

# Méthodologie pour l'usage d'un drone de catégorie E pour la détection de la flavescence dorée

Moustafa Kasbari<sup>1</sup>, Benoît Leroux<sup>2</sup>

**Résumé.** La détection des pieds de vigne atteints de flavescence dorée est devenue une priorité nationale. Dans ce cadre, ces travaux ont permis le développement d'une méthode d'observation rapide utilisant un aéronef télépiloté (drone). Le déploiement d'un drone sur une parcelle présentant des symptômes de jaunisse a permis de comparer les résultats d'une prospection aérienne avec ceux d'une prospection au sol. Nous démontrons que le drone offre un gain de confort pour le viticulteur, un gain de temps et une amélioration du rendement de la prospection fine. Enfin, ces travaux ont permis de développer des algorithmes de traitement de l'image et des protocoles de positionnement automatique pour le drone, facilitant la recherche de symptômes sur une parcelle et la géolocalisation automatique des pieds de vigne suspects.

**Mots clés :** drone, UAV, RPAS, législation, flavescence dorée

## Introduction

Depuis 2008, le CEEMA (Centre d'essais et d'études pour modèles autonomes) travaille au développement de systèmes autonomes pour les marchés civils. La particularité de notre approche consiste en l'intégration de briques technologiques indépendantes pour fabriquer un RPAS (remotly piloted aircraft system, ou système aérien piloté à distance) qui soit parfaitement adapté aux missions pour lesquelles il a été conçu. Nous affirmons ainsi qu'à chaque usage métier correspond une configuration et que le RPAS standard n'existe pas. Dans le présent article et à des fins de simplification, nous avons choisi de remplacer le mot « RPAS » par le mot moins précis mais plus usité « drone ».

Dans le cas du marché de l'agriculture, nous nous sommes intéressés à la possibilité d'automatisation de la détection de la flavescence dorée par un drone. Pour ce faire, nous avons, lors de la campagne de 2014, sélectionné une parcelle de vigne rouge dans le vignoble de la Sainte Victoire (13) et comparé nos résultats à ceux obtenus lors d'une prospection fine à pied dirigée par les services de la FREDON PACA (Fédération régionale de défense contre les organismes nuisibles Provence Alpes Côte d'Azur). La méthodologie employée et les résultats obtenus sont présentés dans cet article.

## Problématique

La flavescence dorée (Constant et Lernould, 2014) est une maladie de la vigne qui se transmet de pied en pied par un insecte : la cicadelle (Chuche, 2010). L'agent responsable de la contamination est un phytoplasme (Carle et al., 2011) qui se multiplie dans la vigne, y circule et s'y conserve à vie. En ce sens, la contamination de la vigne est irréversible et conduit à la mort du pied.

Sachant que la propagation de la maladie d'une année à l'autre se fait selon un facteur dix (Salar et al., 2013) (10 pieds contaminés en année N donnent 100 pieds contaminés l'année N+1), la détection de cette maladie qui menace tout le vignoble français est devenue une priorité nationale.

Par ailleurs, les symptômes ne sont visibles que sur une courte période précédant les vendanges, ce qui ne laisse que peu de temps aux agriculteurs et aux services de l'Etat pour mener des campagnes de prospection.

1. CEEMA, 6581 Route de Rians, F-83910 Pourrières, France; Kasbari@gmail.com

2. DICT, 22 Bld Emile Loubet, F-13710 Fuveau, France

L'objet de ce travail est de proposer et de valider une méthodologie de mesure afin d'automatiser la détection des symptômes au champ.

## Méthodologie

### Symptôme des pieds flavescents

Un pied de vigne atteint par la flavescence dorée développe simultanément trois types de symptômes (Walter, 2000) : la coloration du feuillage (rougissement sur cépage rouge, jaunissement sur cépage blanc), le flétrissement des baies et le non aoûtement du bois (endurcissement au froid). D'autres maladies à jaunisse développent ces mêmes symptômes, et leur observation ne pourra être qu'un indice de la présence de la maladie ; dans tous les cas, un prélèvement et un test en laboratoire seront nécessaires pour confirmer la présence ou non de flavescence dorée.

### Détection des symptômes

Habituellement, la prospection se fait à pied ou en quad par des techniciens qui scrutent la vigne pour tenter de détecter les symptômes de la maladie. Mais les contraintes liées à ce fastidieux travail d'observation répétitif et en pleine chaleur conduisent parfois à des loupés, laissant dans la nature des pieds infectés non localisés.

Notre travail propose l'utilisation d'un système autonome aérien, ou drone, pour simplifier et automatiser la détection de ces symptômes. L'œil humain est remplacé par une caméra visible haute résolution embarquée sur un drone, afin de maximiser la surface de vigne analysée par jour.

Dans la première partie de notre méthode, le drone parcourt automatiquement la parcelle étudiée pendant que le technicien observe les images sur son ordinateur et géolocalise les pieds de vigne suspects.

Dans la deuxième partie (non présentée dans cet article), le traitement automatique de l'information relayée au sol permet l'automatisation de la géolocalisation des pieds de vigne suspects.

## Règlementation pour l'utilisation d'un drone

L'usage des drones en France est réglementé. Il faut rappeler qu'un opérateur qui souhaite utiliser un drone pour une activité autre que le loisir ou la compétition doit s'enregistrer à la DGAC (Direction générale de l'aviation civile) en déposant un *Manuel d'Activité Particulière* et posséder une autorisation préfectorale selon le travail aérien envisagé (Arrêté du 11 avril 2012). Le caractère ponctuel ou expérimental des études menées n'exonère pas l'opérateur de ces démarches.

### Description du matériel

Le matériel utilisé a été loué à la société DICT (Drone Innovation Conseils & Technics, société spécialisée dans la R&D et le conseil sur les marchés du drone civil). Construit autour d'une technologie de type MikroKopter, il permet d'embarquer un appareil photo Sony NEX5 avec une autonomie réelle de 15 min tout en maintenant une réserve d'autonomie de 2 min (**Figure 1**).





*Figure 1. Drone et appareil photographique utilisés dans l'expérimentation (photos : Leroux, DICT).*

L'appareil photo dispose d'un capteur CMOS Exmor de 14 millions de pixels et d'une liaison haute fréquence dans la bande des 5,8 GHz pour transmettre les images en temps réel vers l'écran de l'opérateur.

### Description de la parcelle et préparation de la mission

La parcelle de vigne analysée a été identifiée par les services de la FREDON PACA comme présentant des symptômes de jaunisse. Elle se situe dans le Var entre les villages de Trets (13) et de Saint-Maximin la Sainte-Baume (83).

Elle est identifiée par un contour noir dans la **Figure 2**. La parcelle a une surface de 5000 m<sup>2</sup>. Elle est composée de 18 rangées de vigne rouge espacées de 2,50 m, contenant chacune 105 pieds. Elle comporte, selon le technicien en charge de cette zone, huit pieds suspects identifiés lors d'une prospection fine exécutée à pied par l'équipe du vignoble.



*Figure 2. Image satellite et photographie aérienne basse altitude de la parcelle étudiée (photo : Leroux, DICT).*

Le secteur envisagé pour la mission est, sur le plan aéronautique, une zone à fort trafic. L'extrait de carte aéronautique représenté **Figure 3** montre la multitude d'espaces et de routes que comporte le secteur. En outre, des zones réglementées, civiles, militaires, dangereuses (en rouge sur le dessin) rendent le survol de la parcelle délicat. Nous avons donc soigneusement préparé la mission en contactant les gestionnaires des zones concernées et en informant les services de la circulation aérienne civile (DGAC) et militaire (DIRCAM) de cette mission.



Figure 3. Extrait de la carte aéronautique France Sud-Est. Secteur Sainte-Baume / R95.

La mission elle-même consiste en un survol basse altitude (inférieure à 30 m) de la parcelle, en mode automatique. Le programme implémenté dans le drone permet un maillage du terrain dans le sens des rangées, afin que chaque rangée puisse être observée automatiquement sur la capture d'écran (Figure 4).



Figure 4. Capture d'écran de l'interface graphique du logiciel de navigation du drone.



## Résultats et analyse

La **Figure 5** montre le drone en cours de mission (cercle rouge) ainsi qu'un pied de vigne suspect (flèche rouge).



*Figure 5. Photographie aérienne du drone en cours de mission. Localisation d'un pied de vigne suspect et image agrandie des feuilles rougies (photo : Kasbari, CEEMA).*

Le technicien peut, en temps réel, repérer les symptômes sur les feuilles des pieds de vigne et zoomer sur les images afin d'améliorer leur reconnaissance.

Le **Tableau 1** montre la comparaison des résultats obtenus entre la prospection aérienne et la prospection à pied.

La vitesse de déplacement de l'aéronef permet de traiter de plus grandes surfaces dans un même temps. L'image haute définition permet d'identifier sans aucune fatigue les symptômes de la maladie. Lorsque le technicien identifie un pied suspect, il peut déclencher la géolocalisation de la photographie et les coordonnées GPS sont alors enregistrées dans un fichier de type CSV (comma-separated values) avec le numéro d'ordre de la photographie.

*Tableau 1. Résultats obtenus par prospection à pied et par drone*

Analyse sur 1 ha	Temps	Nombre de pieds suspects
Prospection avec un drone	36 min	24
Prospection à pied	105 min	16

L'expérience montre plusieurs avantages à l'usage de cette technique. D'une part, le temps nécessaire au traitement de la parcelle est près de trois fois plus court avec un drone, d'autre part le nombre de pieds suspects identifiés est 50% supérieur au nombre de pieds de vigne suspects détectés lors d'une prospection à pied.

Il faut par ailleurs noter qu'un contrôle plus méticuleux à pied permet *a posteriori* de retrouver l'ensemble des pieds identifiés par le drone. La prospection par voie aérienne est donc plus complète (**Tableau 2**).

**Tableau 2.** Comparaison des avantages et inconvénients de la prospection à pied et par drone

	Forces	Faiblesses
Prospection avec un drone	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temps d'analyse</li> <li>- Répétabilité</li> <li>- Coût</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Législation</li> <li>- Autonomie</li> <li>- Météo</li> </ul>
Prospection à pied	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilité de mise en œuvre</li> <li>- Simplicité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temps d'analyse</li> <li>- Coût</li> <li>- Pénibilité</li> </ul>

## Conclusion et perspectives

La flavescence dorée est une maladie à quarantaine incurable qui nécessite une détection systématique qui est fastidieuse mais obligatoire. Cette étude a montré que l'utilisation d'un drone permet de gagner un facteur 3 dans le temps nécessaire au traitement d'une parcelle par rapport à une méthode traditionnelle de prospection à pied. Les résultats de dénombrement montrent que la méthode aérienne conduit à un taux de détection 50 % plus efficace que la détection au sol et à une géolocalisation précise des pieds de vignes suspects. Pour autant, le développement d'un algorithme de reconnaissance automatique des symptômes sur l'image reste à parfaire. Le lien avec l'autopilote pour un positionnement automatisé du drone doit encore être validé par une campagne de tests complémentaires.

## Références bibliographiques

Carle P, Malembic-Maher S, Arricau-Bouvery N, Desque D, Eveillard S, Carrere S, Foissac X (2011) Flavescence dorée phytoplasma genome : a metabolism oriented towards glycolysis and protein degradation. *Bull Insectol* **64** : S13-S14.

Chuche J (2010) Comportement de *Scaphoideus titanus*, conséquences spatiales et démographiques. Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 2, 216 p.

Constant N, Lernoald J (2014) Gestion de la flavescence dorée dans la viticulture biologique.

Salar P, Charenton C, Foissac X, Malembic-Maher S (2013) Multiplication kinetics of flavescence dorée phytoplasma in broad bean. Effect of phytoplasma strain and temperature. *Eur J Plant Pathol* **135** : 371-381.

Walter B, Boudon-Padiou E, Ridé M, Walter B (2000). Les maladies à virus, bactéries phytoplasmes et de la vigne. Bordeaux, Féret, 191 p.

Arrêtés du 11 avril 2012 « relatif à la conception des aéronefs civils qui circulent sans aucune personne à bord, aux conditions de leur emploi et sur les capacités requises des personnes qui les utilisent (<http://www.legifrance.gouv.fr>)

DGAC , <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Aviation-legere-generale-et,1699-.html>

DIRCAM, <http://www.dircam.air.defense.gouv.fr/dia/>

