

## Vers un Capteur d'humectation 3D

L'humectation (la présence d'eau libre sur une surface) est une variable très importante en épidémiologie végétale. En particulier, elle est impliquée dans la plupart des phénomènes de contamination des plantes par les champignons à sporée aérienne, mais elle influence aussi par exemple les conditions de ponte des insectes ainsi que le développement des acariens... Elle intervient aussi dans d'autres domaines, qui ne concernent pas l'agriculture.

Les modèles épidémiologiques qui servent à l'analyse du risque de développement de maladies des parties aériennes des plantes utilisent pour la plupart les valeurs d'humectation obtenues soit grâce à des capteurs, soit par une estimation basée sur l'hygrométrie de l'air. Les capteurs utilisés actuellement fonctionnent en mesurant la constante diélectrique d'une surface qui est en contact avec le capteur (THIEBEAU et ALAVOINE, 2018)<sup>2</sup>. Ces capteurs doivent être calibrés pour fonctionner correctement, et les méthodes pour les calibrer sont bien documentées (Baudais *et al.* 2021)<sup>3</sup>. Une maintenance régulière permet d'avoir une certaine répétabilité de la mesure. Néanmoins, ils sont coûteux à entretenir et considérés comme peu fiables pour les usages agricoles (Fatthy, 2016)<sup>1</sup>, à tel point que beaucoup de modélisateurs « sécurisent » les valeurs d'humectation, en ayant recours à un modèle d'humectation basé sur le diagramme de l'air humide ou sur l'IA.

Les capteurs d'humectation disponibles commercialement sont plans et de petite taille, mais la taille importe peu dès l'instant qu'elle représente une surface de quelques centimètres carrés. Du point de vue d'un agronome, ils ne permettent pas de refléter la superposition des feuilles qui se produit dans une architecture végétale. Cette superposition dépend du type de couvert végétal qui inclut l'espèce végétale, le stade phénologique, ainsi que la conduite de la culture. Les capteurs commerciaux ne reflètent pas non plus toutes les conditions d'orientation et les conditions d'exposition à la lumière ou au vent. Il est aujourd'hui indispensable de disposer de capteurs permettant de refléter toutes les orientations, tous les recouvrements et toutes les pentes. Il est possible d'équiper une plante de multiples capteurs, mais cette pratique est difficile à standardiser. Une « gamme d'humectation » est fournie à l'utilisateur par certains capteurs, basée sur le niveau de sortie du signal transmis. Cependant, cela reste une gestion par extrapolation de la mesure, fondée sur une hypothèse du comportement du couvert végétal.

Actuellement, il est tout à fait possible, grâce aux imprimantes 3D (ou tout autre dispositif), de concevoir un panel de petites surfaces (planes ou courbes) qui peuvent être équipées de capteurs. On pourrait même imprimer directement ces capteurs, pour obtenir une plus grande diversité de surfaces représentatives de la végétation, tout en gardant une taille de capteur modeste. Le capteur 3D devrait pouvoir décrire l'humectation en prenant en compte au moins trois critères absents des « mono-capteurs 2D » : la diversité des recouvrements, les orientations et les pentes présentes dans un couvert végétal. Il est probable que ce type de capteurs sera plus onéreux que les simples plaquettes disponibles actuellement. Toutefois, même s'ils ne sont pas utilisés dans toutes les exploitations agricoles, ils pourraient au moins servir de référence dans les stations de recherche et développement.

Le capteur idéal n'existe pas car il n'est pas possible de représenter l'ensemble des espèces cultivées ni tous leurs stades de développement. Les capteurs 3D fourniront eux-aussi un signal de sortie variable, avec un niveau d'incertitude. Pour autant il faut bien reconnaître que les plaquettes utilisées actuellement sont simplistes. Le fait que le capteur idéal n'existe pas ne peut pas justifier qu'on en reste à ce type de dispositif. De nombreuses formes peuvent être imaginées : chevrons installés sur une hélice verticale, éléments de surfaces inscrits dans des sphères concentriques etc. L'imprimante 3D ouvre la possibilité de surfaces imbriquées complexes et pourquoi pas la forme d'une grappe de raisin, pour tenir compte des contaminations de mildiou dans les zones très protégées de la ceinture.

Ce papier est un appel à la réalisation et la démocratisation de capteurs d'humectation à la fois plus représentatifs et plus polyvalents, capteurs dont nous n'avons pas connaissance à ce jour.

### Références

[1] Thèse MCIS Université d'Auckland, Leaf Wetness Duration Modelling Using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System, Fatthy Amir, 2016.

[2] P. THIEBEAU et G. ALAVOINE, « Estimation de la quantité d'eau apportée par une rosée à l'aide de capteurs diélectriques de durée d'humectation », Cahier des Techniques de l'INRA, vol. 94, p. 1–16, 2018

[3] Jean-Yves Baudais, Melen Leclerc, Christophe Langrume. Estimation de ligne de base de capteurs d'humectation : intégration et minimum locaux à différentes échelles. 2021. hal-03347213

### Ressource

R. MAGAREY, T. SUTTON et C. THAYER, « A simple generic infection model for foliar fungal plant pathogens », Phytopathology, vol. 95, no. 1, p. 92–100, 2005.

DECAGON DEVICES INC., Dielectric Leaf Wetness Sensor. Operator's Manual, 2016.

### Auteur

*Dr. Christophe ROUBAL*

*Personnes Ressource Nationale Modélisation Epidémiologique*

*ONPV*

*28-08-2024*

