

# Pilotage tensiométrique de l'irrigation des cultures en conteneurs sur substrats organiques

L. M. Rivière, G. Sintès et S. Madiot

INRA, Station d'Agronomie  
B. P. 57, 42 Rue Georges Morel, 49071 Beaucozé cedex

## RÉSUMÉ

Cet article concerne les possibilités d'emploi de tensiomètres à jauge de pression pour le pilotage des irrigations des cultures en conteneurs sur substrats organiques en fonction du potentiel hydrique des substrats, considéré comme un bon indicateur de l'état hydrique du système substrat/plante/atmosphère. L'essai a été conduit sur une culture de *Forsythia x intermedia*, espèce dont les besoins en eau sont élevés. Trois seuils de potentiel hydrique (- 2, - 4 et - 8 kPa) ont été utilisés pour le déclenchement des apports d'eau et comparés à un témoin arrosé selon les mesures d'ETP. Les variations d'humidité des substrats liées aux périodes alternées d'apport d'eau par la pluie ou par les irrigations, et de prélèvements d'eau par les plantes, ont pu être suivies de manière précise à l'aide des tensiomètres.

Il s'est avéré que le pilotage des irrigations était possible au moyen d'une telle technique. Dans les conditions de l'expérimentation, avec une dose d'irrigation faible, il existe une relation entre la croissance des plantes et le niveau de potentiel hydrique maintenu dans le substrat. La croissance la plus forte a été obtenue avec un seuil de déclenchement à - 2 kPa, et la plus faible à - 10 kPa.

## Mots clés

Croissance - culture en conteneur - irrigation - substrat - tensiomètre - *Forsythia*.

## SUMMARY

### IRRIGATION CONTROL OF CONTAINER CROPS IN ORGANIC SUBSTRATES USING TENSIO METERS

The usual practice for the irrigation of container crops does not take into account the exact water needs of the plants. The determination of the water status of the substrate, by means of a tensiometer sensor, is a possible way to adapt the input to the output (Röber et al, 1986 ; Grantzau, 1988 ; Karlowitch et Fonteno, 1986 ; Rivière et al, 1991). The topic of this paper is to study the adequacy of tensiometers in the cultivation of shrubs in peat based substrates with drip irrigation.

*Forsythia x intermedia* were cultivated in the open in black rigid four litres containers. Substrates were TE : white sphagnum peat (baltic origin) and ground pine bark (5-10mm) mixture (1 : 1), and TAL : white sphagnum peat, rockwool and clay mixture (6,5 : 2,5 : 1). The water retention characteristics of the substrates are given in figure 1. The porous cups of the tensiometers were placed in the containers with TE. The fertilization was adjusted in order to bring the same amount of fertilizers to each treatment.

Water potential in the substrate was delivered by tensiometers equipped with a semi rigid tube (30 cm high). The ceramic cups were 30 mm long and 12 mm in diameter, and were located 7 cm below the surface of the substrate, half-way between the plant and the wall of the container and at 6 cm below of the dripper. Pressure sensors gave an electric signal of 4 mA for 0 kPa and 20 mA for - 100 kPa.

This signal was received on a monitoring system.

Three different plots (A, B, C) were irrigated by using tensiometer monitoring. Each plot was equipped with three tensiometers, irrigation beginning when two tensiometers reached the reference of the experimental treatment. The water potential thresholds of the substrates were - 2 kPa, - 4 kPa, - 8 kPa. The watering dose was 35 ml. The irrigation of the fourth plot (D) was monitored by a clock, with modulation every day according to the climatic condition (table 1). Figure 2 gives the plan of the experimentation from June to October 1993.

The length of the shoots was measured twice a month. The measurements were made on 20 statistically representative plants.

Figure 3 represents the evolution of the water tension in a container of plot D with three different positions : 5 cm, 8 cm and 10 cm from the dripper, from oct. 10 to oct.18.1993. During this period, the curves corresponding to the three tensiometers have approximately the same evolution, whatever the position of the sensor. This evolution corresponds to the decrease of water content between periods of rain or irrigation. At the end of this data period, after the last irrigation, we can see :

- A rehydration phase following the irrigation, most rapid and important near the dripper, slow and limited for the furthest sensor.
- A desiccation phase, with a decrease in water potential. The desiccation rate of the substrate decreases with the distance from the dripper.

Figure 4 shows the evolution of the water tension in the substrate during a period of two days for tensiometers placed in three different containers of the same plot. The size of the plants was different, which induces different water consumptions. It is obvious that these differences have an effect on the reaction of the tensiometers. The desiccation is more important when the plant is larger. This fact is shown by the steeper slope of the curves.

The result on the growth of the plants is given in figures 5 and 6, and statistical analysis in table 2. After seventy days of cultivation, A and D plots are equivalent, B and C are smaller, significantly for C plot.

#### **Key-words**

Growth - container crop - substrate - irrigation - tensiometer - Forsythia.

## **RESUMEN**

### **MANEJO TENSIOMETRICO DEL RIEGO DE LOS CULTIVOS EN MACETAS CON SUBSTRATOS ORGANICOS**

Este artículo concierne las posibilidades de uso de tensiómetros con calibrador de presión para el manejo de las irrigaciones de los cultivos en macetas con sustratos orgánicos en función del potencial hídrico de los sustratos, considerado como un indicador adecuado del estado hídrico del sistema sustrato/planta/atmósfera. El ensayo fue conducido con un cultivo de *Forsythia* x intermedia, especie cuya las necesidades en agua están muy elevadas. Tres niveles de potencial hídrico (- 2, - 4 y, - 8 kPa) fueron utilizados para la puesta en marcha de los aportes de agua y comparados a un testigo regado según las medidas de ETP. Las variaciones de humedad de los sustratos ligadas a los periodos alternativos de aporte de agua por la lluvia o por las irrigaciones, y la toma de agua por las plantas, fueron seguidas de manera precisa con ayuda de los tensiómetros.

Se averiguó que el manejo de las irrigaciones era posible por el uso de esta técnica. En las condiciones del experimento, con una pequeña dosis de riego, existe una relación entre el crecimiento de las plantas y el nivel de potencial hídrico mantenido en el sustrato. El crecimiento más elevado fue obtenido por un nivel de puesta en marcha de - 2 kPa y el menor por - 8 kPa.

#### **Palabras claves**

Crecimiento - cultivos en macetas - irrigación - sustrato - tensiómetros - *Forsythia*.

La pratique actuelle de l'irrigation des cultures en conteneurs, qu'elle soit basée sur une intervention manuelle ou que le déclenchement se fasse au moyen d'une horloge ne tient pas compte de manière rigoureuse des besoins réels de la plante. Pour estimer ces besoins, il est nécessaire de suivre l'état hydrique de l'un ou l'autre des compartiments du système "sol - plante - atmosphère". Les variables d'entrée proviendront donc :

- **Du climat, par le biais du calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) et du coefficient cultural.** Cette approche, habituelle dans le cas des grandes cultures, a fait, dans le cas des cultures en conteneurs, l'objet des travaux de Fitzpatrick (1980), Stanley et Harbaugh (1984), et plus récemment de Nicolas (1986).

- **De la plante. L'observation visuelle est souvent le principal élément de la prise de décision des praticiens.** De nombreuses recherches tentent d'objectiver cette démarche. Ainsi, par la mesure des variations de dimension des organes végétaux (utilisation de capteurs de déplacement micrométrique), peut-on acquérir des informations sur le statut hydrique du végétal. Cette approche, étudiée notamment par Huguet (1985), entre dans la conception du programmeur d'irrigation connu sous le nom "Pepista".

- **Du substrat. La détermination du statut hydrique du substrat à l'aide d'un capteur placé dans le conteneur constitue une approche possible.** Notre étude a porté sur les perspectives d'emploi de capteurs sensibles au potentiel hydrique communément appelés "tensiomètres".

## OBJECTIFS

Deux variables interdépendantes permettent de définir l'état hydrique d'un substrat : la teneur en eau et le potentiel de l'eau.

Le suivi de la teneur en eau d'un substrat obtenu par pesées d'un certain nombre de conteneurs nécessite, pour aboutir à une automatisation performante, des moyens importants. Les autres méthodes, telles que celles utilisant les variations de la conductivité électrique, n'ont pas à ce jour donné pleine satisfaction.

Par contre, pour la mesure du potentiel hydrique, les tensiomètres du type transmetteur sont susceptibles de s'intégrer beaucoup mieux dans des systèmes de gestion de l'irrigation. Cette technique est déjà appliquée dans le cas des cultures sur sol *in situ*. Elle est d'une pratique assez courante dans les agrosystèmes tels que les vergers en irrigation localisée.

Jusqu'à une période récente, tel n'était pas le cas pour les cultures en pots et conteneurs. Les capteurs proposés avaient une plage d'utilisation limitée approximativement aux valeurs de tension comprises entre 10 et 70 kPa, plage qui ne convient pas pour les cultures hors sol (Rivière, 1992). Actuellement, on

peut trouver des tensiomètres ayant une bonne précision dès les valeurs de tension proches de 0, qui peuvent répondre aux besoins. Testés sur plantes en pots en subirrigation, ils donnent des résultats satisfaisants et permettent de gérer l'irrigation (Rivière *et al.*, 1991).

Plusieurs auteurs ont utilisé des tensiomètres pour estimer les valeurs de potentiel hydrique souhaitables dans les substrats. C'est le cas de Röber *et al.* (1986) pour cyclamen et pélargonium, de Grantzau (1986, 1988) pour bégonia, et de Karlovitch et Fonteno (1986) pour le chrysanthème. Les références obtenues, variables d'une expérimentation à l'autre, vont de - 5 à - 30 kPa. Cette disparité dans les résultats peut sans doute trouver son explication dans la variabilité des paramètres utilisés pour l'évaluation du comportement de la plante, et dans la variabilité des substrats utilisés. Le rôle joué par l'aération du substrat est essentiel, puisque pour certains d'entre eux, teneur en eau élevée signifie corrélativement risque d'asphyxie des racines (Rivière *et al.*, 1990).

La mise en œuvre de telles techniques de contrôle automatique de l'irrigation nécessite de connaître :

- la réponse du tensiomètre entre deux irrigations localisées en fonction de sa position par rapport au goutteur.

- la réponse, en terme de croissance et de développement, des plantes selon les niveaux de potentiel hydrique du substrat.

L'expérimentation que nous avons menée a cherché les premières réponses à ces deux questions dans le cas d'une culture en conteneurs d'un arbuste, le *Forsythia*, cultivé en plein air.

## MATÉRIELS

L'expérimentation a été conduite au cours de l'année 1993 à l'unité expérimentale de la station d'agronomie d'Angers.

L'espèce végétale utilisée pour l'expérimentation est *Forsythia x intermedia*. Son choix est ici justifié par les besoins importants en eau de l'espèce et sa réponse facilement détectable aux stress hydriques (manifestation visuelle de flétrissement).

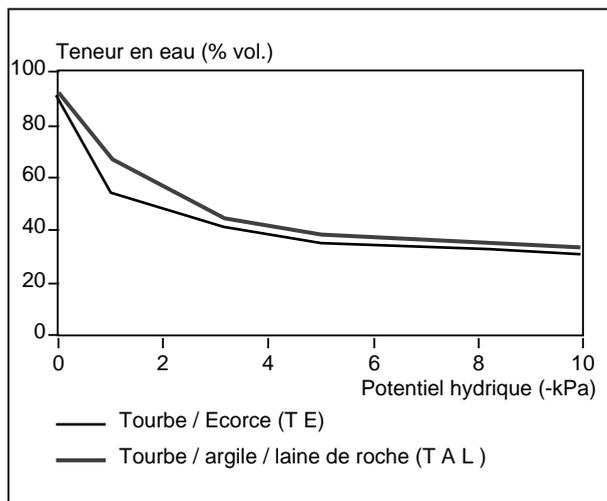
Des plants de un an ont été repotés début avril dans des conteneurs rigides de 4 litres. Les substrats utilisés ont été de deux types :

1 - mélange TE de tourbe blonde d'origine balte et de broyat d'écorce de pin (granulométrie 5 - 10 mm) (50 % - 50 %) ;

2 - mélange TAL de tourbe, d'argile et de laine de roche (65 % - 10 % - 25 %).

Les caractéristiques de rétention en eau de ces substrats ont été présentées sur la *figure 1*. On y note les deux points suivants :

- La teneur en air à pF 1 (potentiel hydrique de -1 kPa) est élevée (supérieure à 25 %). Les études antérieures (Rivière,

**Figure 1** - Caractéristiques de rétention en eau des substrats.**Figure 1** - Water retention of the substrates.

1992) montrent que les risques d'asphyxie des systèmes racinaires dans cette situation sont nuls.

- La disponibilité en eau (D E), définie comme la différence de teneurs en eau aux valeurs de -1 et -10 kPa de potentiel hydrique matriciel (De Boodt, 1975 ; Rivière et Nicolas, 1987), est supérieure à 20 %. Elle est plus faible pour le mélange TE que pour le mélange TAL.

Seul le mélange TE, plus contraignant vis-à-vis de la conduite de l'irrigation du fait de sa DE plus faible, a été étudié en tensiométrie.

### Irrigation et fertilisation

La culture a été conduite en extérieur, soumise aux apports d'eau par la pluie. On a utilisé une irrigation localisée qui permet de contrôler exactement les quantités d'eau apportée à chacun des conteneurs. La régularité du débit a été obtenue grâce à l'utilisation de goutteurs autorégulants.

Le renouvellement des solutions nutritives et le déclenchement des irrigations étaient gérés par un automate pilotant l'ensemble des parcelles expérimentales du site. Le nombre d'irrigations fertilisantes a été ajusté de façon à ce que les apports d'azote soient identiques sur les différentes parcelles, quelle que soit la demande en eau de la parcelle. Des contrôles analytiques réguliers sur le substrat ont permis de vérifier que les conditions d'alimentation minérale étaient assurées de manière satisfaisante sur l'ensemble de l'essai.

### Les tensiomètres

La mesure du potentiel hydrique est effectuée à partir de tensiomètres DTPC 1 000 fabriqués par la société Nardeux. Ils

ont été équipés d'une canne semi-rigide de 30 cm de long montée sur une bougie de 12 mm de diamètre et 30 mm de long. Selon le constructeur, le capteur de pression délivre un signal de 4 mA pour une pression de 0 kPa et de 20 mA pour une pression de -100 kPa. Ce courant est numérisé au niveau de l'automate. La validité de l'étalonnage proposé par le constructeur a été vérifiée pour des valeurs de dépression allant de 0 à -12 kPa. Dans cet intervalle, tous les capteurs ont présenté une réponse linéaire (coefficient  $r^2$  de la régression toujours supérieur à 0,99). Les différences observées portent principalement sur l'ordonnée à l'origine. Dans le cadre de nos mesures, elles sont toujours inférieures à 1 kPa. Une correction d'étalonnage a été faite pour les comparaisons précises de résultats entre plusieurs appareils.

## MÉTHODES

### Positionnement de la bougie dans le massif de substrat

Pour vérifier l'influence du positionnement de la bougie par rapport au goutteur un certain nombre de mesures ont été faites sur un même conteneur avec des bougies poreuses situées à 7 cm au-dessous de la surface et à des distances variables du goutteur. Trois positions ont été choisies : proche du goutteur (5,5 à 6 cm), moyennement éloignée du goutteur (8 à 9 cm), éloignée du goutteur (10 à 11 cm).

### Comportement des cultures en fonction des potentiels hydriques des substrats

L'essai comportait 4 parcelles indépendantes, notées A, B, C, D, chacune comportant 8 rangées de 24 plantes (4 pour chacun des substrats).

Les différents seuils de potentiel pour le déclenchement des irrigations par l'automate étaient les suivants : - 2 kPa (parcelle A), - 4 kPa (parcelle B), - 8 kPa (parcelle C). La dose d'irrigation apportée pour ces trois parcelles était de 35 ml par pot. Cette valeur faible a permis de maintenir des potentiels hydriques en permanence proches du seuil de consigne de déclenchement de l'irrigation. Si nous nous référons à la courbe de rétention établie pour le substrat tourbe-écorce (figure 1), le potentiel de l'eau dans ce substrat au niveau de la bougie poreuse a été maintenu entre les valeurs suivantes : - 1,8 kPa à - 2 kPa pour la parcelle A, - 3,6 kPa à - 4 kPa pour la parcelle B, - 7,7 kPa à - 8 kPa pour la parcelle C. Chaque parcelle était équipée de trois tensiomètres. Le déclenchement des irrigations était obtenu lorsque deux d'entre eux avaient atteint le seuil de consigne.

La parcelle D a servi de référence locale. Le déclenchement était fait par horloge. Le volume d'eau apporté était modulé en fonction de l'ETP Penman du jour précédent corrigé

d'un coefficient cultural selon les valeurs indiquées sur le *tableau 1*. Les temps d'irrigation étaient obtenus à partir d'un algorithme de calcul prenant en compte le volume d'eau à apporter dans la journée et une consigne de dose d'eau maximale de 133 ml par conteneur et par apport, soit approximativement le tiers de la disponibilité en eau.

Pour les parcelles dont l'irrigation était pilotée par tensiomètre, les bougies poreuses ont été placées à mi hauteur, soit 7 cm de la surface du substrat. Le goutteur était également situé à mi-distance entre le collet de la plante et la bordure du pot, à une distance de 6 cm de la verticale de la bougie.

On a tenu compte, dans l'estimation du seuil de déclenchement des apports d'eau, du potentiel gravitaire induit par longueur de la canne des tensiomètres.

Un dysfonctionnement du système de pilotage en début d'expérimentation (indépendamment des tensiomètres) a provoqué des différences importantes entre les parcelles. Nous avons de ce fait procédé début juin à une redistribution des plantes afin d'assurer une homogénéité statistique initiale. La *figure 2* représente le plan de l'expérimentation après que cette redistribution a été effectuée. Au sein de chaque parcelle, les lettres a b c d sont à mettre en relation avec l'origine des plantes.

### Mesures de croissance

Dans chaque parcelle, un échantillon représentatif de 20 plantes (5 de chaque origine) a été sélectionné par une étude statistique préalable. Sur cet échantillon, les mesures de longueurs de rameaux ont été effectuées tous les quinze jours. Nous avons effectué une analyse de variance à deux facteurs (influence du seuil de pilotage et influence de la provenance) avec comme variable étudiée le cumul de la longueur des rameaux.

**Tableau 1** - Coefficients culturaux utilisés.

**Table 1** - Watering coefficients used for the irrigation of control plot (D).

Date	Coefficient
16/4	0,25
16/6	0,30
22/6	0,40
26/7	0,50
3/9	0,65

Un test de Newman et Keuls a été effectué à partir des analyses de variance, pour distinguer les traitements significativement différents au seuil de 5 %.

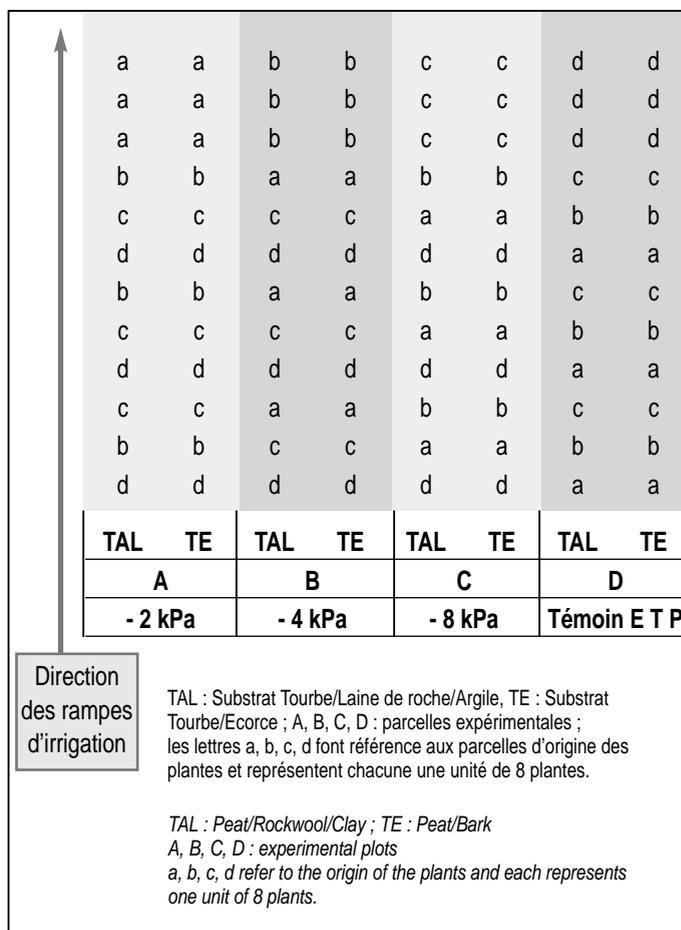
## RÉSULTATS

### Positionnement de la bougie

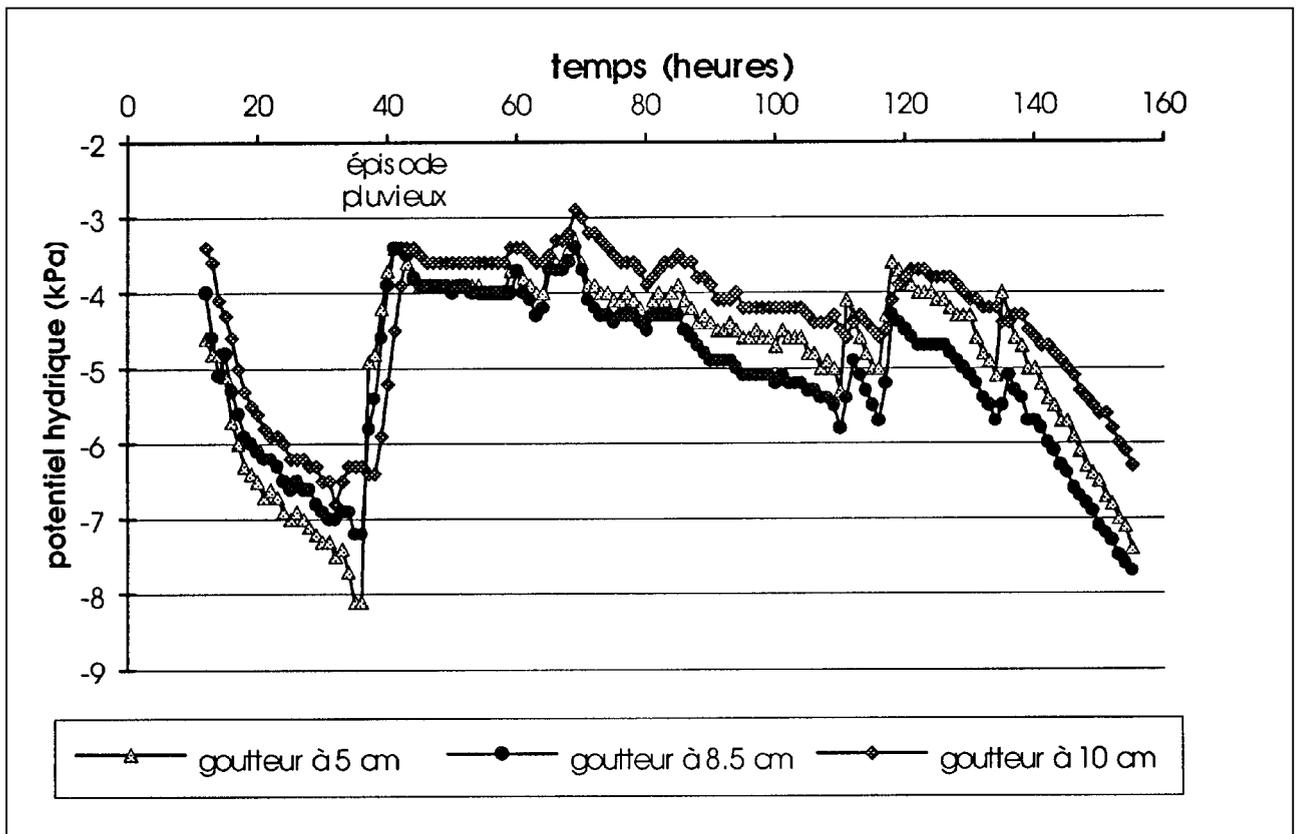
Nous avons illustré cet aspect en *figure 3*, qui représente l'évolution de la tension de l'eau mesurée par trois tensiomètres installés dans un même pot de la parcelle D, entre le 12 et le 18 octobre. A cette date, bien que l'ETP soit faible (environ 1 mm par jour), la consommation en eau par les plantes est élevée du fait de leur très grande taille. Les

**Figure 2** - Plan des parcelles expérimentales après la redistribution statistique de juin 1993.

**Figure 2** - Disposition of the experimental plots.



**Figure 3** - Valeurs de potentiel hydrique relevées entre le 12 et le 18 octobre par 3 tensiomètres situés dans un même conteneur.  
**Figure 3** - Water potential measured between oct. 12 and oct. 18, 1993 by 3 tensiometers located in the same container.



potentiels ont des évolutions relativement comparables. Elles indiquent pendant la période de référence un épuisement de la réserve hydrique à partir de la quarantième heure.

Deux périodes représentent des situations particulièrement intéressantes quant à l'évolution de l'état hydrique du substrat.

La première est située entre la trente-cinquième heure et la quarante-cinquième heure. Elle correspond à un épisode pluvieux moyennement intense (16,5 mm enregistrés pendant les deux jours). On y note une élévation du potentiel de l'eau dans le substrat affichée par les trois tensiomètres. Les différences de tension notées avant la pluie sont atténuées après l'épisode pluvieux qui tend à homogénéiser l'humectation de l'ensemble du massif de substrat.

La seconde période correspond à une irrigation suivie d'une forte consommation en eau par la plante. On peut y distinguer deux phases :

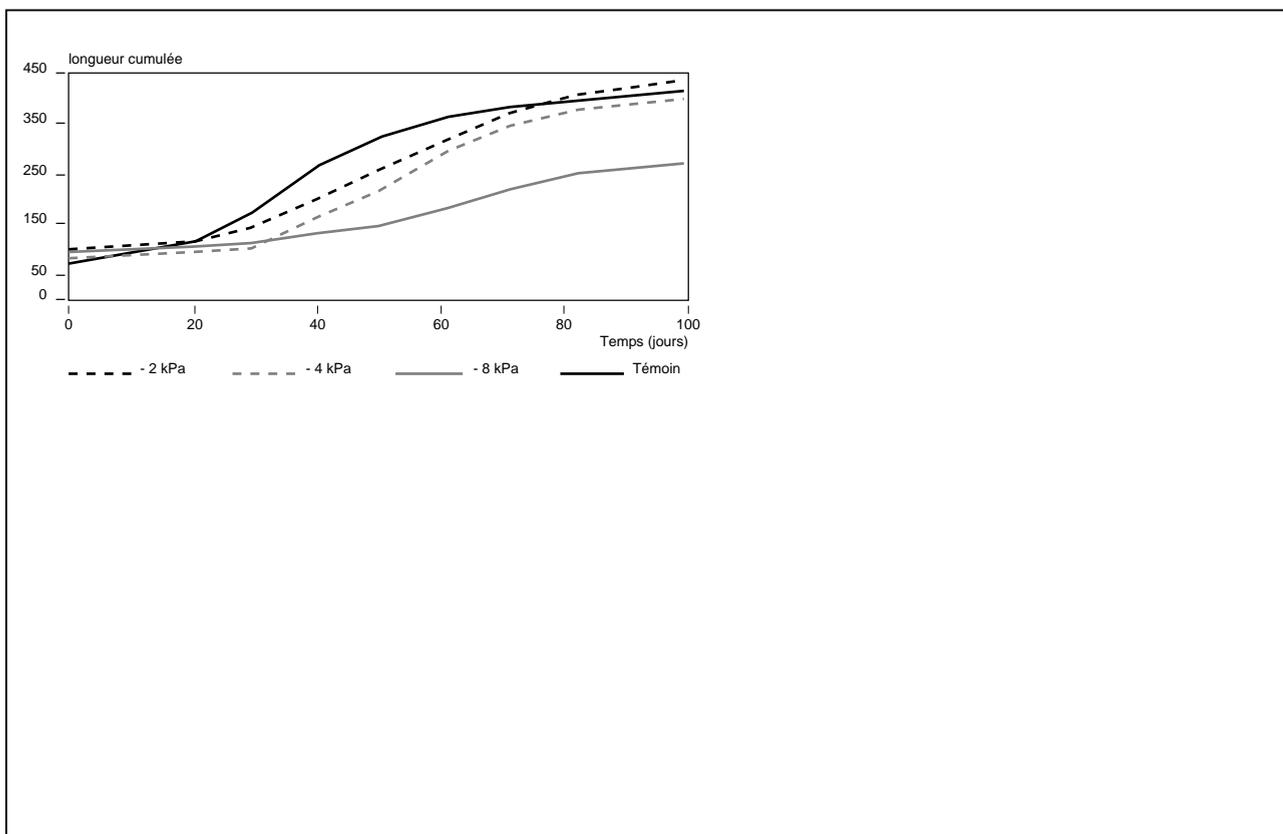
- Une phase de réhydratation consécutive à l'irrigation. La zone proche du goutteur (5,5 cm) a atteint son maximum de réhydratation à la fin de la première heure, alors qu'il est obtenu

nu dans la zone intermédiaire (8,5 cm) à la fin de la deuxième heure. Les valeurs de la tension de l'eau mesurées pour ces deux zones après réhydratation montrent que l'augmentation du potentiel hydrique est plus importante à proximité du goutteur. Dans la zone la plus éloignée du goutteur (10 cm) la phase de réhydratation est détectée plus tardivement (au bout de deux heures). Elle dure trois heures et est caractérisée par une augmentation faible du potentiel hydrique. Elle est peu sensible à cet arrosage, alors qu'elle l'était plus lors du précédent apport d'eau, sans doute du fait d'une demande climatique plus importante dans le dernier épisode.

- Une phase de dessiccation, qui se manifeste par une diminution importante du potentiel de l'eau. On note une différence de pente des trois courbes : forte pour la zone à 5,5 cm du goutteur, intermédiaire pour la zone à 8,5 cm du goutteur, faible pour la zone à 10 cm du goutteur. Ces différences de pente, même si elle peuvent s'expliquer en partie par la forme de la relation tension/humidité du substrat, correspondent probablement à des vitesses différentes

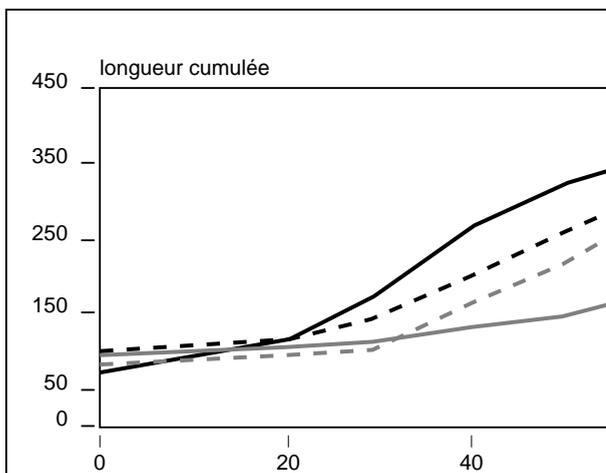
**Figure 4** - Evolution du potentiel hydrique mesuré pour trois plantes différentes sur une même parcelle.

**Figure 4** - Evolution of the water potential in the substrate of three different plants on the same experimental plot.



**Figure 5** - Longueurs cumulées des rameaux des plantes élevées en substrat tourbe/écorce.

**Figure 5** - Total length of shoots measured on the plants cultivated in peat/bark substrate.



d'assèchement. Cette hypothèse doit être mise en relation avec l'observation des systèmes racinaires effectuée en fin de culture : la plupart des racines se situent dans la zone située sous le goutteur. Les prélèvements d'eau y sont plus importants, certainement supérieurs, pendant les périodes de forte demande, aux transferts hydriques à partir des zones adjacentes.

### Mise en évidence des variations de potentiel hydrique en fonction des besoins en eau de la plante

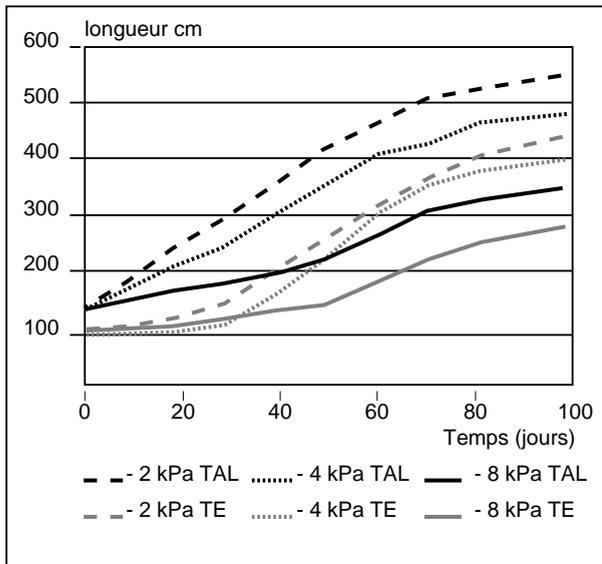
La figure 4 présente l'évolution de la tension de l'eau dans le substrat pendant une période de 2 jours pour des tensiomètres placés sur une même parcelle dans trois conteneurs différents, contenant des plantes de taille différente. Les oscillations des courbes sont identiques et mettent bien en évidence la réponse rapide en cas d'irrigation. Les besoins en eau différents des plantes se manifestent, au niveau de la réponse des tensiomètres, par une pente plus forte des

**Figure 6** - Longueurs cumulées des rameaux en septembre 1993 des plantes irriguées à l'aide des tensiomètres.

TAL : Substrat Tourbe/Argile/Laine de roche ; TE : Substrat Tourbe/Ecorce.

**Figure 6** - Total length of shoots measured on the plants irrigated by the means of tensiometers

TAL : Peat/Rockwool/Clay ; TE : Peat/Bark.



courbes lors des périodes d'absorption d'eau pour la plante la plus grande. C'est notamment le cas dans la première et la dernière partie des courbes. Les oscillations de la courbe correspondante sont nettement plus marquées. Ici encore, cette pente plus forte ne peut être expliquée seulement par la forme de la courbe potentiel/teneur en eau, mais aussi par des prélèvements d'eau plus importants.

### Potentiel hydrique et croissance des plantes

Examinons tout d'abord les résultats obtenus sur le substrat tourbe/écorce, dans lequel étaient situés les tensiomètres. Ils sont illustrés sur la figure 5 et l'analyse statistique apparaît au tableau 2.

La première analyse de variance effectuée juste après la reconstitution des parcelles est considérée comme point de départ de l'essai. Elle permet d'apprécier l'homogénéité du matériel végétal. On constate une différence significative due au facteur provenance ainsi qu'une hétérogénéité entre les parcelles : la répartition au hasard des plantes entre les différentes parcelles n'a pas permis d'avoir des lots statistiquement homogènes.

L'analyse de variance effectuée 70 jours plus tard (septembre) montre une différence significative des longueurs

**Tableau 2** - Résultats de mesure des longueurs cumulées de rameaux en juin (début de l'essai) et septembre 1993.

**Table 2** - Results of measurements of the total length of shoots in June (beginning of the experiment) and september 1993.

MESURES DE JUIN				
Traitement	- 2 kPa	- 4 kPa	- 8 kPa	E T P
Parcelle	A	B	C	D
Moyenne	94,6	83,5	92,6	75,7
Signification statistique *	A	AB	A	B
MESURES DE SEPTEMBRE				
Traitement	- 2 kPa	- 4 kPa	- 8 kPa	E T P
Parcelle	A	B	C	D
Moyenne	339,8	314	212	339,6
Signification statistique *	A	A	B	A
MESURES DE JUIN (détails)				
	Provenance a	Provenance b	Provenance c	Provenance d
Moyenne	74,1	80,2	64,7	127,4
Signification statistique *	B	B	B	A
MESURES DE SEPTEMBRE (détails)				
	Provenance a	Provenance b	Provenance c	Provenance d
Moyenne	297,5	306,4	304	297,5
Signification statistique *	A	A	A	A

\* Les traitements portant une lettre identique ne sont pas significativement différents au seuil de 5 % (Test Newman et Keuls).

\* Treatments with the same letter are not significantly different according to Newman and Keuls test.

cumulées de rameaux entre les niveaux hydriques de - 2 kPa

La différence de provenance des plantes sur l'ensemble des quatre parcelles n'apparaît plus comme significative après cette période de culture. La conduite de l'arrosage a donc joué un rôle déterminant d'homogénéisation au sein de chacune des parcelles.

La comparaison entre les deux substrats (*figure 6*) montre que les croissances ont été plus fortes sur le substrat TAL, surtout dans la période suivant immédiatement la plantation. Ce décalage est dû à l'emploi d'écorce non compostée qui, au départ, immobilise un peu d'azote. En ce qui concerne les traitements d'irrigation, les observations amènent à des conclusions identiques.

et de - 8 kPa. Par contre les résultats obtenus avec le meilleur

## CONCLUSIONS

Les deux questions posées au départ de cette expérimentation concernaient d'une part la possibilité d'utiliser des tensiomètres pour piloter l'irrigation d'une culture en conteneurs, et d'autre part les relations entre le niveau de potentiel hydrique du substrat et la croissance des plantes.

La question concernant le fonctionnement du système a reçu une réponse positive. Les arguments en faveur de cette réponse sont divers :

des trois niveaux hydriques ne sont pas significativement diffé-

1) à partir du mois de juin et jusqu'à la fin de la culture, le pilotage des irrigations a été effectué entièrement grâce aux tensiomètres, sans aucune intervention.

2) les observations faites sur plusieurs tensiomètres situés dans un même conteneur montrent que les appareils permettent de suivre finement les cinétiques de dessiccation et d'humectation du massif de substrat. Ils mettent en évidence les arrosages et les apports par les pluies, ainsi que les prélèvements différents d'eau selon les zones du massif. L'importance des phénomènes de transferts au sein du substrat est soulignée par ces observations.

rents de ceux de la parcelle D.

3) De la même manière, il a été possible de noter les différences d'évolution du potentiel hydrique en fonction de la taille des plantes.

L'usage des tensiomètres pour le pilotage automatique des apports d'eau en fonction de l'état hydrique des substrats est envisageable. Le choix d'utiliser trois unités de mesures, en ne prenant en compte que deux d'entre elles pour le déclenchement des arrosages, s'est avéré fiable pendant la durée de l'expérimentation. Au départ, les plantes choisies avaient un développement moyen. Il est intéressant de constater qu'en fin de période, l'homogénéité des parcelles a augmenté, traduisant qu'un apport d'eau identique a conditionné une croissance identique et a relativement estompé les différences initiales.

La seconde question a reçu également une réponse positive nette : il y a tout avantage, dans les conditions de l'essai, à maintenir un potentiel hydrique élevé. Le classement final de l'essai faisant apparaître une croissance plus forte des plantes maintenues à - 2 kPa. On retrouve ici des résultats antérieurs, exposés dans différentes conditions notamment par Nicolas

(1986) et par Rivière (1992). Toutefois, les limites de ce résultat doivent être clairement précisées :

- les substrats présentaient des conditions d'aération non contraignantes [valeur de la teneur en air à pF 1 (- 1 kPa) élevée] ;
- le *Forsythia* est une plante à besoin en eau élevé en période

estivale. Dans ces conditions, les risques d'asphyxie racinaire sont moindres (Rivière *et al*, 1990), et il est possible de conduire les cultures avec des substrats en moyenne plus humides ;

- enfin, le choix d'utiliser des doses d'irrigation faibles a pu jouer un rôle important dans l'obtention de ce résultat. Une expérimentation conduite en 1994 dans des conditions sensiblement identiques mais avec une dose d'irrigation plus forte montre que les conclusions sont moins nettes quant à l'influence du seuil du potentiel de déclenchement des arrosages.

L'emploi des tensiomètres s'avère donc intéressant pour piloter l'irrigation des cultures sur substrats. Nous l'avons déjà montré dans le cas de la subirrigation (Rivière *et al*, 1991). C'est aussi le cas des conteneurs de dimension habituelle (4 litres) avec localisation de l'arrosage. Le transfert d'une telle technique au milieu professionnel pose toutefois un certain nombre de problèmes : technicité, coût des investissements, modifications des pratiques culturales, problèmes à propos desquels nous avons d'ores et déjà engagé la réflexion.

19 : 287-288.

## BIBLIOGRAPHIE

- De Boodt M., 1975 - Caractères physiques et disponibilité en eau des substrats. *Annales de Gembloux*, 81 : 59-79.
- Fitzpatrick G., 1980 - Water budget determinations for container-grown plants. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 93 : 166-168.
- Grantzau E., 1986 - Trocken kultivierte Cyclamen werden kompakter. *Gartnerbörse und Gartnerwelt*. 1986, 40 : 1508-1510.
- Grantzau E., 1988 - Elatior Begonien ; Knapp ernährt halten sie länger. *Gartnerbörse und Gartnerwelt*. 1988, 12 : 515-517.
- Huguet J. G., 1985 - Appréciation de l'état hydrique d'une plante à partir des variations micrométriques de la dimension des fruits et des tiges au cours de la journée. *Agronomie*, 5, 8 : 733-741.
- Karlovitch P., Fonteno W., 1986 - Effect of soil moisture tension and soil water content on the growth of Chrysanthemum in three container media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 111, 2 : 191-195.
- Nicolas H., 1986 - Transferts hydriques dans le système Substrat-Plante-Atmosphère. Thèse, ENSA, Rennes : 284p.
- Rivière L.M., 1992 - Le fonctionnement hydrique du système substrat - plante en culture hors sol. Mémoire H D R, Université d'Angers, ENITHP : 126p.
- Rivière L. M., Nicolas H., 1987 - Conduite de l'irrigation des cultures hors sol sur substrats. Contraintes liées au choix des substrats. Milieux Poreux et Transferts Hydriques, *Bull. G. F. H. N.*, 22 : 47-70.
- Rivière L.M., Foucard J.C., Lemaire F., 1990 - Irrigation of container crops according to the substrate. *Scientia Horticulturae*, 43 : 339-349.
- Rivière L.M., Morel P., Loiseau M., Laury J.C., 1991 - Mesure du potentiel hydrique des substrats de plantes en pots au moyen de tensiomètres. *P. H. M. Revue Horticole*, 316 : 33-39.
- Röber R., Frenz F.W., Braune W., 1986 - Der einfluss unterschiedlicher Wasserversorgung auf das Wachstum und Blühen von Cyclamen und Pelargonium. *Gartenbauwissenschaft*, 51, 1 : 32-36.
- Stanley C.D., Harbaugh B.K., 1984 - Estimating daily water use for potted Chrysanthemum using pan evaporation and plant height. *Hortscience*,