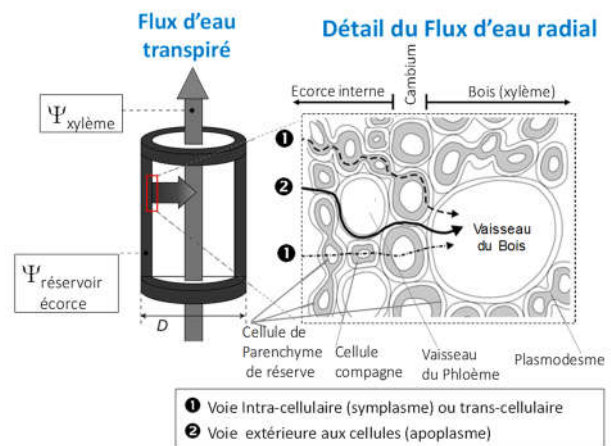


Systeme PépiPIAF

SYSTEME DE SURVEILLANCE ET D'EXPERTISE DE LA CROISSANCE ET VITALITE DES PLANTES ET DES ARBRES

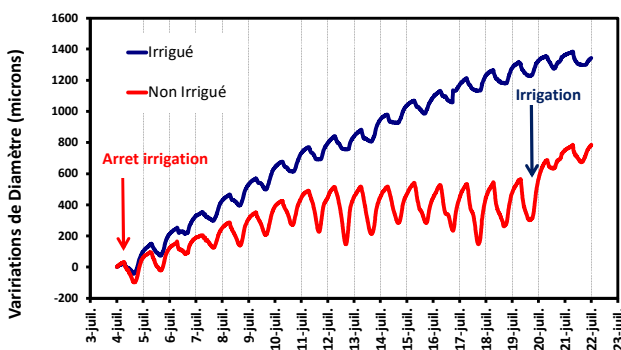
L'arbre et l'eau

Pour assurer son activité de photosynthèse, une plante absorbe l'eau par les racines et la transpire par les feuilles. Le jour, sous l'influence de l'énergie solaire, lorsque l'absorption d'eau ne compense pas totalement la transpiration, la plante puise dans ses réserves et le diamètre de ses organes diminue. Cette diminution est la conséquence de la contribution des réserves en eau des cellules à cette transpiration. La nuit, en l'absence de transpiration, la réhydratation de la plante permet une récupération du diamètre initiale des organes, accompagnée d'une augmentation de celui-ci, lorsque les conditions climatiques sont favorables à la photosynthèse et à la croissance secondaire.

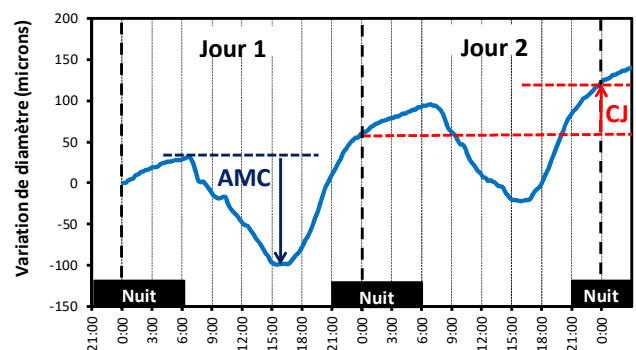


“Les arbres ont un cœur qui bat une fois par jour ”

C. Lenne « Dans la peau d'un arbres (Belin, 2021)



Graphique du suivi de deux arbres l'un irrigué l'autre non



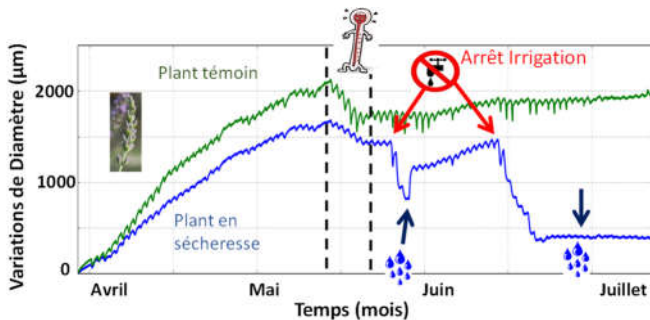
AMC : Amplitude maximale de contraction
≈ niveau de contrainte hydrique

CJ : Croissance apparente Journalière
≈ activité de photosynthèse

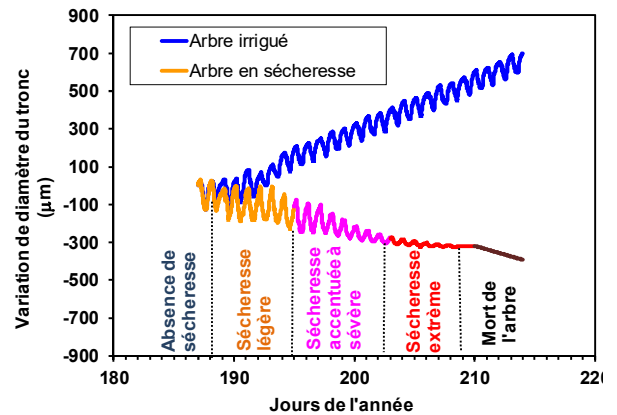
De ces “pulsations”, on peut lire la croissance journalière de l'arbre et ses besoins en eau (cf. graphe ci-dessus). Si ces “pulsations” s'accroissent sans croissance, on en déduit que l'arbre subit une contrainte hydrique

Évolution sur plusieurs jours du diamètre des branches :

Cette contrainte hydrique peut-être de plus en plus forte avec une perte de diamètre qui s'accroît et représentant plusieurs % du diamètre initial, ce qui peut conduire à des dommages irréversibles puis à la mort de l'arbre.

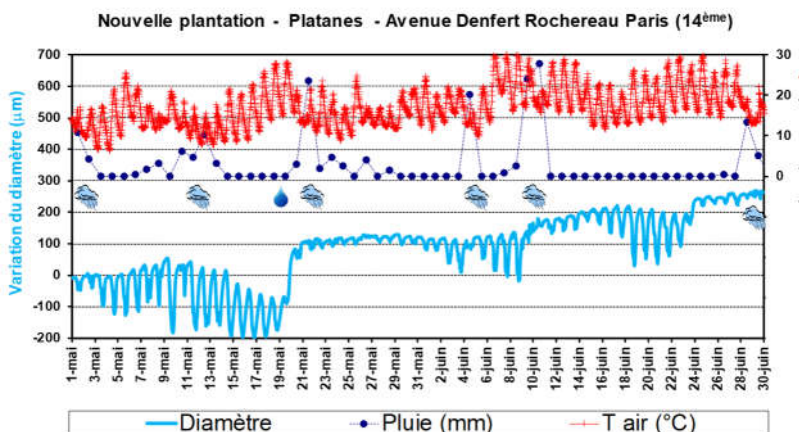


Drought-Induced Mortality: Branch Diameter Variation Reveals a Point of No Recovery in Lavender Species 2020 - Lamacque, L. et al. Plant Physiology, Volume 183, Issue 4, August 2020, Pages 1638–1649, <https://doi.org/10.1104/pp.20.00165>



L'enregistrement en continu de la croissance en diamètre renseigne donc très précisément sur les besoins en eau de la plante suivie et permet de piloter l'irrigation de cette dernière lorsque la contrainte hydrique en journée est marquée. C'est sur cette base d'interprétation des variations continues d'organe d'un arbre fruitier, que Jean-Gérard Huguet et Bernard Jaussely ont déposé en 1985, un Brevet sur un « procédé et dispositif de commande automatique de l'irrigation des végétaux » au nom de l'INRA, plus connu sous son nom commercial : le « Pépista » (Pépi = la soif : Sta = stabilisé la « soif » de l'arbre).

Notre système s'inscrit donc dans le prolongement de ce brevet et pour marquer la filiation INRA, aujourd'hui INRAE de ce procédé, nous avons donné le nom de PépiPIAF à notre système, issu des recherches d'une Unité Mixte INRAE-UCA (Université Clermont Auvergne), l'UMR 547 PIAF (Physique et physiologie Intégrative de l'Arbre en environnement Fluctuant ; <https://www6.clermont.inrae.fr/piaf>) et d'un partenariat avec la section BTS SE du Lycée Lafayette de Clermont-Fd.

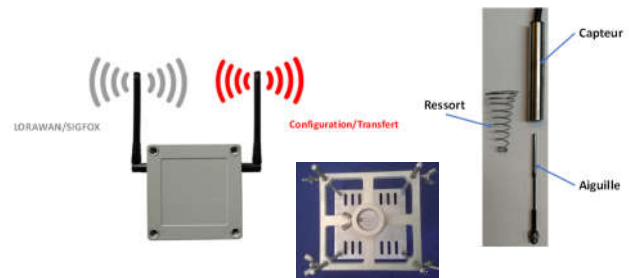


Platane - Denfert Rochereau
DEV – Paris (75)

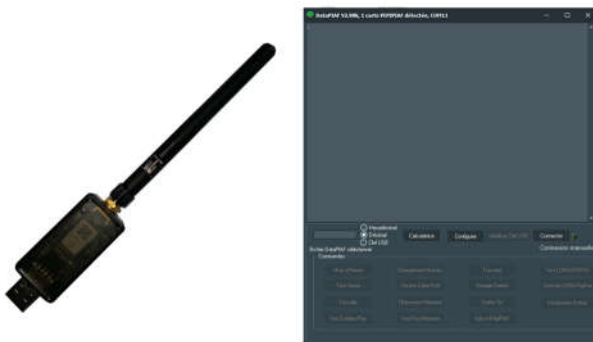
PépiPIAF et e-PépiPIAF

PépiPIAF et sa version connectée e-PépiPIAF sont des systèmes qui mesurent, mémorisent et transmettent à distance les micro-variations de diamètre d'organe (sensibilité inférieure au micron) d'une plante ou d'un arbre et la température de l'air au point de mesure, sans perturber son fonctionnement. C'est un ensemble autonome constitué :

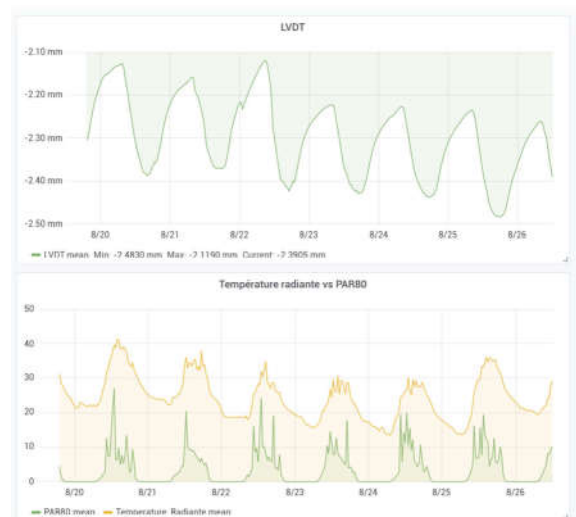
- d'un **boîtier électronique** avec son logiciel spécifique pour mesurer la variation micrométrique de diamètre et la température de l'air, sa mémoire non volatile pour stocker les données, ses piles pour alimenter les capteurs et transmettre ses données à distance par liaison sans fil (radio, LoRa ou Sigfox), son capteur LVDT et son porte capteur adapté au diamètre de l'arbre suivi. Ce boîtier peut également être équipé de capteurs complémentaires (rayonnement, watermark®, Hygro/Thermomètre, vitesse du vent et direction, thermocouple externe, ...).



- d'une **clé USB et son logiciel DataPIAF®** qui permet la connexion avec un ordinateur PC portable, la programmation du boîtier électronique et le téléchargement de l'historique des données sur simple demande de l'opérateur, grâce à une liaison sans fil IEEE802.15.4 à la fréquence de 2,4Ghz.



Un logiciel sur l'ordinateur **PépiGraf&Ana®** qui permet de visualiser les courbes de croissance et de température et de prétraiter ces données. L'opérateur peut alors décider d'une intervention sur l'irrigation de l'arbre ou des soins à lui apporter afin de le maintenir en parfaite santé. Les courbes peuvent mettre en évidence des incidents autres que le manque d'eau (reprise de croissance à la plantation, début et arrêt de la croissance radiale, engorgement, attaque de parasites foliaires, impact des pratiques culturales de fertilisations, de surexploitation d'arbre industriel, détermination de la prise en glace, de la résistance au gel et/ou des dommages liés au gel ou à la sécheresse, détermination de la mortalité cellulaire, suivi de trait de phénologie, ...). On peut ainsi diagnostiquer la réaction des plantes soumises à divers traitements et expertiser les contraintes de développement et environnementales.



CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU e-PÉPIPIAF

- Boîtier étanche IP67 équipé de 4 connecteurs étanches pour la connexion des capteurs et d'un thermocouple directement implanté sur la carte électronique et dé-connectable. Les entrées peuvent être activées ou désactivées individuellement. Des bouchons étanches permettent de protéger les entrées non utilisées
- Alimentation par 2 piles 1.5V type D avec une autonomie de plusieurs années (>2 ans).
- Capteur de déplacement LVDT (Linear Variable Differential Transformer) Solartron (DC : DF 5.0 ou AC : MD5 et MD10).
- Résolution inférieure au micron (0.5 μm) et course mesurée $> \pm 7.5\text{mm}$ ($> \pm 13,0\text{ mm}$ pour MD10).
- Porte capteur adapté aux dimensions des végétaux (jusqu'à 35 mm, jusqu'à 100 mm et jusqu'à 250 mm).
- Paramétrage du pas de mesure (1mn, 3mn, 5mn, 10 mn, 15 mn, 30 mn, 60 mn et 180 mn)
- Paramétrage de la profondeur de mémoire (4Mbits, soit jusqu'à 16 000 mesures datées, une mesure contient les données de tous les capteurs actifs),
- Paramétrage des entrées actives, de la mise à l'heure, du transfert des données par liaison sans fil IEEE802.15.4 (portée > 50m) à l'aide de la clé USB et du logiciel DataPIAF® compatible Windows.
- Logiciel DataPIAF® compatible Windows permettant de nombreux paramétrages (ex. effacement mémoire, test de l'heure, test de la tension pile, test du pas de mesure, de l'occupation de la mémoire et des entrées actives, d'interrogation de la version du firmware, du mode écoute radio, de l'interrogation d'un boîtier de mesure parmi plusieurs dizaines ou d'identifier un ensemble de boîtier en mesure (fonction sniffer), d'extraction des paramètres LoRa/Sigfox, d'envoi d'une trame de test LoRa/Sigfox, du répertoire de sauvegarde, de la modification du canal radio IEEE802,15,4, ...) et la création et sauvegarde des données au format csv.
- logiciel PépiGraf&Ana® compatible Windows permettant de visualiser, d'assembler et d'analyser les fichiers .csv issus du logiciel DataPIAF®. La mémorisation des courbes (format image) et les données journalières calculées (plusieurs formats dont Excel) sont sauvegardées.
- les e-PépiPIAF abonnés au réseau Sigfox ou LoRa et hébergés sur un serveur INRAE/Cap-Connect (abonnement) peuvent être consultables depuis internet en temps réel par connexion sécurisée et personnalisée (identifiant et MdP). Les données sont alors accessibles directement sous forme graphique (Grafana) et sous forme de fichiers .csv téléchargeables.

Diffuseur Agréé :



sous Licence INRAE – UCA – Lycée Lafayette

16 Rue du Général DELZONS
63000 Clermont Ferrand

+33 (0)6 88 88 13 95
Capt-connect@orange.fr