



HAL
open science

Modélisation physique de la durée d'humectation à l'échelle de la feuille tenant compte de la mouillabilité de la feuille

Alexandre A. Leca, M. Saudreau

► **To cite this version:**

Alexandre A. Leca, M. Saudreau. Modélisation physique de la durée d'humectation à l'échelle de la feuille tenant compte de la mouillabilité de la feuille. Auvergne Sciences, 2010, Le Magazine (21 décembre 2010), 3 p. hal-00964565

HAL Id: hal-00964565

<https://hal.science/hal-00964565>

Submitted on 29 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modélisation physique de la durée d'humectation à l'échelle de la feuille tenant compte de la mouillabilité de la feuille

Introduction

Dans la démarche actuelle de réduction des pesticides, estimer le plus précisément possible les risques d'infection d'une culture est un objectif majeur de la recherche. Or pour se développer et infecter une plante, un champignon a généralement besoin d'être en milieu aqueux pendant un certain temps. Ainsi une pratique courante en protection des cultures est de ramener un risque d'infection à l'estimation d'une durée d'humectation des organes (feuilles et fruits) - c'est-à-dire à estimer l'intervalle de temps que met l'eau liquide déposée sur un organe à s'évaporer. Les modèles de prévision des risques utilisés de nos jours reposent principalement sur des fonctions empiriques sans prendre en compte les phénomènes physiques qui conditionnent la durée d'humectation. Or l'optimisation et la réduction des traitements fongicides passent nécessairement par une meilleure compréhension et une meilleure modélisation des interactions entre les plantes et leurs pathogènes, et notamment les conditions favorisant les infections.

Cette étude s'inscrit pleinement dans cette démarche et nous cherchons, à partir d'une approche physique, à comprendre, modéliser et hiérarchiser l'importance des composantes du climat et des propriétés propres à la feuille qui conditionnent la durée d'humectation des feuilles d'une plante. La pomme étant le premier fruit cultivé en France, cette étude s'est naturellement portée sur les pommiers et leur maladie fongique la plus répandue, la tavelure, causée par le champignon *Venturia inaequalis* (figure1)

Modéliser la durée d'humectation des feuilles

L'évaporation d'une goutte d'eau à la surface d'une feuille met en jeu des échanges de masse et de chaleur avec son environnement (figure 2). C'est un processus complexe piloté à la fois par des facteurs climatiques comme la température de l'air, le rayonnement solaire et le vent, et des facteurs locaux comme la géométrie de la goutte et température des feuilles. Cette complexité est renforcée par la structuration spatiale de la frondaison des arbres qui génère une multitude de conditions climatiques au sein de leurs couronnes et peut potentiellement induire des durées d'humectation très variables au sein d'une frondaison.

Dans un premier temps nous avons abordé les processus d'échanges de masse et de chaleur à l'échelle de la feuille en considérant des feuilles planes et une forme de goutte donnée (figure 2). Dans la nature, l'eau déposée sur les feuilles provient de la pluie ou de la rosée et conduit généralement à la formation de gouttelettes d'eau à leur surface (figure 3). La forme d'une gouttelette peut être approchée à partir de son volume et de l'angle de contact avec la feuille θ , qui dépend de la mouillabilité de cette feuille (figure 2).

A partir de ces données, il est possible d'effectuer un bilan thermique du système {gouttelette + air}, qui traduit un équilibre entre le flux d'évaporation E , le flux de convection C (le flux lié au vent ou lié à la convection thermique), et le rayonnement net R (bilan des rayonnements reçu et émis à la surface de la gouttelette (figure 2) :

$$\lambda \cdot E + C = R \quad (1)$$

où λ représente la chaleur latente d'évaporation de l'eau, i.e. la quantité d'énergie à fournir à un kilogramme d'eau pour effectuer son passage d'un état liquide à un état gazeux. A partir d'une goutte donnée et d'une dynamique de climat donnée, la résolution de cette équation permet, à chaque pas de temps, d'estimer le volume d'eau évaporé. Ce calcul est répété jusqu'à évaporation complète de la goutte. Ce temps final nous donne alors la durée d'évaporation.

L'utilisation de ce modèle simple permet d'estimer et hiérarchiser l'importance des paramètres climatiques (intensité du rayonnement, du vent, température de l'air ambiant) et géométriques du dépôt d'eau (rayon de la goutte, angle de contact) sur la durée évaporation d'une goutte d'eau.

Par exemple, pour répondre à la question de l'importance de la prise en compte de la forme des gouttes sur leur durée d'évaporation, nous avons confronté ce modèle et un modèle dégradé ne prenant pas en compte la forme de la goutte (à l'image de la majorité des modèles d'évaporation en utilisation) à une série de mesures obtenues pour des tailles de gouttes et des conditions climatiques variées. Cette comparaison a mis en évidence l'influence importante de la forme de la goutte sur le temps d'évaporation puisque une variation d'angle de contact de 5% induit une différence de temps d'évaporation de l'ordre de 35%. Ces résultats illustrent bien la nécessité de conserver une description géométrique correcte des gouttes d'eau.

L'objectif final de ce projet est de pouvoir proposer une alternative plus fiable aux modèles empiriques actuellement utilisés. Le passage au verger ne pose pas de problème au niveau des processus mis en jeu et l'équation (1) reste valide pour estimer l'évaporation des gouttes. Par contre se pose le problème de la prise en compte de la variabilité des conditions climatiques engendrées par la structuration spatiale de la frondaison, et par la variabilité des paramètres géométriques du dépôt d'eau qui varient en fonction de nombreux facteurs tels que l'espèce de la plante, l'âge des organes, la composition de l'eau (notamment par la présence de pesticides). Dans le cadre de ce projet deux points sont également abordés via la mise en place d'expérimentations dédiées (figure 3) et via la prise en compte de la structuration de la frondaison (figure 4).

A terme, tous ces développements seront intégrés au sein d'une modélisation prenant en compte l'architecture de la frondaison, le climat et l'état physiologique des feuilles.



Figure 1 : Symptômes de tavelure sur fruits et sur feuilles.

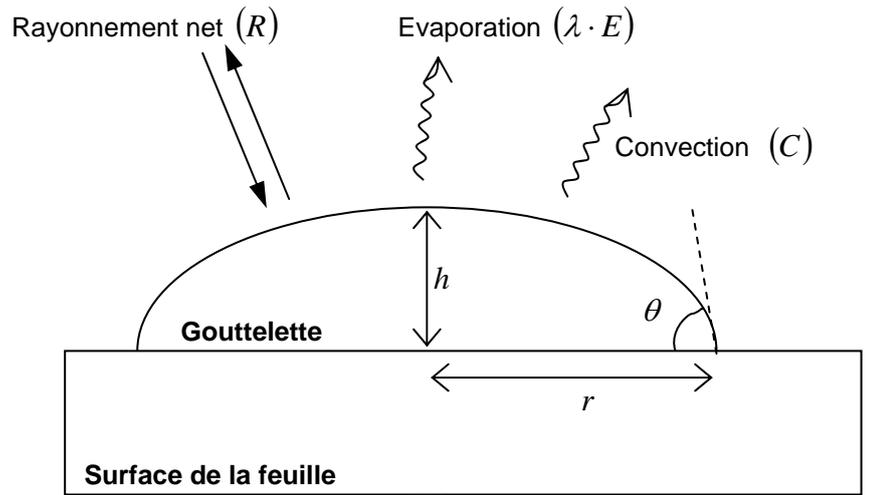


Figure 2 : Schéma d'une gouttelette sur son support et des flux thermiques entrant en jeu dans le processus d'évaporation.

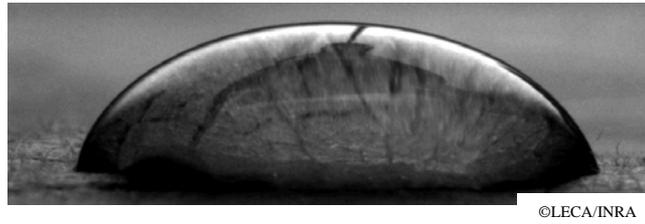


Figure 3 : Gouttelette d'eau à la surface d'une feuille reproduite en laboratoire pour étudier les interactions entre l'eau et les feuilles.

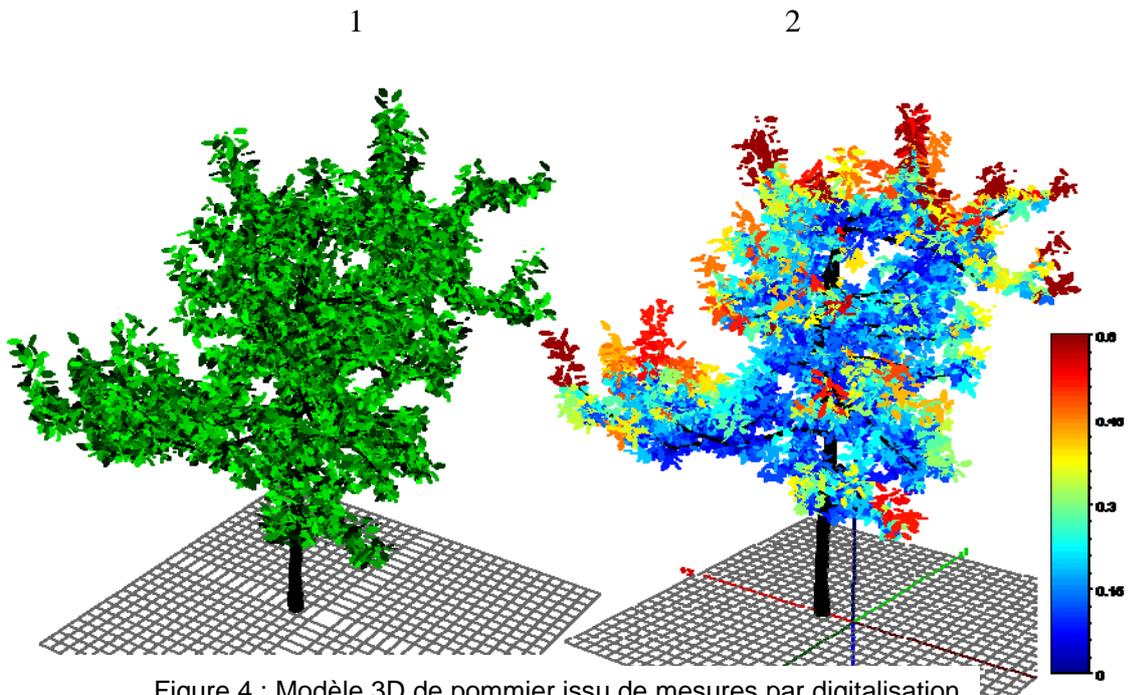


Figure 4 : Modèle 3D de pommier issu de mesures par digitalisation électromagnétique : maquette initiale (1) et maquette colorée en fonction de l'éclairage journalier reçu par les feuilles (2).