

---

## INVERSION DU MODÈLE BILAN HYDRIQUE AVEC LES DONNÉES ISSUES DU CROWDSOURCING EN VITICULTURE

### RETRIEVE TOTAL TRANSPIRABLE SOIL WATER FOR GRAPEVINES FROM A VINE SHOOT GROWTH INDEX COLLECTED THROUGH FARMSOURCING

Thèse de Yulin ZHANG<sup>1</sup>

Analysée par Guy WAKSMAN<sup>2</sup>

Directeur de thèse : Bruno TISSEYRE, Institut agro Montpellier, France

Encadrement : Léo PICHON, Institut agro Montpellier, France

La thèse de Yulin ZHANG est un peu surprenante : Intéressante, bien menée, écrite en un anglais parfait par un thésard chinois qui maîtrise aussi parfaitement le français, cette thèse impressionne !

Autre « surprise » : alors qu'au final, la thèse porte sur le problème bien « terre à terre » du besoin en eau de la vigne dans le contexte très actuel de changement climatique, notamment en milieu méditerranéen, et avec cette variabilité climatique exacerbée que nous découvrons année après année, les aspects méthodologiques autour des méthodes de modélisation « *Inverse modelling* » et « *Forward modelling* » ont passionné l'auteur et sont très longuement développés dans la première partie de la thèse :

*“Inverse modelling is where you use features of your data to estimate a set of underlying parameters of your physical model of what is going on.*

*Forward modelling is where you use your model to predict what you would observe and use a comparison of these predictions to your data to infer your model parameters”.*

De la même façon, le concept d'eau transpirable du sol (TTSW, en anglais), sur lequel s'appuie la thèse, est présenté avant la méthode des apex des plants de vigne (voir ci-après) qui permet d'inférer les valeurs de TTSW à partir de mesures plus accessibles. Et ce n'est qu'au fur et à mesure de la lecture de la thèse que l'on se rend compte que le travail réalisé pourrait aider à la conception de conseils agricoles pertinents.

**De la méthode des apex permettant de suivre l'évolution de la croissance des vignes et d'estimer le niveau de contrainte hydrique à laquelle elles doivent faire face...**

---

<sup>1</sup>Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Institut Agro Montpellier et de l'Université de Montpellier, En génie des procédés, Ecole doctorale GAIA – Biodiversité, Agriculture, Alimentation, Environnement, Terre, Eau, portée par l'Unité de recherche ITAP – Technologie et méthodes pour les agricultures de demain, présentée et soutenue le 10 octobre 2024.

<sup>2</sup> Membre de l'Académie d'agriculture de France, section 9 « Agrofournitures ».

En amont de la thèse, l'Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV) et l'Institut Agro Montpellier, soutenus par la région Occitanie, ont développé une application mobile permettant de mettre en œuvre cette méthode.

La méthode des apex est une méthode simple pour caractériser la croissance végétative de la vigne. Elle est basée sur l'observation de l'extrémité des rameaux, que l'on appelle les apex. Elle consiste à observer une cinquantaine d'apex et à les classer selon trois catégories (pleine croissance, croissance ralentie ou croissance arrêtée). Le calcul d'un indice synthétique, appelé indice de croissance, permet ensuite de caractériser la croissance végétative de la zone observée. La réalisation hebdomadaire de ces observations permet de caractériser la dynamique de croissance.

Cette méthode a été développée et est utilisée depuis plusieurs années par les principaux acteurs des organisations techniques professionnelles du pourtour méditerranéen (Institut Français de la Vigne et du Vin, Chambres d'Agriculture, Syndicat des Vignerons des Côtes-du-Rhône). En permettant le suivi de la croissance végétative et de sa dynamique elle offre de nombreuses applications pour la conduite agronomique des vignobles (suivi de la contrainte hydrique, suivi de la vigueur, *etc.*).

Cette méthode étant simple et accessible, ces acteurs l'ont promu ces dernières années, permettant de constituer la base de données d'observation participative (crowdsourcing) via l'application mobile ApeX-Vigne, application de collecte d'information « terrain » (ou « farmsourcées ») qui a servi dans la thèse : [Voir apexvigne.agrotic.org](http://Voir.apexvigne.agrotic.org)

### **...à l'Eau Totale Transpirable du Sol (TTSW)**

La TTSW est cruciale pour les producteurs de vin, car elle influence de manière significative les décisions de gestion des vignobles, telles que le contrôle de la canopée et la planification de l'irrigation.

Dans le contexte du changement climatique, l'évaluation précise de la TTSW devient de plus en plus vitale, en particulier dans les régions méditerranéennes, pour évaluer la résilience des vignobles. Cependant, la mesure directe de la TTSW pose des défis logistiques (par exemple, estimation de la profondeur de sol accessible aux racines, cailloux, hétérogénéité intra-parcellaire...), et il y a eu un manque notable de méthodes d'estimation à faible coût adaptées aux vignobles commerciaux.

Cette thèse de doctorat explore l'estimation de la TTSW pour les vignes en utilisant une approche de l'inversion du modèle (IM), en exploitant les données de croissance des apex de vigne collectées, décrite plus haut. Sont également prises en compte les données météorologiques, les images satellite Sentinel 2 (constellation Européenne, depuis 2015, permettant d'accéder aux indices de végétation à une résolution de 20 m), la capacité de rétention de l'eau par les sols, *etc.*

La recherche aborde deux questions principales :

- 1) Comment développer une méthode d'inférence statistique de la TTSW basée sur des données « farmsourcées » issues de la méthode des apex ?
- 2) Quelle est la précision de cette méthode ?

La thèse est structurée ainsi :

- Le chapitre 1 identifie une voie d'inversion prometteuse reliant la TTSW à l'indicateur de croissance des apex de vigne. Il inclut une synthèse bibliographique qui paraît très complète

des « Inversion models » (modèle à inférence statistique) et qui pourra servir à des chercheurs cherchant à faire le point sur ces modèles.

- Avec le chapitre 2, on passe de la théorie à la pratique. Est développée une fonction de transfert des observations des apex à l'évaluation de la TTSW.

- Le chapitre 3 adapte et teste un modèle inverse pour récupérer la TTSW dans le cas particulier d'un vignoble méditerranéen, en évaluant sa précision à une échelle locale.

- Le chapitre 4 évalue la méthode proposée d'estimation de la TTSW en utilisant un jeu de données issues de la méthode des apex, telle qu'utilisée sur une appellation viticole du Sud de la France, en évaluant la cohérence des résultats à une échelle régionale (observation satellite).

Enfin, dans le chapitre 5, des améliorations possibles sont envisagées pour améliorer les stratégies d'échantillonnage pour la génération de données à l'échelle régionale.

Les dernières lignes rendent compte du goût et du talent de l'auteur de cette thèse pour la philosophie :

*"This dissertation concludes with a key hypothesis: the integration of large amounts of imperfect data can compensate for the imperfections of individual data, embodying the "wisdom of crowds" (Surowiecki, 2004). Despite significant gaps in information, a low ratio of deployable data, and the lack of a spatial sampling strategy, the inversion of TTSW in many parts of the studied wine appellation produced coherent results, possibly due to the integration of closely located TTSW estimations.*

*However, this current level of TTSW knowledge may be challenging to apply in local farming communities' decision-making, as it might be too uncertain in accuracy and spatially sparse within the study area. This highlights the need to reconsider the basic assumption of the "wisdom of crowds" when describing a spatial variable like TTSW. Specifically, when discussing "a large amount of imperfect data," it is crucial to critically assess factors such as the required dataset size and the acceptable level of data imperfection.*

*These challenges underscore the reality we encounter when employing the Farmsourcing approach, a distinct branch of Citizen Science that has inspired millions. They remind us that the beautiful idea of working collectively, thinking collectively, and progressing collectively, like many other beautiful concepts, comes with obstacles and demands considerable effort. After all, science strives for truth, and truth is not always about beautiful ideas. Our research seeks to harness truth to support and realize these ideals."*

La qualité de l'argumentation et du regard auto-critique de l'auteur sur ses résultats est remarquable, en pleine cohérence avec ce que l'on attend d'un futur chercheur.

L'ensemble des travaux de cette thèse remarquable, rapportés dans cette analyse, justifie qu'elle figure sur le Site et dans le Mensuel pour valorisation de ces résultats.