

## MESURE DE DEBIT DE SEVE AU NIVEAU DES TRONCS D'ARBRES :

### Application dans la recherche des modèles climatiques de consommation d'eau des vergers

NASR Z.\*

### ملخص

أستعمل منسوب السائل الغدائي المقاس بمجس حراري على مستوى جذوع الأشجار لتقييم معدل الإستهلاك المائي لبستان من شجر التفاح، كما أن العلاقة الخطية المتوصل إليها والرابطة بين الإستهلاك المائي والجزء الضوئي من معادلة التبخر - النتح (Penman) بالإمكان إعتبارها نموذجاً لتقييم الإستهلاك المائي. إن لمثل هذه العلاقات المبسطة دوراً هاماً، يمكن أن تكون منطلقاً لعملية نموذجية لري للأشجار.

### RESUME

Le débit de sève brute mesuré par capteur thermique au niveau des troncs d'arbres est utilisé ici pour estimer la transpiration moyenne d'un verger de pommiers. La corrélation linéaire obtenue entre le débit de sève moyen et le terme radiatif de l'ET Penman constitue un modèle climatique simple de consommation d'eau. Un tel modèle présente un grand intérêt pour le pilotage des irrigations des vergers.

**MOTS CLES :** débit de sève-transpiration-verger- pilotage d'irrigation.

### ABSTRACT

The sap flow rate measured by heat sensor in trees trunks is used to estimate the average transpiration of an apple orchard. The linear correlation obtained between transpiration and radiatif part of Penman evapotranspiration can be used as a climatic pattern to evaluate orchard water use in irrigation scheduling.

**KEYS WORDS :** sap flow rate - transpiration - orchard - irrigation scheduling.

\* I.N.R.A.T : Laboratoire Bioclimatologie 2080 Ariana . TUNISIE

## INTRODUCTION

La connaissance des quantités d'eau transpirées par les arbres est une donnée nécessaire pour le pilotage d'irrigation des cultures.

S'agissant des cultures à couverts continus, de nombreuses méthodes permettent aujourd'hui d'estimer l'évapotranspiration avec une bonne précision (bilan hydrique au sol, méthodes micrométéorologiques, lysimètres...). En revanche pour les cultures à couvert discontinu, cas des vergers, on se heurte à des problèmes d'échantillonnage et de représentativité beaucoup plus délicats quand on calcule le bilan hydrique ou que l'on utilise les lysimètres. Les méthodes microclimatiques actuelles ne peuvent pas être utilisées en raison de la forte rugosité des cultures.

La mesure de débit de sève brute au niveau des troncs d'arbres (diamètres 1 à 10 m) est en revanche, un moyen d'évaluer la consommation d'eau (Nasr, 1989). Différentes méthodes thermiques ont été développées pour évaluer le débit de sève : impulsion de chaleur (Cohen, Fuchs et Green, 1981) ; dissipation de chaleur (Granier, 1985) et bilan de chaleur (Sakuratani, 1981).

Par rapport aux techniques d'impulsion et de dissipation de chaleur, la méthode de bilan offre un avantage certain, elle accède directement au débit total sans étalonnage préalable (Nasr, 1989). Nous avons repris le principe proposé par Sakuratani (1981) sur plantes herbacées, nous l'avons amélioré et nous l'avons adapté pour mesurer la transpiration d'un arbre.

L'objectif ici est d'utiliser les mesures du débit de sève effectuées sur des arbres individuels pour estimer la transpiration du verger et chercher une corrélation simple entre cette transpiration et quelques éléments du climat.

Pour cela, on exposera d'abord les résultats obtenus en milieu contrôlé, avec mesure de la transpiration par pesée. Ensuite, des résultats en conditions du vergernaturelle et un modèle simple entre la transpiration moyenne et le terme radiatif de l'ET Penman.

## MATERIEL ET METHODE

Le capteur ainsi que la théorie de la méthode sont largement décrits dans les travaux de Nasr (1989) et Valancogne et Nasr (1989a, 1989b). Nous tenons juste à rappeler le principe de la technique. Un élément chauffant appliqué autour du tronc délivre une puissance calorifique connue  $W$ . Les différents flux de déperditions sont mesurés par des sondes thermiques. L'équation de bilan permet ainsi de calculer le flux de chaleur convectif transporté par la sève puis le débit de sève lui même.

Le verger de pommiers; variété "Grany Smith", lieu de l'expérimentation est situé à "Bergerac" au Sud-Ouest de la France. La densité de plantation est de 2500 arbres/ha. Le verger est irrigué au goutte à goutte. Quatre arbres sont équipés de capteurs de débit de sève. Les mesures sont effectuées et stockées en temps réel sur une centrale d'acquisition.

Pour le choix des arbres nous nous sommes basés sur une étude fréquentielle du diamètre du tronc ; ainsi chaque arbre représente une classe d'arbres de taille connue.

Dans le même site, le rayonnement net et la température de l'air sont mesurés au dessus des arbres. A la fin de la campagne, les feuilles de chaque arbre sont recueillies dans des filets, séchées et pesées afin d'avoir une idée sur la masse foliaire.

## **RESULTATS ET DISCUSSION**

### **La méthode de débit de sève, une technique référence pour estimer la transpiration des arbres.**

Afin de tester la fiabilité du capteur conçu, une série d'expérimentations sous serre ont été effectuées. La transpiration est mesurée par pesée à l'aide d'une balance précise.

La figure 1 illustre l'ajustement des valeurs du débit de sève calculé par bilan de chaleur et la transpiration mesurée.

On peut remarquer, sauf pour quelques faibles valeurs de transpiration, que le débit de sève estime la transpiration avec une précision de 10%. Cette précision a été également obtenue par Sakuratani (1981) sur plantes herbacées (tomate, soja et tournesol).

### **Evolution journalière du débit de sève dans le verger.**

Un exemple d'évolution du débit de sève et du rayonnement net est donné dans les fig. 2a et 2b. Le débit de sève suit de près l'évolution du rayonnement net mais avec un certain retard.

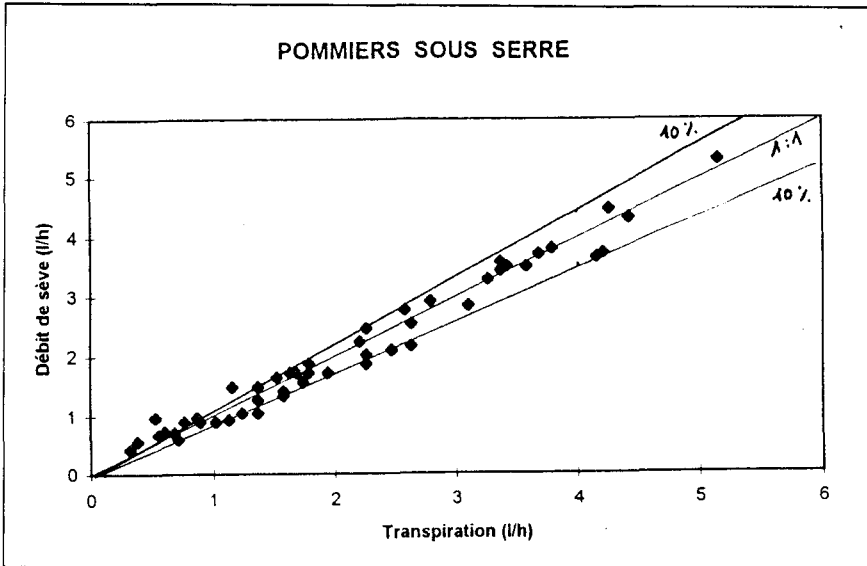
Le décalage matinal entre débit de sève et rayonnement peut être en partie attribué à la contribution du réservoir de l'arbre à la transpiration ; l'absorption au niveau des racines est encore faible ceci est dû au faible gradient du potentiel hydrique entre feuilles et racines (Katerji et al, 1982).

La variation du débit de sève entre les arbres peut être liée à l'importance de la surface foliaire. Nous notons des fois une baisse de débit à midi alors que le rayonnement net est maximum ; ceci correspond en effet à une baisse du rayonnement intercepté conséquent de l'architecture des cultures en rangs.

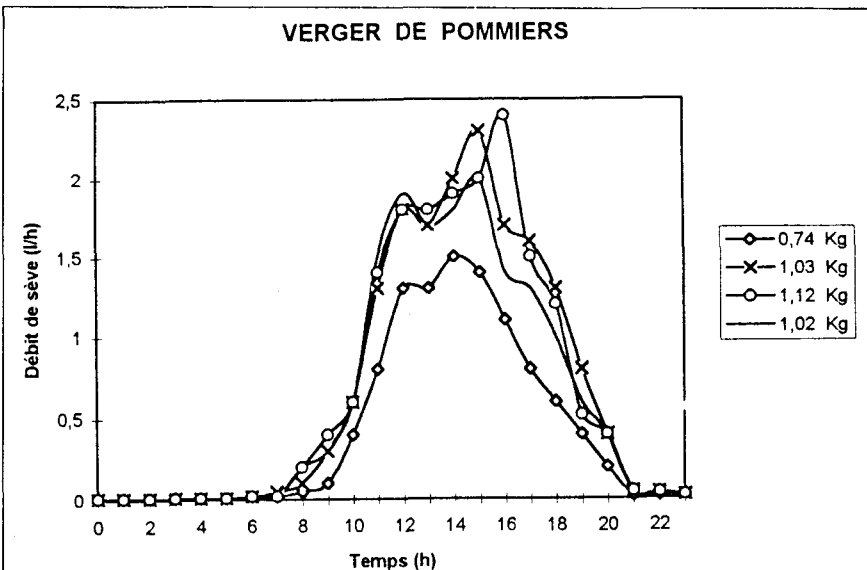
### **Modèle climatique de consommation d'eau d'un verger.**

L'une des applications possibles de la technique du débit de sève est son utilisation comme outil de référence dans la recherche des modèles simples de consommation d'eau des vergers ; telles que les relations entre transpiration et éléments du climat qui fait l'objet de ce paragraphe.

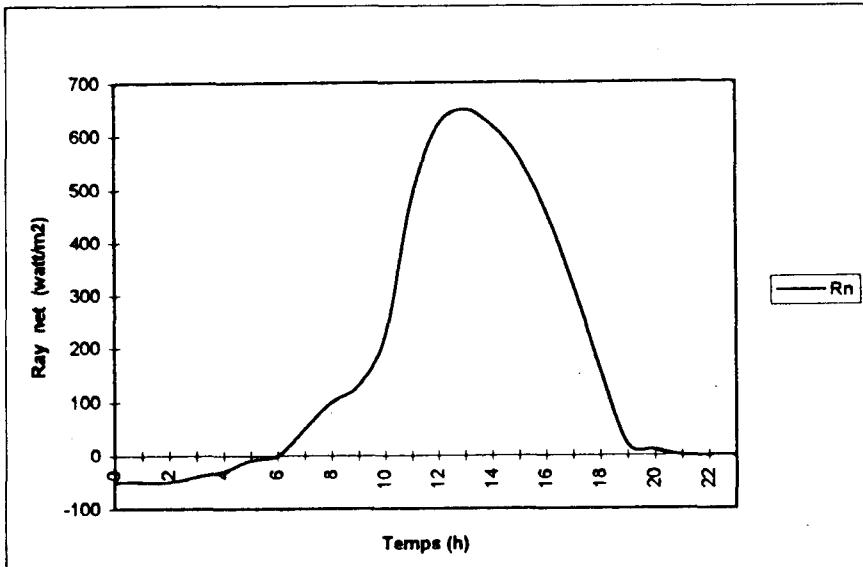
**Fig 1 : Comparaison de débit de sève calculé par bilan de chaleur et transpiration mesurée par pesée**



**Fig 2a : Evolution horaire du débit de sève pour quatre arbres en verger (masses foliaires en m<sup>2</sup>)**



**Fig 2b : Evolution horaire du rayonnement net mesuré au dessus des arbres**



La transpiration moyenne  $T$  du verger est estimée à partir du débit de sève moyen :

$$T = \frac{\text{SOMME } (d_i/\psi_i)/n * \text{SOMME } (\psi_i)/n}{N}$$

$N = 4$ , la densité est de 1 arbre/4m<sup>2</sup>.

$n = 4$ , nombre d'arbre considéré.

$\psi_i$  = poids sec de l'arbre  $i$  (Kg)

$d_i$  = débit de sève de l'arbre  $i$  (L. jour-1)

Le terme radiatif de l'ET Penman ( $ET_r$ ) est donnée par l'expression suivante :

$$ET_r = \frac{d * R_n}{(d+g)}$$

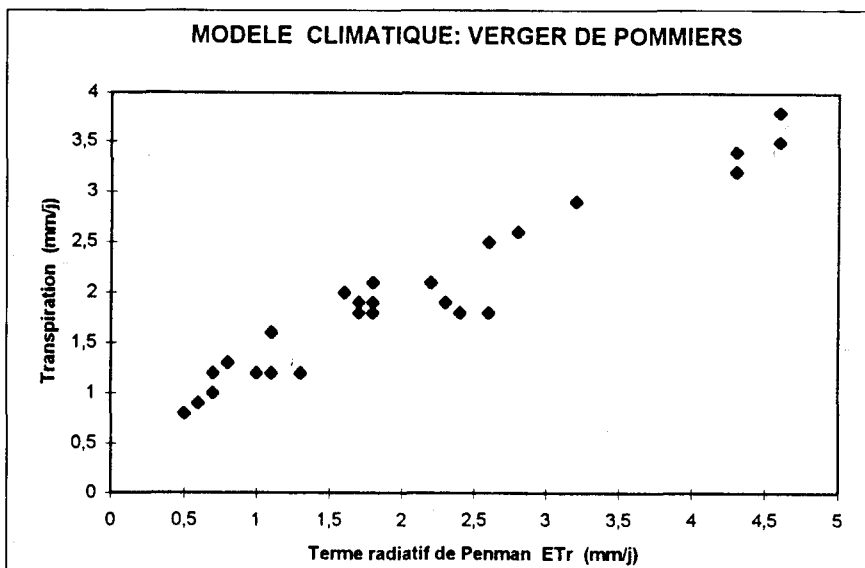
$R_n$  = rayonnement net mesuré (mm. jour-1)

$g = 66 \text{ Pa.C-1}$ , la constante psychrométrique

$d$  = pente de pression de vapeur saturante (Pa.C-1).

La corrélation obtenue entre la transpiration moyenne et le terme radiatif de Penman est assez bonne (fig. 3).

**Fig 3, : Coorélation entre transpiration estimée à partir du débit de sève et terme radiatif de l'ET Penman  $Y = 0,6 X + 0,6$  avec  $R^2 = 0,9$**



On peut noter que la valeur de la pente de régression de 0,6 est nettement inférieure que celle proposée par Priestley et Taylor (1972) pour des cultures couvrantes qui est de 1,26.

Une telle relation simple présente un grand intérêt pour le pilotage des irrigations des vergers. Les besoins réels peuvent donc être estimés uniquement à partir du rayonnement net et de la température moyenne journalière.

## CONCLUSION

La mesure du débit de sève par bilan thermique peut être un outil puissant dans la recherche des corrélations simples entre transpiration et paramètres du climat. Ces corrélations seront d'un grand intérêt dans le domaine de pilotage des irrigations des vergers.

L'objectif de ce rapport n'est pas de proposer un modèle de consommation d'eau, applicable aux conditions climatiques d'une région donnée, mais plutôt une démarche intéressante dans le domaine de la recherche des modèles simples de consommation d'eau des vergers et par conséquent un pilotage rationnel visant une économie d'eau, un rendement optimum et une production de qualité.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Cohen, Y., M. Fuchs, and G.C.Green. 1981. Improvement of heat pulse method for determining sap flow in trees. *Plant. Cell and environment*. 4 : 391-397.

Granier, A. 1985. Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Annales des sciences Forestières*. 42 : 193-200.

Katerji, N., R. Durand, M. Hallaire, et A. Perrier. 1982. Modèle de transfert de l'eau dans la plante et estimation des paramètres en conditions naturelles. *C.R. Acad. Sc. Paris*. 294. serie III : 57-63.

Nasr, Z. 1989. Mesure de débit de sève brute par une méthode thermique. Evaluation de la méthode et applications. Thèse de doctorat en sciences, (Ecologie Générale). Univ. Paris-sud orsay France. 84p.

Priestley, C.H.B., and R.J. Taylor. 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using larg-scale parameters. *Mon. Wether Rev.* 100 : 81-92.

Valancogne, Ch., et Z. Nasr. 1989. Une méthode de mesure de débit de sève brute dans des petits arbres par bilan de chaleur. *Agronomie*. 9 : 609-617.

Valancogne, Ch., and Z. Nasr. 1989. Measuring sap flow in the stem of small trees by a heat balance method. *Hortscience*. 24 : 383-385.

Sakuratani, T 1981. A heat balance method for measuring sap flow in the stem of intact plant. *Journal of Agricultural Meteorology*. 37 : 9-17.