnelle (OP), en cours de développement (DEV) ou encore du domaine de la recherche (R). Ce tableau liste également les usages qui peuvent être faits directement à partir des images ou indirectement en réalisant des observations complémentaires sur le terrain ou en utilisant des modèles agronomiques.

Compte tenu de l'extrême mania-bilité de certains drones d'autres applications peuvent être envisagées grâce à des images à

très haute résolution spatiale (< 1 cm) prises dans le rang. Grâce à des méthodes d'analyse puissantes (Diago et al., 2012), ces images permettent d'envisager de multiples applications (détection de symptômes spécifiques sur feuilles, détection des grappes, etc.). Toutefois, compte tenu des contraintes d'autonomie et des volumes d'informations générés, le drone volant n'est peut-être pas la plateforme d'acquisition optimale pour ce type d'utilisation. En effet, le drone terrestre (Garcia et al., 2012) constitue aussi une solution pertinente pour des applications spécifiques. Si l'identification automatique de maladies comme la flavescence dorée est encore en cours d'investigation (Paindavoine et al., 2014), d'autres techniques d'analyses d'images fournissent déjà des informations pratiques, comme le comptage des pieds manquants ou l'évaluation automatique de surfaces (Foltête et al., 2007).

## Typologie de services

En France, l'utilisation commerciale d'un drone s'inscrit dans le cadre légal de la direction régionale de l'Aviation civile. Chaque vol réalisé à titre professionnel doit être déclaré. Le vol doit être effectué par un pilote ayant obtenu un permis. Le drone devra également être enregistré et répondre à certains critères de sécurité. Dans le cadre d'une commande, le respect de ces règles est de la responsabilité du prestataire. Certaines sociétés proposent déjà des prestations de télédétection basées sur le drone avec une grande diversité d'offres de produits. Tous ne présentent pas le même intérêt pour l'aide à la conduite du vignoble. Ainsi, lors d'une commande d'image, le client devra spécifier et vérifier si les services offerts sont en adéquation avec ses besoins. Afin de clarifier l'offre de service, le **tableau 3** présente les livrables communément proposés ainsi que la valeur ajoutée qu'ils peuvent représenter pour un viticulteur ou un conseiller. L'orthorectification corrige les déformations liées à la prise de

■ **Tableau 3 : Offre de service et valeur ajoutée pour un vol de drone.**

Service fourni	Valeur ajoutée pour le viticulteur							
	Observation générale, communication	Observations techniques	Évaluations précises de surfaces	Superposition de plusieurs images réalisées sur la même parcelle	Utilisation avec du matériel GPS (console tractrice, smartphone, etc.)	Comparaison de séries temporelles	Visualisation d'indicateurs agronomiques	Utilisation opérationnelle de l'indicateur agronomique pour des préconisations
Vidéos, photos simples, résolution 50 cm - 1 m								
Image haute définition, résolution 1 cm - 10 cm								
Image HD orthorectifiée								
Image HD orthorectifiée et géoréférencée								
Image HD orthorectifiée, géoréférencée et avec corrections radiométriques								
Carte brute (256 valeurs) d'un indicateur issu de l'image (ex.: NDVI)								
Carte zonée (3 à 5 valeurs) d'un indicateur issu de l'image (ex.: NDVI)								

vue et s'effectue par ordinateur après le vol. Le géoréférencement permet la localisation d'une image sur une carte. Des points de repères doivent être identifiés sur le site et géolocalisés. Les corrections radiométriques normalisent la luminosité d'une image et nécessitent des instruments de mesures spécifiques lors de la prise de vue ou des modèles.

Les drones permettent indéniablement d'obtenir de nombreuses informations sur le vignoble. Ils constituent une alternative à d'autres sources d'informations comme l'avion et le satellite. Pour l'utilisateur, ces trois plateformes d'acquisition présentent des spécificités qui peuvent impacter le choix de l'une ou de l'autre. Le **tableau 4** en résume les principales caractéristiques.

Le coût d'exploitation d'une plateforme drone est faible, comparativement à l'avion ou au satellite. Cependant, il nécessite le déplacement sur site de l'opérateur, ce qui augmente le coût de la prestation.

### De nouveaux OAD à venir ?

Peu de structures proposent des services combinant prise de vues par drones et conseil viticole. Par analogie aux services développés

dans le domaine du satellite ou de l'avion, les services de drones en viticulture pourraient être basés sur un partenariat alliant une société de conseil et une société de drone. Remarquons toutefois que les coûts et les compétences nécessaires à la mise en œuvre de cette technologie permettent tout à fait d'envisager une internalisation de ce service pour des structures de production ou de conseil. Aujourd'hui, l'appel à un prestataire pour obtenir des images évite l'internalisation du service, mais ne dispense pas d'avoir une connaissance technique suffisante pour spécifier ses besoins et bien définir le niveau (et le coût) de la prestation.

Pour le moment, le drone est susceptible de fournir des informations utiles pour la conduite du vignoble à condition d'être accompagnées d'observations directes sur la plante ou le sol et d'une expertise appropriée. Les observations de drones constituent aujourd'hui des supports pour améliorer la connaissance de ses parcelles mais aussi un outil de partage entre les personnes travaillant sur un même vignoble.

Il faudra probablement attendre encore pour bénéficier d'outils permettant une prise de décision directe sur la base d'images de drones.

Si la recherche tient également ses promesses, il n'y a pas à douter que la localisation de foyers de maladies et la connaissance de l'état azoté et hydrique de chaque cep permettront aux chefs de cultures de prendre des décisions plus efficaces. ■

*Remerciements : Les auteurs remercient la chaire AgroSys de Montpellier SupAgro pour avoir permis la réalisation de cet article dans le cadre du projet « Drone et Viticulture » ([www.agrotic.org/drones/](http://www.agrotic.org/drones/)) qu'elle soutient.*

*NDLR : Les références bibliographiques concernant cet article sont disponibles sur simple demande auprès de la Revue des Œnologues.  
- Par courrier : joindre une enveloppe affranchie, avec les références de l'article  
- Sur internet : [www.oeno.tm.fr](http://www.oeno.tm.fr)*

■ **Tableau 4 : Paramètres fonctionnels des plateformes de télédétection.**

	Résolution	Souplesse	Réactivité, disponibilité du service	Prix d'une image*	Fiabilité de la chaîne d'acquisition
Satellite	2-10 m/px	Réservation obligatoire par organisme spécialisé Pas d'images en cas de nuages Paramètres de prise de vue fixes	Dates d'acquisitions dépendantes de la fréquence de passage du satellite	8-400 euros/ha lors d'une commande commune d'image 2500-4000 euros hors commande	+++
Avion	10-50 cm/px	Paramètres de prise de vue fixes Peu sensible à la météo	Campagnes d'acquisitions à dates fixes Décalage des prises de vue possible en cas de mauvais temps	10-20 euros/ha lors d'une campagne 2200 euros hors campagne	++
Drone	1-10 cm/px	Sensible au vent et à la pluie Paramètres de prise de vue adaptables	Déplacement au cas par cas	10-90 euros/ha si zone proche d'un prestataire 300 euros hors zone	+

\* Prix pour le service seul sans mutualisation avec d'autres clients (Alessandro Matese et al., 2015)