

VIGNES VERGERS

01
JANVIER
FÉVRIER
2026

SWISS WINE PROMOTION

Un cap affirmé
et un nouveau directeur

ROOKIE 2026

Alexandre Stauffer,
une signature montante

PORTE-GREFFES

Tester aujourd'hui
les candidats de demain



CÉPAGES RÉSISTANTS

Un marché à séduire

RECHERCHE

Une piste prometteuse pour la
bioacidification

BOTTLEBACK

Un projet qui relance
le réemploi du verre

LIONEL CHRISTEN, AGROSCOPE
JEREMIAH HUGGEL, UNIVERSITÉ DE ZURICH
SALOME SCHNEIDER, WEINBAUZENTRUM AG
MEREDITH C. SCHUMAN, UNIVERSITÉ DE ZURICH
KATHLEEN MACKIE-HAAS, AGROSCOPE



Schweizerische Eidgenossenschaft
 Confédération suisse
 Confederazione Svizzera
 Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
 de la formation et de la recherche DEFR
 Agroscope



© DR Changins

RECHERCHE

MONITORING DU BOIS NOIR AU MOYEN DE DRONES : UNE VÉRITABLE ALTERNATIVE ?

Dans le contexte du changement climatique, la viticulture suisse est confrontée à de nouveaux défis, notamment celui de maladies telles que le bois noir (BN) ou la flavescence dorée (FD), dont les vecteurs se propagent sous des conditions climatiques plus chaudes dans de nouvelles régions. La surveillance de ces maladies s'avère complexe et coûteuse; il s'agit donc de trouver des alternatives efficaces.

SURVEILLANCE DU BN ET DE LA FD

Actuellement, le suivi du bois noir (BN) et de la flavescence dorée (FD) repose sur des contrôles visuels effectués cep par cep, une approche longue et coûteuse. Le principal défi est qu'il est impossible de distinguer ces deux maladies à l'œil nu; seules des analyses de biologie moléculaire permettent de les différencier. Dans les régions où la FD est déjà présente, comme au Tessin et dans certains cantons romands, cette surveillance s'avère particulièrement importante. En effet, les ceps infectés par la FD doivent impérativement être arrachés dans l'année. Pour les viticultrices et les viticulteurs, ainsi que pour les autorités cantonales, il est dès lors essentiel de disposer d'une évaluation de la

propagation à la fois fiable et raisonnable en termes de coûts, car ces deux maladies peuvent entraîner des dommages considérables.

Les méthodes d'imagerie, telles que les capteurs multispectraux, offrent une haute résolution et permettent de distinguer les nuances de couleur les plus infimes. Les drones représentent par ailleurs une alternative prometteuse: ils permettent de détecter rapidement les symptômes de maladie sur de vastes surfaces. Cet article présente les premiers résultats de l'utilisation de drones dans la détection du BN sur une parcelle expérimentale du canton de Zurich. L'essai a été réalisé au moyen d'un drone disponible dans le commerce et équipé d'une caméra multispectrale.



Fig. 1: Photo d'une vigne symptomatique pour entraîner l'algorithme.

UTILISATION DE DRONES DANS LE VIGNOBLE

La caméra utilisée capture simultanément plusieurs bandes spectrales – le vert, le rouge, le red-edge et le proche infrarouge (PIR). Bien que ces bandes soient fixées par le fabricant afin de correspondre aux bandes couramment utilisées par les satellites, il se trouve que plusieurs d'entre elles sont également indicatives des symptômes du

BN, comme l'a montré Huggel (2024).

La parcelle expérimentale comptait environ 720 ceps de Zweigelt (env. 1450 m²) présentant des symptômes sévères et un taux d'infection supérieur à 55 %. Les vols de drones ont eu lieu la deuxième semaine de septembre 2024, période où les symptômes sont bien visibles, mais où le feuillage est encore en grande partie vert. Les vols ont été effectués le long des lignes de vigne, selon une trajectoire préprogrammée. La caméra était inclinée à 45°C, afin de capturer de manière optimale la surface foliaire. Les images ont été prises tous les 3 mètres, à une hauteur de 20 mètres, ce qui représente un compromis idéal entre résolution de l'image et vitesse de vol.

FUSION DES IMAGES

De retour au bureau, les images captées dans les différentes bandes spectrales sont fusionnées. Chaque prise de vue contient des valeurs de réflexion correspondant à une bande spectrale spécifique (p. ex. rouge, vert ou PIR). Pour obtenir des analyses fiables, il est essentiel que les images soient parfaitement superposées, de manière à ce que chaque pixel corresponde exactement à la même zone du vignoble. Cette étape requiert une fusion précise, réalisée à l'aide d'algorithmes spécialisés.



Fig. 2: Photo prise par drone.

© Jeremiah Huggel

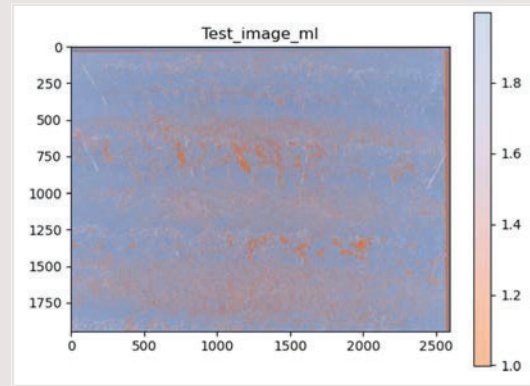


Fig. 3: Modèle avec uniquement les longueurs d'onde. © Jeremiah Huggel

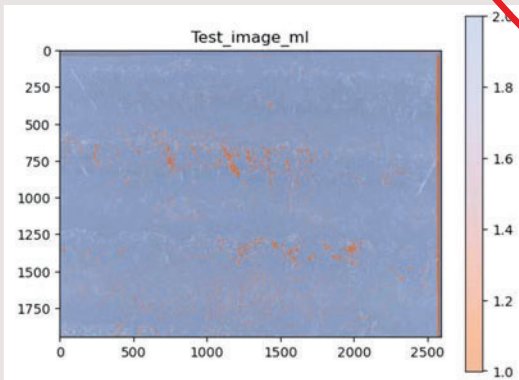


Fig. 4: Modèle avec les indices de végétation calculés. © Jeremiah Huggel

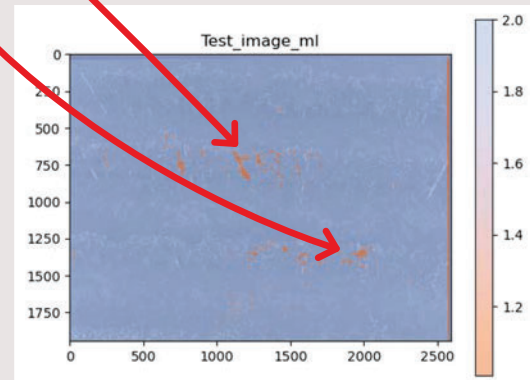


Fig. 5: Modèle après filtrage et lissage des données. © Jeremiah Huggel



Fig. 6 : Parcelle d'étude avec des lignes de plus de 50 m de long et d'environ 60 ceps par ligne. En bleu, les zones symptomatiques ; en vert, les zones non symptomatiques. Comme décrit ci-dessus, seule la surface foliaire a été prise en compte. © Jeremiah Huggel

DÉVELOPPEMENT DE L'ALGORITHME

Avant que les données du drone puissent être exploitées, un algorithme de détection doit être entraîné. À cet effet, dix ceps symptomatiques ont été photographiés au sol le jour du vol du drone (**fig. 1**). Les zones symptomatiques visibles (zones rouges) ont été annotées manuellement, pixel par pixel, permettant de collecter près de 9 millions de pixels. Ces données constituent la base d'un modèle de « machine learning » capable de classer automatiquement chaque pixel. Pour l'entraînement de cet algorithme, 60 % des données ont été utilisées, tandis que les 40 % restants ont servi à sa validation.

OPTIMISATION DE L'ALGORITHME

Afin d'améliorer la détection, des indices de végétation supplémentaires ont été calculés à partir des données spectrales. Ces indices ont permis de mieux distinguer les zones symptomatiques (pixels rouges) des zones saines (pixels verts) (**fig. 3**). La classification a été réalisée à l'aide d'une analyse par seuil : un pixel dont la valeur dépasse ce seuil est considéré comme symptomatique.

Toutefois, cette méthode génère souvent des pixels isolés erronés qui ne sont pas représentatifs de symptômes réels. Afin de corriger ce biais, plusieurs techniques de traitement d'image ont été testées (**fig. 5**). Ces procédés permettent de lisser l'image, de supprimer les pixels isolés et de renforcer les

motifs cohérents typiques de la maladie. Grâce à ces ajustements, la précision de détection dépasse désormais 80 %.

INTÉGRATION DES INFORMATIONS ALTIMÉTRIQUES

Jusqu'ici, seules des images 2D avec coordonnées (x, y) étaient disponibles. Afin de distinguer les ceps du sol et de l'herbe, un modèle 3D a été créé. Ce modèle permet de soustraire le sol à l'aide d'un modèle numérique de surface et de ne conserver que les pixels situés entre 0,7 et 2,0 mètres, c'est-à-dire ceux correspondant à la zone foliaire des vignes (**fig. 6**). Ainsi, les problèmes de mauvaise classification des éléments de l'arrière-plan (sol) disparaissent. Toutefois, certains pixels restent encore mal classés ; ils sont ensuite traités, comme pour les images 2D, à l'aide d'un algorithme de lissage.

RÉSULTATS PROMETTEURS

La figure 6 montre les zones symptomatiques, mais un comptage exact du nombre de ceps symptomatiques reste difficile. De manière générale, les ceps fortement symptomatiques ont été mieux détectés par l'algorithme. Lors de tests visuels, 80-90 % des pixels ont été correctement classés. La part de pixels symptomatiques était de 30 % et le taux d'infection, selon les ceps, d'environ 55 %. Les différences s'expliquent par le fait que les symptômes s'expriment de manière très variable : tous



Fig. 7a: Symptôme de carence en magnésium sur un cépage rouge avec lignification normale. © Agroscope



Fig. 7b: Symptôme du virus de l'enroulement foliaire sur un cépage rouge avec lignification normale. © Agroscope



Fig. 7c: Symptôme causé par la cicadelle bubale avec cercle noir typique au niveau du point de piqûre. © Agroscope



Fig. 7d: Symptôme de BN avec absence de lignification. © Agroscope

les sarments d'un cep infecté ne présentent pas nécessairement de symptômes visibles et les sarments atteints ne sont pas toujours entièrement symptomatiques.

CHALLENGE SUPPLÉMENTAIRE

Bien que les premiers résultats soient prometteurs, plusieurs facteurs compliquent encore le processus de détection. En effet, d'autres maladies ou carences présentent des symptômes similaires à ceux du BN (fig. 7), ce qui peut entraîner des erreurs d'interprétation par l'algorithme. Dans ces situations, l'absence de lignification, c'est-à-dire des sarments qui restent verts en fin d'été, semble constituer un indicateur supplémentaire prometteur. En 2025, trois autres parcelles de Pinot noir, présentant des symptômes nettement moins prononcés, ont été intégrées à l'analyse, de même que trois parcelles de Chardonnay, afin d'étendre la détection aux cépages blancs.

Afin de distinguer le BN de la FD, ce qui n'est jusqu'à présent possible qu'en laboratoire, le projet SmartGrape explore des méthodes alternatives, parmi lesquelles l'analyse des molécules émises par les ceps infectés. La combinaison de l'analyse des composés chimiques odorants et de l'imagerie multispectrale pourrait, à l'avenir, constituer un outil performant pour la détection précoce et l'identification des jaunisses de la vigne. Un article consacré à ces développements sera publié dans les prochains mois. 🍷

Remerciements

Nous tenons à remercier tous les autres partenaires du projet SmartGrape: Linus Reichert (Université de Zurich), Stefano Minchev (EPF Zurich), Christophe Debonneville et Patrik Kerhli (Agroscope).