



HAL
open science

Mesure des flux de seve brute dans les racines et les troncs de pommiers en phase de preirrigation

B. Cabibel, Frédéric Do

► **To cite this version:**

B. Cabibel, Frédéric Do. Mesure des flux de seve brute dans les racines et les troncs de pommiers en phase de preirrigation. Colloque franco israelien, Oct 1987, Bordeaux, France. 20 p., 1987. hal-02857524

HAL Id: hal-02857524

<https://hal.inrae.fr/hal-02857524v1>

Submitted on 8 Jun 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.

MESURE DES FLUX DE SEVE BRUTE DANS LES RACINES ET LES TRONCS DE POMMIERS EN PHASE DE PREIRRIGATION

Bernard CABIBEL - Frédéric DO

avec la participation technique de Jacques HOROYAN

INTRODUCTION

La mise en oeuvre de l'irrigation localisée en verger nécessite, outre une excellente connaissance des mouvements de l'eau dans le sol, que soit explicitée la fonction puit racinaire tant en terme de quantité (intensité des différents flux et évapotranspiration de la plante) qu'en terme de localisation (fonction de distribution de l'intensité d'absorption racinaire).

L'approche de l'activité du système racinaire en présence d'une source localisée d'apport d'eau impose cependant que soit, en premier lieu, caractérisée l'extraction racinaire en conditions initiales d'humectation homogène du sol.

Dans ce qui suit, nous présentons des résultats obtenus sur un arbre "isolé", comparant spatialement la variation locale du stock hydrique du sol à l'extraction racinaire appréhendée par mesure thermique (GRANIER, 1985) sur chacune des racines primaires de l'arbre, les mesures de flux effectuées tenant compte des interférences thermiques extérieures s'exerçant, dans les conditions de leur utilisation, sur les capteurs thermiques utilisés.

I. MATERIEL ET METHODES

I.1. Matériel

- Le Sol (tab. I) : Il est constitué d'alluvions récentes argilo-calcaires de la Durance. De par la nature et la teneur des argiles qui le composent, il présente une grande amplitude de retrait-gonflement sous l'effet des variations de sa teneur en eau. Dès que celle-ci devient inférieure ou égale à sa teneur en eau à la capacité de rétention ($\theta \approx .32 \text{ cm}^3 \text{ d'eau/cm}^3 \text{ de sol}$) le sol se fissure, les fissures ayant rapidement de grandes dimensions. Il est de plus caractérisé par deux discontinuités horizontales :

- une discontinuité structurale située entre 55 et 65 cm, se traduisant par l'existence d'une couche de sol fortement compactée, trace d'un ancien défoncement.
- une discontinuité texturale située à 135 cm, origine d'une couche sableuse hétérogène reposant sur un lit de galet généralement située à 200 cm de profondeur.

Le suivi piézométrique indique par ailleurs que le niveau de la nappe phréatique se situe à une profondeur de 4 m durant toute la période de mesure (Juin-Juillet-Août).

- Le Verger : Mis en place en 1979, il est constitué de pommiers Golden Delicious greffés sur MM 106 et plantés en quinconce selon une maille de 8 x 5 m. Irrigué dès sa plantation en aspersion, il l'est, depuis deux ans, par "ajutage bas-Rhône".

L'étude est conduite sur un "arbre isolé", une tranchée périphérique de 2 m de profondeur (Fig. 1) dans laquelle est descendue une barrière capillaire sous forme d'un film plastique permettant de protéger le réservoir potentiel de l'arbre de tout prélèvement racinaire externe à celui-ci. Une excavation, centrée sur le tronc de l'arbre, de 60 cm de rayon et de 60 cm de profondeur a été aménagée sous l'arbre afin de dégager le départ de toutes les racines "primaires".

I.2. Méthodes de mesures

- Teneur en eau du sol : L'évaluation spatiotemporelle des teneurs en eau du sol, $\theta(z_n, t)$, est mesurée par humidimétrie neutronique. Le dispositif comporte deux tubes d'accès pour sonde à neutrons (T_n et T_s). Le pas vertical de mesure est de 10 cm. La sonde utilisée est un humidimètre-densimètre de type CPN. Les étalonnages neutroniques ont porté sur les couches 0-15 cm, 15-85 cm, 85-165 cm. La précision de la mesure sur la teneur en eau est de $\pm 0,010 \text{ cm}^3 \text{ d'eau/cm}^3 \text{ de sol}$.

- Potentiel de l'eau du sol : L'évaluation spatiotemporelle des potentiels de l'eau du sol, $H(z_n, t)$ est mesurée par tensiométrie dans les 6 secteurs de sol définis (Fig. 1), chaque secteur étant équipé de 8 tensiomètres, respectivement implantés à 20, 35, 50, 65, 80, 100, 150 et 200 cm de profondeur, sur des spirales centrées à 1,50 du tronc. Le relevé journalier des mesures est effectué à l'aide d'une sonde tensiométrique électronique de type

Profondeur	Argile % 0.2 μ	Limon %		Sable %	
		2 - 20 μ	20 - 50 μ	50 - 200 μ	200 - 2000 μ
0 - 30	35.0	40.5	11.5	9.8	3.2
30 - 50	38.9	41.3	10.9	7.7	2.2
50 - 100	39.7	50.1	6.3	3.0	0.9
100 - 130	26.9	30.9	11.7	19.7	8.3

Tab. 1 : Caractéristiques physiques du sol

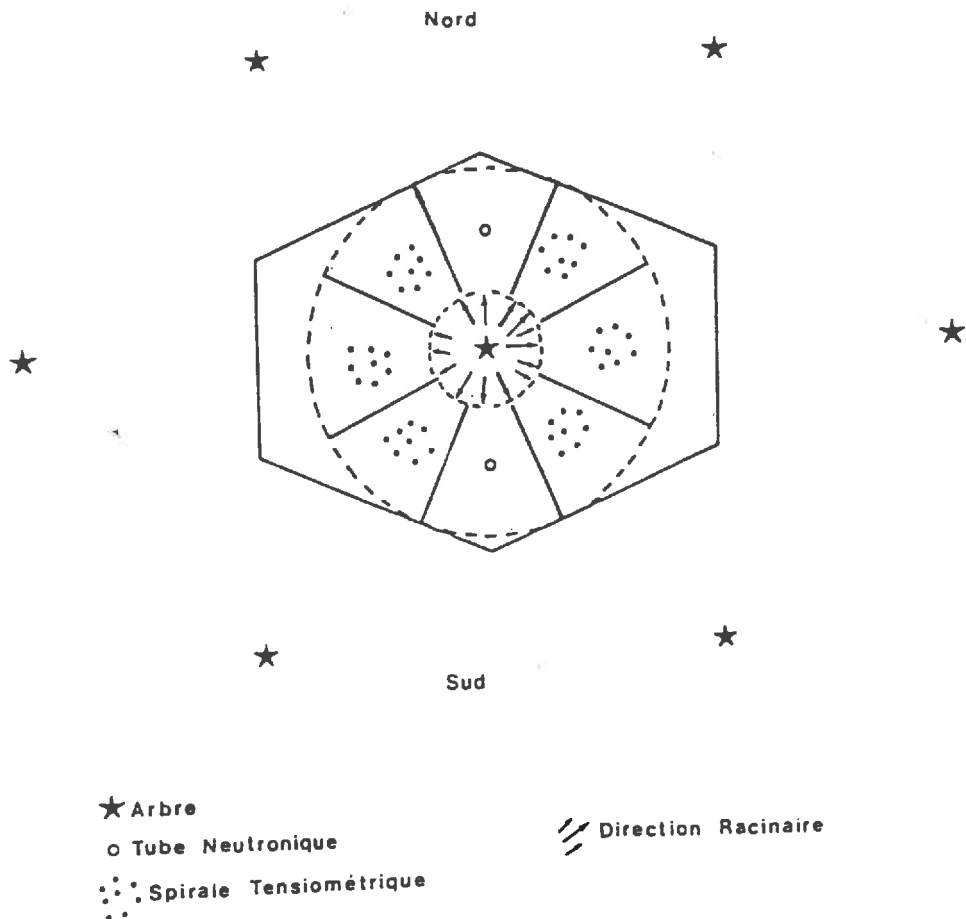


FIG.1 - SITE EXPERIMENTAL

DTE 1000. La précision de la mesure est de ± 5 mbar.

La localisation dans l'espace sol des dispositifs neutroniques et tensiométriques a été orientée par l'étude préalable de l'enracinement d'un autre arbre du verger, proche de l'arbre test.

Mesure des flux de sève brute

Les flux sont directement mesurés par le refroidissement qu'engendre une circulation de sève sur une sonde chauffée à puissance constante, une fraction de la chaleur étant alors dissipée par convection.

Le capteur thermique utilisé est celui mis au point par A. GRANIER (1985). Il est constitué de deux sondes cylindriques de 2 mm de diamètre et de 1 à 2 cm de longueur, insérées radialement dans le bois d'aubier des troncs et dans les racines au-delà des assises corticales. Pour éviter toute interférence thermique entre les deux thermocouples montés en opposition, la sonde froide est placée à 10 cm au-dessous de la sonde chaude et sur une génératrice légèrement décalée latéralement de façon à ne pas interrompre les vaisseaux conduisant la sève jusqu'à la sonde supérieure (Fig. 2).

Afin d'obtenir une mesure de flux moyenne tenant compte d'une éventuelle variabilité azimutale, trois capteurs sont insérés à 120° sur des axes rendant compte de densités racinaires très différentes. Les capteurs utilisés, de 20 mm de longueur, intègrent 60 % de l'hétérogénéité radiale des flux. Sur les racines, les capteurs utilisés, de 10 mm de longueur, intègrent en moyenne 70 % de l'hétérogénéité radiale des flux pour les 14 racines considérées.

Les mesures sont faites en continu. Les tensions en provenance des 17 capteurs sont enregistrées par une acquisition de données, disposant d'un pouvoir de résolution de 1 μ V (SAM 60A-AOIP) et pilotée par un logiciel implanté sur un microordinateur compatible PC. Le pas de temps des mesures est variable selon le phénomène à étudier de 1 minute à 1 heure.

Le flux de sève total (U) est estimé à partir de la densité de flux J_u et de la surface de bois conducteur SA, estimée au niveau de la mesure, selon l'équation

$$U = J_u \cdot SA$$

- La densité de flux J_u est liée à l'index de flux K par la relation d'étalonnage (Fig. 3)

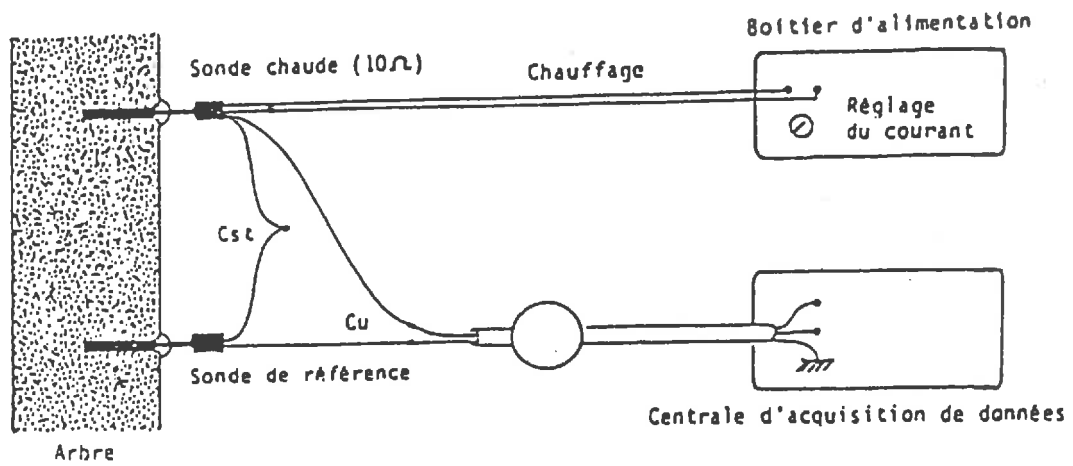


Figure. 2 - Schéma simplifié du dispositif expérimental.

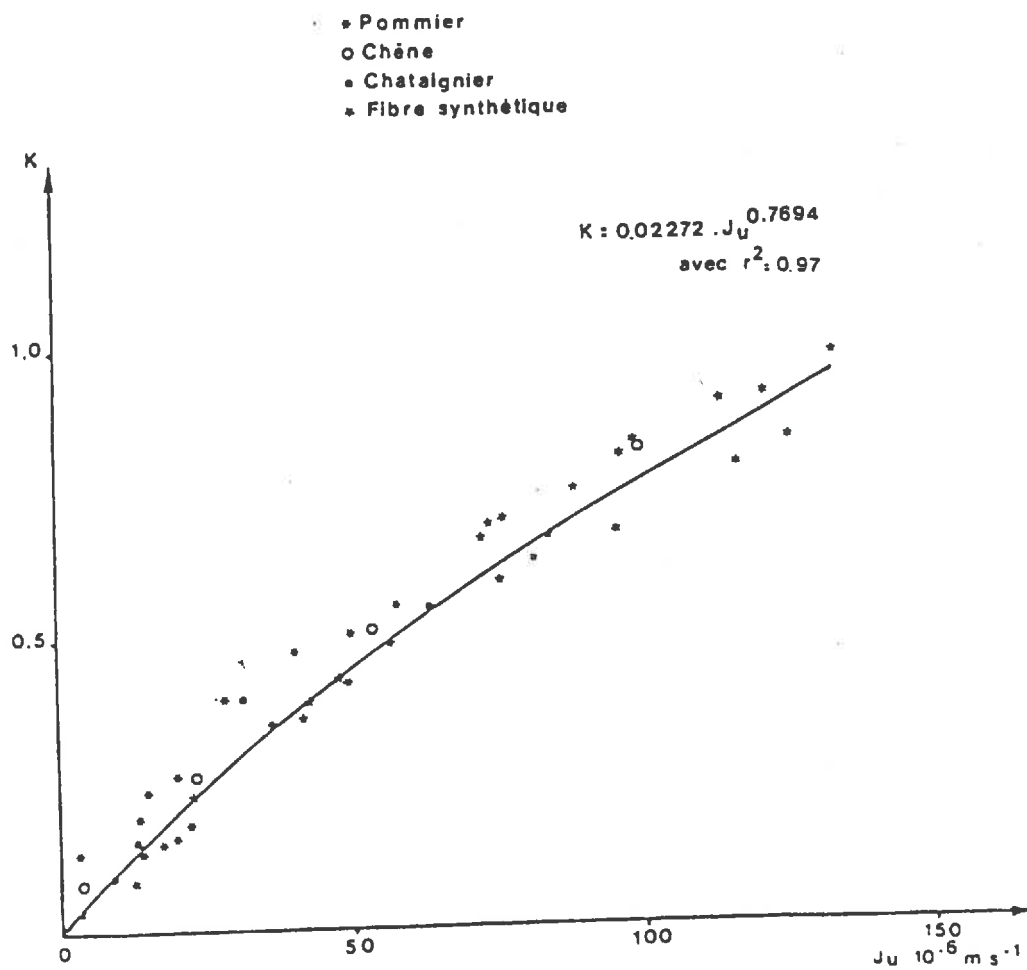


Fig. 3 RELATION ENTRE LE SIGNAL RELATIF DU CAPTEUR (index de flux) K ET LE FLUX D'EAU PAR UNITE DE SURFACE DE BOIS CONDUCTEUR J_u

$$K = \alpha J_u^\beta$$

$$\text{où } K = \frac{\Delta T_o - \Delta T_u}{\Delta T_u}$$

avec $\Delta T_o = T_o - T_B$: différence de température en l'absence de flux
($U = 0$)

$\Delta T_u = T_u - T_B$: différence de température en présence d'un flux U
avec T_u et T_o = température de la sonde chaude avec et
sans flux

T_B = température de l'ensemble bois-sève en l'absence de
chauffage

α et β = paramètres d'ajustement déterminés par étalonnage.

- La surface de bois conducteur SA est déterminée à partir du diamètre moyen du système de l'organe étudié et du diamètre moyen de la zone centrale éventuellement non conductrice.

Un ajustement non linéaire (Amance-UWHAUS), calculé sur 39 points d'étalonnage, ayant conduit pour des bois de feuillus, à la relation

$$K = .022272 \cdot J_u^{.7694} \quad \text{où } J_u \text{ est exprimé en } 10^{-6} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

l'estimation du flux de sève est obtenue par la relation

$$U = 1.547578 \cdot K^{1.2997} \cdot R^2$$

où U est exprimé en $\text{cm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ et R en mm.

L'analyse théorique de l'erreur sur la mesure des flux montre que l'incertitude relative totale sur la mesure est fonction de l'intensité des flux mesurés. Elle est respectivement trouvée égale à ± 57 % pour des intensités de flux très faibles ($K < .1$), à ± 23 % pour des flux faibles ($.1 < K < .3$) et à ± 12 % pour des flux moyens à élevés ($K > .3$), cette dernière classe d'intensités de flux étant prépondérante dans l'estimation des bilans journaliers établis (DO, 1987).

II. RESULTATS

II.1. Analyse des conditions expérimentales

Dans le modèle proposé par GRANIER, il est supposé que la température du milieu bois-sève est, en l'absence de chauffage, identique dans les deux plans d'insertion des sondes d'un même capteur. La sonde froide, dès lors, mesurerait T_B , la sonde chaude T_O ou T_U . Or, si les conditions du modèle semblent réalisées lors de l'étalonnage en laboratoire ce dispositif peut en conditions naturelles être soumis à des interférences thermiques, non sans effet sur la mesure.

II.1.1. Conduction thermique différentielle

Le régime de chauffage permanent étant à l'origine d'un gradient permanent de température dans le système sonde chaude-bois-air ($T_{CB} \gg T_A$) alors même que les températures de la sonde froide et de l'air sont, pour une température extérieure constante, en équilibre ($T_F = T_A$), toute variation brutale de la température extérieure provoquera une variation différentielle des températures T_{CB} et T_F qui engendrera une dérive du ΔT_O . Il a été néanmoins montré que dans les conditions de mise en place choisie, les conditions de protection thermique à l'insertion des sondes étant affinées en 1987, ce terme de conduction différentielle, si non nul, restait néanmoins négligeable devant l'effet d'une différence de température en l'absence de chauffage sur la mesure des flux (DO, 1986 ; DO, 1987).

II.1.2. Gradient vertical de température

Compte-tenu de la distance séparant les deux plans d'insertion des deux thermocouples d'un même capteur, l'existence d'un gradient vertical de température bois-sève dans les plans des deux sondes apparaît comme probable notamment dans les racines du fait de la proximité du sol, gradient à l'origine d'une dérive du ΔT_O en l'absence de chauffage. L'analyse du gradient de température vertical a été réalisé au travers du suivi, dans les conditions de l'expérimentation et pour chaque système bois-capteur, des différences de températures existantes, en l'absence de chauffage, dans des conditions climatiques variées. On donne en Fig. 4 des cinétiques obtenues pour une journée d'ETP élevée (5,9 mm) et en Fig. 5 une représentation des gradients thermiques en fonction de la proximité du sol et de l'alternance jour-nuit.

Les résultats obtenus montrent que

- pour chaque capteur, une relation croissante existe entre le Δt journalier et l'ETP, des régressions linéaires ayant pu être calculées pour les valeurs ETP (2,6-3,9-5,1-5,9) avec un coefficient de corrélation moyen $r^2 = .89$.

- pour une même ETP, les différences d'intensité du phénomène sont fonction de la verticalité de l'organe, de la distance sonde froide-sol, de la position dans l'excavation et du type d'organe traité. Dans ce dernier cas, on montre que les valeurs absolues trouvées et l'évolution du phénomène en fonction de l'ETP sont très différentes (Fig. 6). Il ressort en particulier que la pente de la droite de régression est beaucoup plus élevée dans le cas des racines.

II.1.2.1. Effet du Δt sur les flux calculés

Compte-tenu de l'expression qui dans le modèle de GRANIER traduit la température mesurée par la sonde chaude, cette même température, en présence d'un gradient Δt vertical s'écrira

$$T_u' = (T_B + \Delta t) + \frac{RI^2}{h_o (1 + \alpha J_u^\beta) S} = T_u + \Delta t$$

avec T_B = température du milieu bois-sève en l'absence de chauffage

R = résistance électrique de l'enroulement du constantan

I = intensité du courant de chauffe

h_o = coefficient d'échange de chaleur à $U = 0$

J_u = densité de flux au voisinage de la sonde chaude

S = aire de surface d'échange

α et β = coefficients fonction de la quantité de chaleur apportée

L'écart de température devient :

$$\Delta T_u' = T_u' - T_B = (T_u + \Delta t) - T_B = \Delta T_u + \Delta t$$

et l'index de flux

$$K' = \frac{\Delta T_o - \Delta T_u'}{\Delta T_u'} = \frac{(\Delta T_o - \Delta T_u) - \Delta t}{\Delta T_u + \Delta t}$$

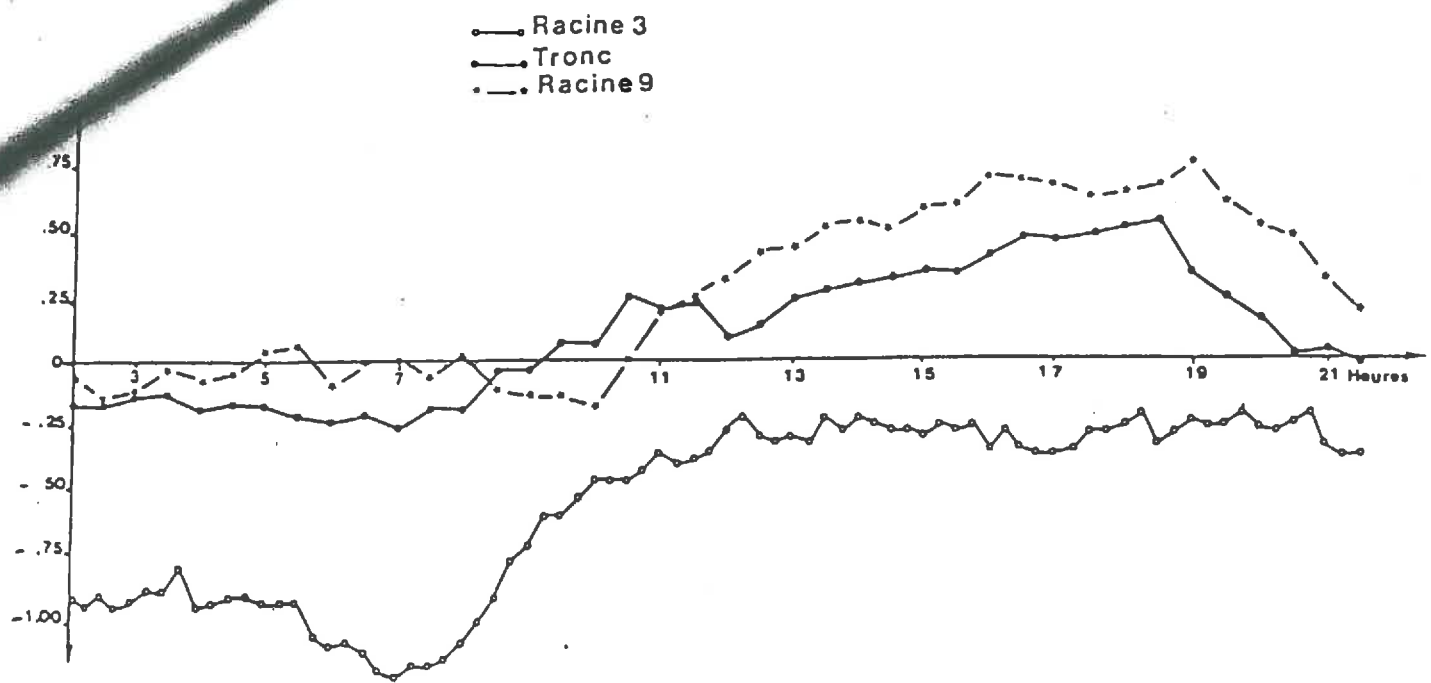


Figure 4 : Cinétiques des gradients verticaux de température en absence de chauffage

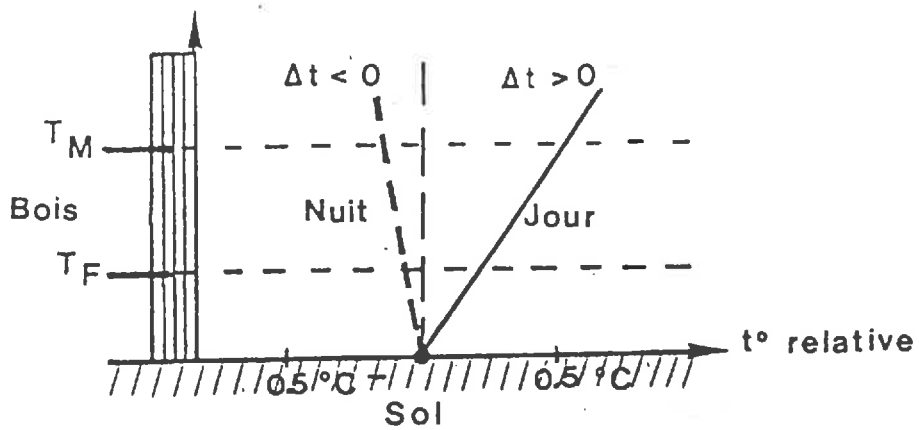


Figure. 5 - Gradients thermiques

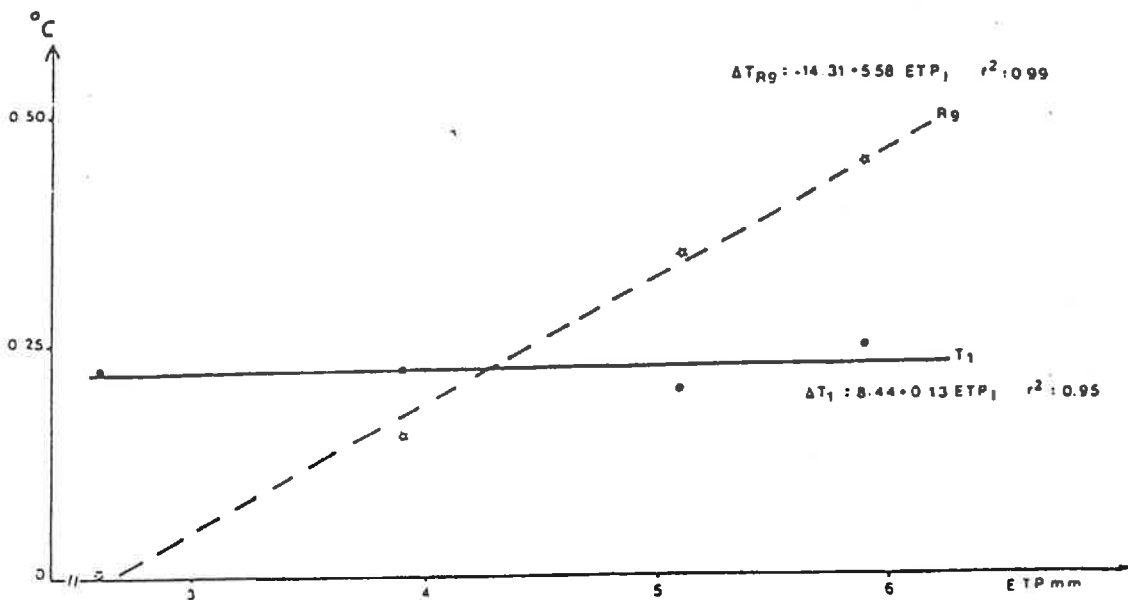


Figure 6 : Relations entre le gradient vertical diurne de température et l'ETP.

ce qui implique

que si $\Delta t > 0$, $K' \ll K$ ce qui induit une sous-estimation des flux

que si $\Delta t < 0$, $K' \gg K$ ce qui induit une surestimation des flux.

Le calcul des flux peut de plus être biaisé par l'effet du Δt nocturne sur la valeur de ΔT_o , écart maximum de température existant entre les deux sondes en l'absence de flux. Il convient donc, bien que cet effet soit généralement faible de le prendre en considération, notamment au niveau de certaines racines, notamment de la racine 3 (Fig. 4), un Δt de $-30 \mu V$ conduisant dans le cas cité à une sous estimation systématique du ΔT_o correspondant donc à une sous-estimation des flux.

II.1.2.2. Algorithme de correction

On propose, en première approche, un algorithme de correction simple intégrant l'effet d'un Δt vertical sur le flux calculé ; la correction de température du bois au niveau de la sonde chaude est déduite pour chaque capteur et chaque jour (valeur de l'ETP) des régressions précédemment établies, cette correction dans l'algorithme de calcul étant introduite sous forme d'un terme additif β (Δt) sur le terme constant ΔT_o . La correction est effectuée pour des valeurs de Δt supérieures à $5 \mu V$.

Des expressions $\Delta T_u'$ et K' on déduit l'expression du K théorique :

$$K = \frac{\Delta T_o - (\Delta T_u' - \Delta T)}{\Delta T_u' - \Delta T}$$

et on recherche un coefficient β tel que

$$\frac{(\Delta T_o + \beta) - \Delta T_u'}{\Delta T_u'} = K$$

Le terme additif β est alors calculé pour chaque capteur et chaque journée à partir de la relation correspondante $\Delta t_i = a ETP_i + b$, de ΔT_o et $\Delta T_u'$ qui est en fait un ΔT_u moyen pour la période de calcul de Δt .

jours juillet	pluviometrie mm. j-1	ETP mm	ECART RELATIF		(E R - T)		
			BRUT (%)	moyen	T CORRIGE (%)	moyen	
10		0	5.9	- 27.2		- 5.3	
11		0	5.7	- 31.1		- 11.2	
12	31	0	6.1	- 28.4	- 29.4	- 7.3	- 8.9
13	dessechement	0	6.0	- 29.7		- 9.7	
14		0.4	5.2	- 30.5		- 9.5	
15	-----	5.4	- 2.4	- 30.7	-----	- 1.4	-----
16	32	36.5	4.5	- 10.2		+ 5.2	
17	re-	13.1	4.0	- 5.7	- 4.8	+ 6.0	+ 4.9
18	humectation	0.2	2.5	+ 1.5		- 3.6	

tableau 2 : ECART RELATIF DE LA SOMME DES FLUX RACINAIRES AU FLUX MESURE DANS LE TRONC

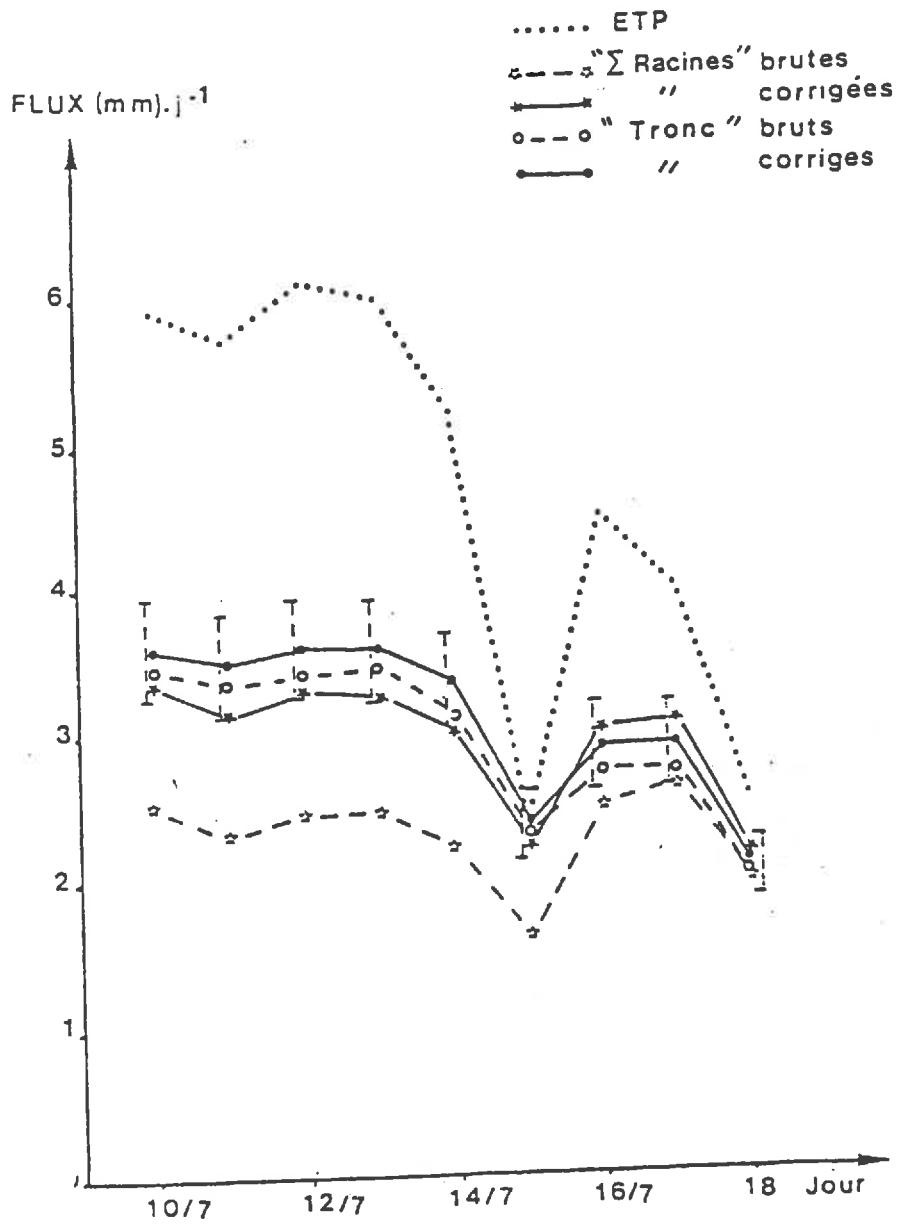


Figure 7 : Estimation du flux total (mm.j⁻¹) dans le tronc et dans les racines en valeurs brutes et corrigees.

II.1.2.3. Validité relative de la méthode de mesure

Les flux journaliers, en valeurs brutes et corrigées, sommés pour les 14 racines et moyennés pour les trois capteurs placés sur le tronc sont présentés en Fig. 7. L'estimation du flux total journalier au niveau du tronc, présentant avant correction des gradients verticaux de températures faibles et relativement constants, fait apparaître la valeur corrigée "tronc" comme la référence dans cette comparaison. Dès lors, la comparaison de la somme des flux racinaires avant et après correction au flux total corrigé dans le tronc représentera une validation relative de la méthode de mesure utilisée.

Il ressort que si les flux racinaires non corrigés sont fortement sous-estimés pour les ETP les plus fortes, comme le laissent prévoir les calculs théoriques, le rapprochement des courbes dans l'intervalle de confiance estimé sur la mesure tronc-référence et leurs cinétiques semblables calées sur l'ETP valident les hypothèses de l'algorithme de correction. On donne au tableau 2 les écarts bruts et les écarts après correction, ainsi que les écarts moyens trouvés pour les deux périodes climatiques testées.

II.2. Variabilité des transferts hydriques dans le système "sol-plante"

Les trois variables considérées et étudiées spatialement sont :

- la variation du stock hydrique du sol (ΔS_1)
- l'extraction racinaire appréhendée par la mesure des flux racinaires à proximité du collet (ϕ_1)
- la densité de flux mesurée dans le tronc (J_1)

II.2.1. Variation du stock hydrique dans le sol

Les résultats présentés intéressent une période de 4 jours, du 2 au 5 Juillet, période caractérisée par un niveau élevé et une stabilité des flux de sève inter-journalier, garantissant la validité des calculs moyens en $l.j^{-1}$ des trois variables étudiées, et durant laquelle seul un dessèchement du sol était effectif (absence de précipitations) ce qui validait, dans l'établissement du bilan hydrique, l'utilisation de la courbe $\psi(w)$ obtenue en dessiccation, le changement de variable unique prenant en compte seulement la densité apparente du sol au niveau considéré.

Les conditions aux limites du calcul de ΔS_1 , intéressant l'extraction racinaire, sont définies

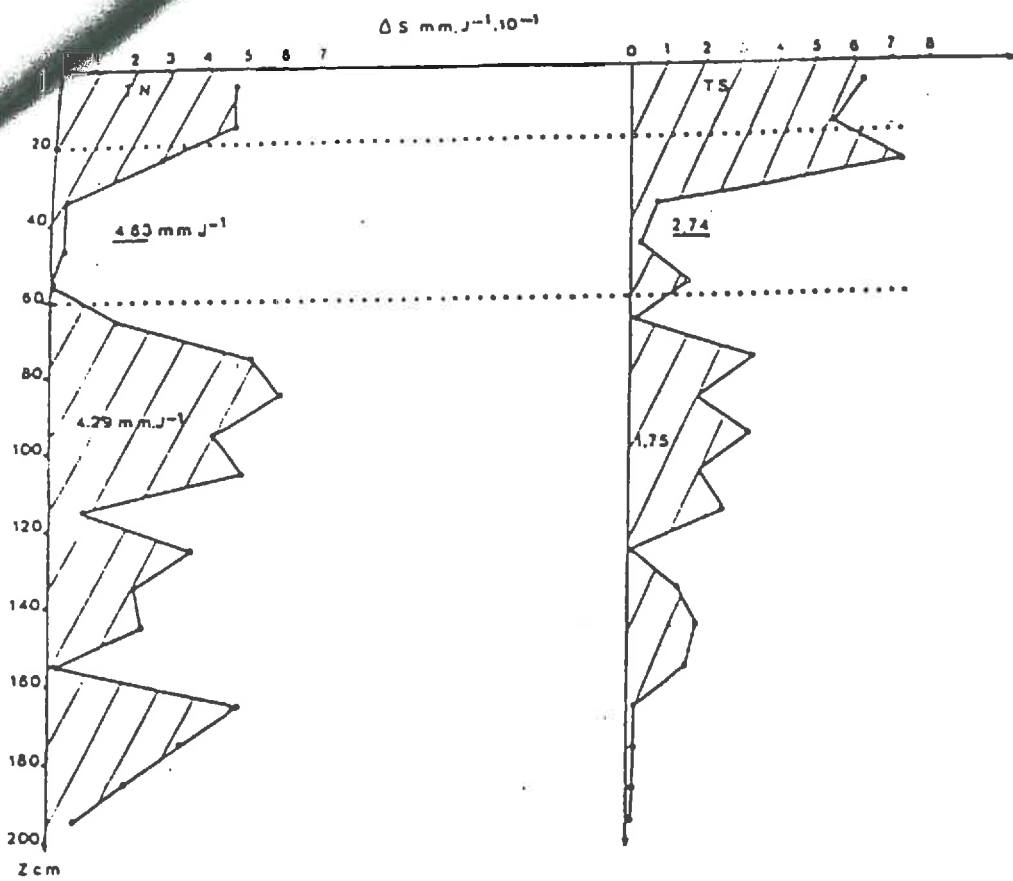


Figure 8 : Variations de stock hydrique estimées sur les sites neutroniques.
(Valeurs soulignées)

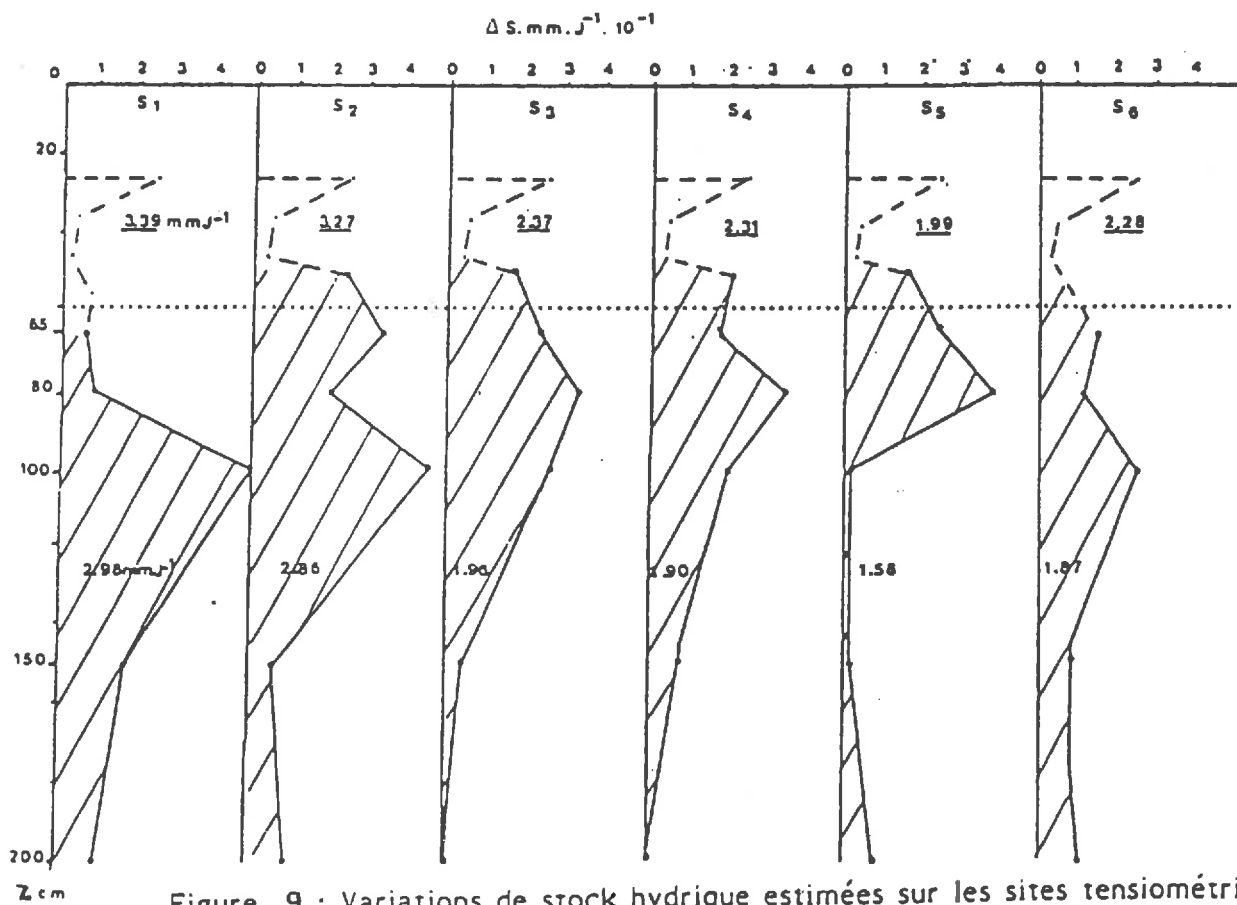


Figure 9 : Variations de stock hydrique estimées sur les sites tensiométriques.
(Valeurs soulignées)

- par une limite inférieure imposée par la profondeur du système de mesure (200 cm),
- par une limite supérieure où l'humidité initiale inférieure à $.21 \text{ cm}^3 \text{ d'eau/cm}^3$ de sol correspondait à un potentiel supérieur à 16 bar (-20 cm).

Dans ces conditions, sont négligés les transferts diffusifs vers la couche 0-20 cm sous l'effet de l'évaporation et les remontées capillaires profondes. Les variations de stock hydriques sont obtenus par intégration successives des couches de 10 cm de sol, entre 20 et 200 cm, à partir des mesures tensiométriques entre 60 et 200 cm et des mesures neutroniques moyennes entre 20 et 50 cm, en s'assurant que cette dernière démarche ne gommait pas la variance observée entre secteur (Fig. 8 et 9).

L'hétérogénéité des ΔS_i selon les 8 points de mesures révèle une forte variabilité de dessèchement du sol, la couche 50-150 étant la plus sollicitée par l'extraction racinaire. La comparaison de cette hétérogénéité des variations de stock de l'eau dans le sol aux flux racinaires mesurés implique donc que la variation de ΔS_i a une structure spatiale qui peut être représentée par un gradient angulaire de 45° .

II.2.2. Extraction racinaire

II.2.2.1. Volume de sol concerné

Sa définition implique des hypothèses fondamentales quant à la conclusion sur le facteur d'hétérogénéité des transferts hydriques. Si l'on estime la surface du sol autour de l'arbre, concernée par l'extraction racinaire, par le rapport

$$\frac{\text{Extraction Racinaire Totale (l.j}^{-1}\text{)}}{\text{Variation de stock hydrique du sol (mm.j}^{-1}\text{)}}$$

on aboutit sur deux mètres de profondeur à un volume de sol de 190 cm de rayon, le dispositif de mesure "sol" étant lui situé à l'intérieur sur un cercle à 150 cm du tronc. Le rayon du volume de sol étant constant, impliquant une extension radiale constante du système racinaire le seul facteur explicatif testé au travers de l'hétérogénéité de l'extraction racinaire devient alors la densité Racinaire.

— Limite entre secteurs
 d'exploration
 ← Direction racinaire

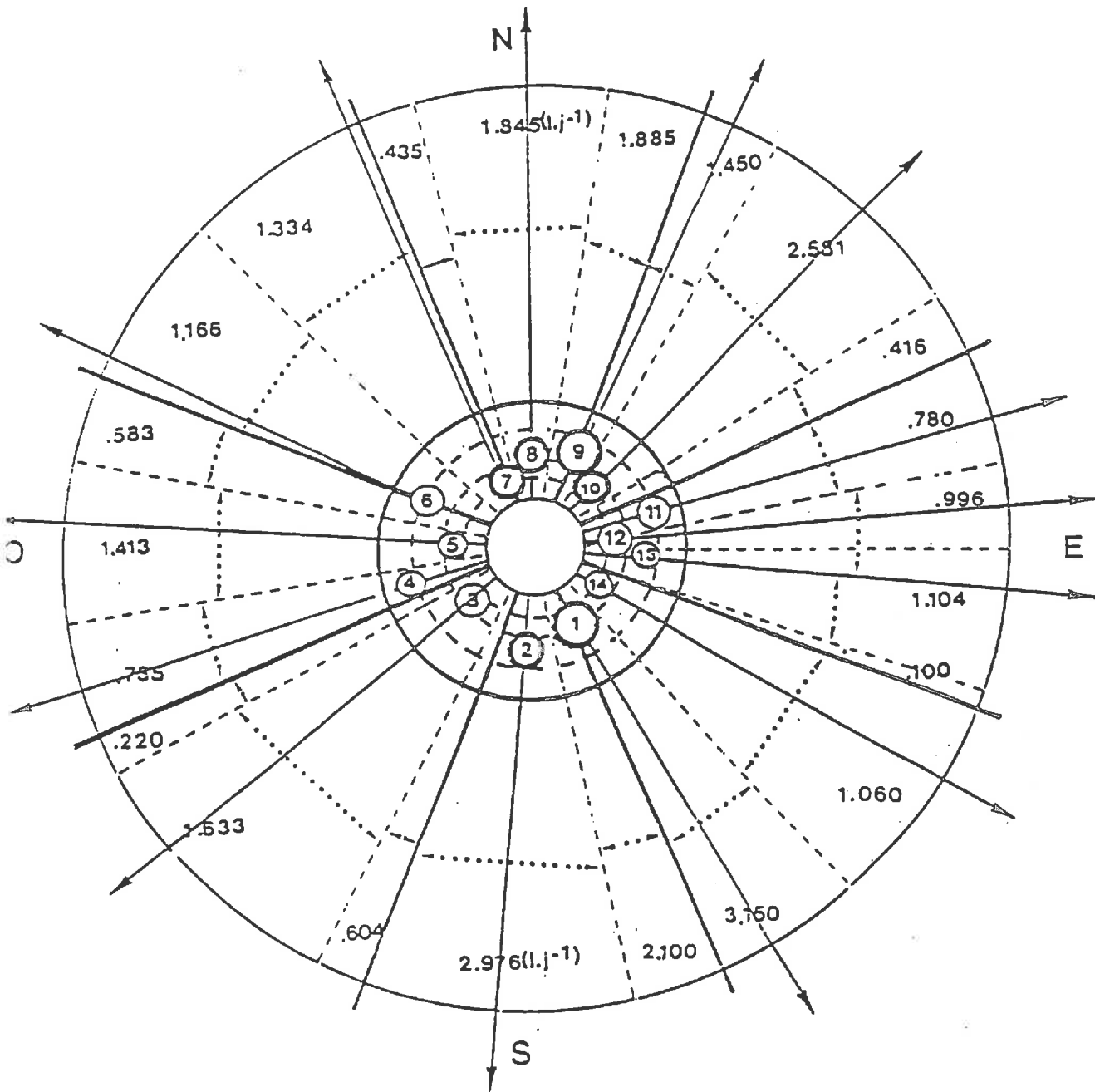


Figure 10 : Estimation pondérée des flux racinaires par secteur de 45°.

Racines primaires n°	surface conductrice (cm ²)	flux total \bar{x}_i l. j-1	extraction relative %	densite angulaire d'extraction \bar{x}_i / α_i ml/°
1	15.8	5.240	18.4	175
2	9.5	3.571	12.5	93
3	5.7	1.633	5.7	48
4	3.5	0.957	3.4	49
5	3.7	1.413	5.0	71
6	4.2	1.735	6.1	53
7	10.7	1.767	6.2	58
8	7.7	1.845	6.5	75
9	19.4	3.331	11.7	145
10	9.2	2.581	9.0	97
11	5.1	1.201	4.2	52
12	5.9	0.996	3.5	91
13	3.2	1.104	3.9	60
14	3.2	1.148	4.0	40

tableau 3 : caracteristiques d'extraction des racines primaire

II.2.2.2. Secteur exploré par une racine

Le secteur de sol exploré par le chevelu d'une racine primaire dont on connaît la direction initiale et le flux total extrait (ϕ_i) peut être défini par trois paramètres :

- le vecteur "Racine (\vec{R}_i)" qui représente la direction initiale de la racine primaire qui implique pour son utilisation une conservation de la direction initiale au niveau du chevelu,

- la bissectrice des angles entre chaque vecteur racine qui fixe les limites d'exploration des chevelus racinaires respectifs, soit un écart angulaire α_i pour une racine R_i , définition qui implique une non interpénétration des chevelus racinaires,

- la densité angulaire d'extraction qui représente le rapport entre le flux total extrait et l'angle du secteur de sol exploré (ϕ_i/α_i en ml/o) qui traduit un fonctionnement homogène dans le secteur délimité.



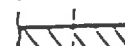

Ces trois termes calculés pour les 14 racines testées sont donnés au tableau 3. On donne également en Fig. 10 une estimation pondérée des flux mesurés dans les 8 secteurs de 45° précédemment définis comme référence, une sommation des flux étant alors possible dans chaque secteur.

II.2.2.3. Comparaison des structures spatiales

La comparaison des structures spatiales de la variation du stock de l'eau dans le sol et de l'extraction racinaire (Fig. 11) révèle une bonne adéquation des valeurs mesurées dans 4 secteurs, des écarts significatifs apparaissant pour les 4 autres secteurs juxtaposés deux à deux (T_n-S_5 et T_5-S_2). Dans ces deux cas, les divergences peuvent être le fait d'une hypothèse de continuité directionnelle mal vérifiée des racines R_2 et R_9 , racines présentant des extractions relatives importantes.

II.2.3. Continuité des transferts racines-troncs

L'utilisation du schéma de représentation selon un gradient angulaire de 45° dans la comparaison de la structure spatiale des flux mesurés dans le tronc au niveau des trois capteurs (5,0-3,7 et 4,2 lJ^{-1}) et de la structure spatiale correspondante de l'extraction racinaire (4,6-2,6 et 4,3 lJ^{-1}) suggère une continuité des transferts racines-tronc (Fig. 11). Cette continuité est interprétée comme une conséquence de la structure conductrice des feuillus constituée de vaisseaux parfaits réduisant les possibilités de transferts latéraux de la sève brute dans le tronc.

-  Extraction racinaire
-  Variation de stock
-  Densité de flux "tronc"
-  : 1 Litre.j⁻¹ / 45°

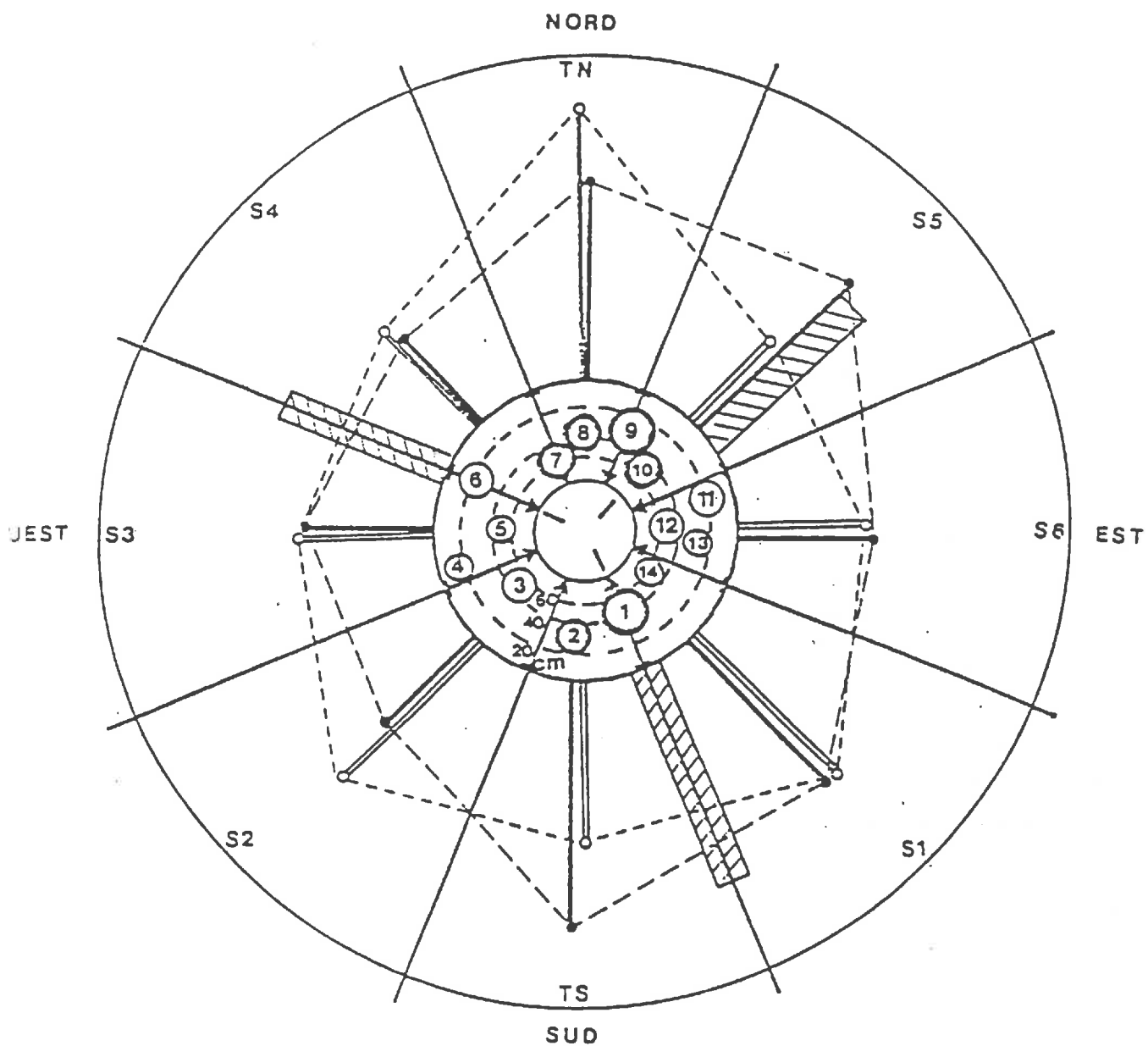


Figure 11 : Structure spatiale de l'extraction racinaire et de la variation de stock.

CONCLUSION

Les résultats acquis montrent l'intérêt méthodologique de la mesure des flux de sève brute, par voie thermique, dans la définition de la fonction puit racinaire. Néanmoins, l'analyse, dans les conditions expérimentales existantes, de l'erreur sur la mesure des flux a montré les limites de l'utilisation directe de la relation d'étalonnage en révélant :

- l'ambiguïté de la notion "d'écart de température maximal en l'absence de flux" mesuré la nuit,
- l'existence d'un gradient vertical de température non négligeable entre les deux sondes en l'absence de chauffage.

Un algorithme de calcul prenant en compte ce dernier facteur d'erreur a rendu possible l'obtention de mesures où l'incertitude relative a été estimée à 10 % pour les flux d'intensité moyenne à élevée, et permis une validation relative de la méthode par adéquation, à l'échelle journalière, du flux total mesuré dans le tronc et de la somme des flux racinaires.

Les résultats obtenus suggèrent, en première approche, une relation entre la structure spatiale de la variation de stock hydrique dans le sol et la variabilité des flux mesurés dans les différentes racines à proximité du collet et mettent en évidence une hétérogénéité azimutale des flux dans le tronc en accord avec la distribution angulaire des flux racinaires.

Il ressort que la mesure directe des flux de sève, couplée à la mesure du potentiel de sève, devient un complément indispensable aux méthodes classiques "sol" et "atmosphère" dans l'étude des transferts hydriques dans le système sol-plante-atmosphère. Cette méthode représentant une nouvelle méthodologie d'approche du "potentiel hydrique racinaire", elle permettrait en effet de définir son évolution en relation avec les niveaux de potentiels supérieurs dans la plante et son éventuelle hétérogénéité "momentanée", notamment face à une source localisée d'apport d'eau.

Cette démarche, supposant une utilisation en routine du capteur, nécessiterait, pour que cette utilisation soit rendue possible, le développement d'une étude fondamentale de l'ensemble des échanges thermiques gouvernant la mesure afin de définir, dans nos conditions d'utilisation, un modèle complet du fonctionnement du capteur.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DO F., 1986 - Estimation des flux racinaires et du comportement hydrique de pommiers sous irrigation localisée en sol fissuré. Mémoire de Fin d'Etudes, E.N.I.T.A., Bordeaux.

DO F., 1987 - Caractérisation spatiale de l'extraction racinaire par la mesure des flux de sève brute en conditions initiales d'humectation homogène du sol. D.E.A., E.N.S.A. Montpellier-I.N.R.A. Science du Sol Avignon.

GRANIER A., 1985 - Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. Ann. Sci. For., 42(2), 1-14.