

CN0100923

NDA/NDK

DOCUMENT N. 34

nov 1983

**UTILISATION DE LA CHAMBRE D E PRESSION
ET DU PSYCHROHYGROMETRE POUR MESURER
LE POTENTIEL HYDRIQUE DE L 'ARACHIDE
(*arachis hypogea* l.)**

par

Aly N'DIAYE

physiologiste/terranra bankey

P L A N

I - INTRODUCTION

II - MATERIELS ET METHODES

1. Matériel végétal et traitements des plantes
2. Méthodes d'études

III - RESULTATS ET DISCUSSIONS

- A) Mesure du potentiel hydrique par la chambre de pression
- B) Mesure du potentiel hydrique par le psychromètre
- C) Comparaison des résultats obtenus avec le psychromètre et la chambre de pression

IV - CONCLUSIONS

V - BIBLIOGRAPHIE

1 - INTRODUCTION

Plusieurs méthodes ont été décrites pour mesurer l'état de l'eau dans la plante, ce qui montre la difficulté qu'il y a à trouver une méthode universelle applicable à tous les cas. Les méthodes de mesure les plus généralement utilisées sont de deux types. :

- les méthodes directes (Psychromètre, SPANNER 1951)
- la méthode de la chambre de pression (SCHOLANDER et al 1964, 1965 et 1966)

Dans le présent travail nous avons voulu comparer les valeurs du potentiel hydrique foliaire de l'arachide (Arachis hypogaea L) obtenues avec une méthode directe en utilisant un psychrohygromètre à point de rosée et celles obtenues avec une chambre de pression, car certains auteurs (ALLEN et al 1976 et BOOTE et al 1976) considèrent qu'il n'est pas possible d'appliquer la chambre de pression à cette plante,

Nous avons dans ce cadre essayé de faire ressortir les avantages et problèmes propres à chacune des méthodes pour son utilisation en général et dans le cas particulier de l'arachide.

II - MATERIELS ET METHODES

1- Matériel végétal et traitements des plantes

a) Matériel végétal

Notre matériel végétal est constitué par la variété d'arachide (Arachis hypogaea L) 57-422 issue d'un choix du Centre de Recherches Agronomiques CRA) de Bambey (SENEGAL) dans une population hybride (C-334-3-404) qui provient de la station de TIFTON en GEORGIE (USA) en 1947,

C'est une Virginia à port érigé et à grandes folioles. La longueur de son cycle se situe entre 105 et 110 jours dans les conditions de la saison des pluies du SENEGAL.

b) Traitements des plantes

Les graines après prégermination sont semées dans des vases de végétation contenant du sol ferrugineux tropical peu lessivé (1). L'ensemble se trouve dans une serre où les températures moyennes journalières sont de 43°C pour la maximale et de 20,6°C pour la minimale. L'évaporation journalière mesurée par l'évaporimètre de Piche est en moyenne de 6,7 mm.

Les plantes sont arrosées jusqu'à la capacité ou champ à 11 h et à 17 h. La sécheresse est induite par suspension d'arrosage, les prélèvements sont effectués à partir du 35^e jour après semis.

2 - Méthodes d'études

Ils nous avons mesuré le potentiel hydrique foliaire par la chambre de pression et un psychrohygromètre.

Pour ce qui est de la chambre de pression nous avons utilisé 10 modèle 3005 de chez SOIL MOISTURE EQUIPMENT CORP. à SANTA BARBARA en CALIFORNIE (ETATS UNIS). Les mesures obtenues par la chambre de pression sont symbolisées CP.

Pour le Psychrohygromètre nous avons employé 10 HR 33T Microvolt-mètre à point de rosée de chez WESCOR, INC à LOGAN, UTAH (ETATS-UNIS) équipé d'une chambre de mesure du même constructeur. Cet appareil permet de mesurer 10 potentiels hydriques par deux procédés :

- Psychrométrie classique symbolisée dans cette étude par P
- Hygromètre à fixation du point de rosée noté ici DP

Pour le procédé P 10 constructeur donne une sensibilité théorique de 0,47 $\mu\text{V bar}^{-1}$ à 25°C, une correction est possible si la mesure est effectuée à une température différente de 25°C. On peut obtenir ainsi automatiquement le potentiel hydrique y nous avons désigné la mesure obtenue de cette manière par PA. On peut également établir une courbe étalon avec des solutions de NaCl à potentiels osmotiques connus, les potentiels obtenus à partir de cette courbe sont symbolisés ici par PE.

(1) Annales du Centre de Recherches Agronomiques de Bambey au Sénégal
Année 1956. Bulletin Agronomique 11, 225-231

Pour ce qui est du procédé DP une sensibilité théorique de $0,75 \mu V \text{ bar}^{-1}$ peut-être espérée et un changement de sensibilité de $0,45\% \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, ce qui donne une erreur de 6% entre 20 et 50°C (CAMPBELL et al 1975). Ce moyen d'exprimer le potentiel hydrique a été symbolisé par DP_A et celui obtenu à partir de la courbe étalon par DP_E .

Le constructeur préconise 15 minutes pour le temps d'équilibrage en ce qui concerne un matériel végétal.

L'appareil permet d'avoir la température à l'intérieur de la chambre de mesure.

III - RESULTATS ET DISCUSSIONS

A) Mesure du potentiel hydrique par la chambre de pression

La grande simplicité est le caractère pratique de son utilisation, le grand nombre d'échantillons dont on peut mesurer les potentiels hydriques par unité de temps font de la chambre de pression un instrument de choix aussi bien pour la recherche fondamentale que pour celle appliquée. Les dernières techniques concernant sa construction, ont fait un appareil maniable, facile à transporter et parfaitement adapté aux travaux aussi bien en plein champ qu'au laboratoire.

Sa technique de mesure est basée sur le principe qui consiste à élever progressivement la pression autour d'une fouille (ou rameau) enfermée dans une enceinte et à lire sur un manomètre la pression à laquelle l'eau/l^e xylème apparaît à la section de l'échantillon. Dixon (1914) et SCHOLANDER et al (1964, 1965 et 1966) suggèrent que la pression ainsi mesurée soit considérée comme compensant la pression négative qui à l'origine était celle dans les vaisseaux intacts du xylème.

Cette pression $P = \phi_c + \phi_{os}$ ou ϕ_c = Potentiel hydrique des cellules autour des vaisseaux du xylème.

et ϕ_{os} = Potentiel osmotique dans le xylème.

est le plus souvent élevée (proche de zéro) et on admet dans beaucoup de cas, que $P \approx \phi_c$ donc que P équivaut au potentiel hydrique de l'échantillon étudié. Une révision importante des possibilités et limites de la chambre de pression a été faite par RITCHIE et HINCKLEY en 1975.

Avec beaucoup d'espèces végétales la chambre de pression est utilisée pour mesurer le potentiel hydrique sans problèmes majeurs, ce qui permet de profiter du caractère rapide de la méthode.

Malheureusement chez certaines espèces végétales la chambre de pression compte tenu de son principe de mesure pose quelques problèmes on ce qui concerne son utilisation. Nous nous limiterons ici au problème posé par la reconnaissance du moment où apparaît l'eau dans le xylème car constituant la limite la plus importante de l'utilisation de la chambre de pression chez l'arachide (ALLEN et al 1974, BOOTE et al 1976). Voyons d'abord quelques exemples où un problème similaire s'est posé et les solutions préconisées avant d'en arriver au cas de l'arachide.

Travaillant sur des feuilles de raisin KLEPPER et CECCATO (1968), rapportent que des bulles s'échappaient de la surface du pétiole, occupé avant la pression équilibrant celle de la sève du xylème. Ceci était dû au passage de l'air à travers le xylème emportant ainsi son contenu. Ils ont pu grâce à l'habitude faire une distinction entre les deux phénomènes.

De son côté JORDAN (1970) indique que chez le cotonnier des bulles émergent souvent de la périphérie et de la moelle des tissus avant l'émission de liquide à partir du xylème. Dans ces cas également l'habitude ainsi que le faible taux de gaz insufflé aident à distinguer les deux émissions.

Chez les conifères il y a 2 interférence entre les résines qui exsudent en premier lieu et la sève dans le xylème (KAUFMANN 1968 a, RITCHIE et HIMCKLEY 1971). La réduction de la vitesse d'injection du gaz aide à résoudre ce problème. Une solution pour déterminer le point exact d'apparition de la sève du xylème consiste à utiliser un conductimètre à microélectrodes (RICHTER et ROTTENBURG 1971).

Avec l'arachide le problème posé est l'apparition à la section du pétiole de la sève du Phloème avant que n'apparaisse celle du xylème. ALLEN et al 1976 et BOOTE et al 1976 ont été confrontés à ce problème. En général il n'y a pas eu de proposition de solutions sinon l'utilisation d'une autre méthode, ce qui pose de grands problèmes car les autres méthodes sont un général plus lentes que la chambre de pression.

Nous avons cherché tout à nous à trouver une solution à ce problème de façon à ne pas perdre les avantages liés à la chambre de pression.

Tenant compte des moyens à notre disposition dans le Centre de Recherches agronomiques, nous avons cherché une solution simple mais fiable. C'est ainsi qu'après maintes recherches nous sommes parvenus à différencier ces deux sèves en utilisant des papiers indicateurs de PH. Dans la gamme des papiers testés celui qui nous a donné la plus satisfaction est le papier "SPEZIAL-INDIKATOR-PAPIER PH 5-9" de chez RIEDEL-DE HAEN AG. Ce papier donne une coloration rose orangé avec la sève du phloème et un gris verdâtre avec celle du xylème. Avec le papier PH 5,5-9,0 récemment introduit par le même fabricant le gris obtenu avec la sève du xylème est plus pâle et tend à se décolorer assez rapidement.

Avec le papier universel PH 4-10 nous avons pu déterminer les ordres de grandeur des PH des deux sèves : de l'ordre de 3 pour la sève du phloème et de 5 pour celle du xylème.

Nous avons retenu comme plus utiles les papiers SPEZIAL INDIKATOR PAPIER" PH 5-9 ou PH 5,5-9,0 pour différencier le moment d'apparition de chacune des sèves. Au fur et à mesure que la pression est élevée on applique le papier à la section du pétiole et lorsque la sève donne une coloration gris-verdâtre sur le papier on note la pression correspondante. On a ainsi le potentiel hydrique de la feuille car cette coloration correspond à l'apparition de la sève du xylème.

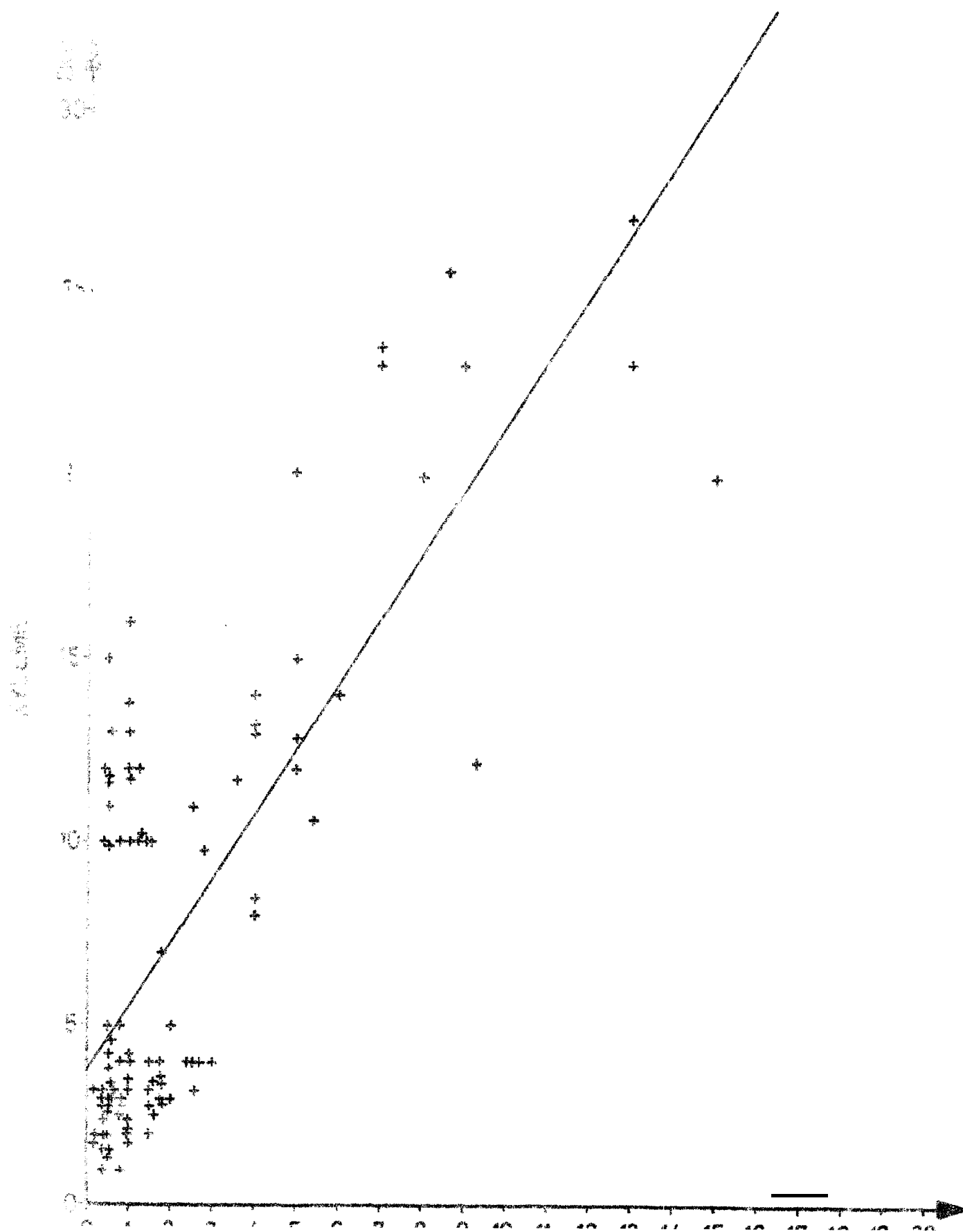
NOS expériences ont montré que l'interférence entre les deux sèves est plus marquée aux potentiels élevés (proche de zéro) qu'aux potentiels bas (conditions de sécheresse).

Le chercheur expérimenté aura moins de problèmes car nous avons constaté qu'aux carences hydriques moyennes (plantes en léger déficit hydrique) la sève du phloème donne un bouillonnement mousseux, blanchâtre et l'arrivée de la sève du xylème est marquée comme par une "explosion" au niveau des bulles. Ces dernières sont d'un diamètre plus grand que les premières et sont plus translucides.

Avec des plantes ayant subi une carence hydrique importante (bas potentiels) on a presque toujours directement la sève du xylème qui exsude sans interférence avec celle du phloème.

**Fig. 1: Relation potentiel hydrique Xyleme
potentiel hydrique Phloeme**

$$y = 1.758 X + 3.734$$



On constate donc qu'il est possible d'appliquer la méthode de mesure du potentiel hydrique par la chambre de pression à l'arachide.

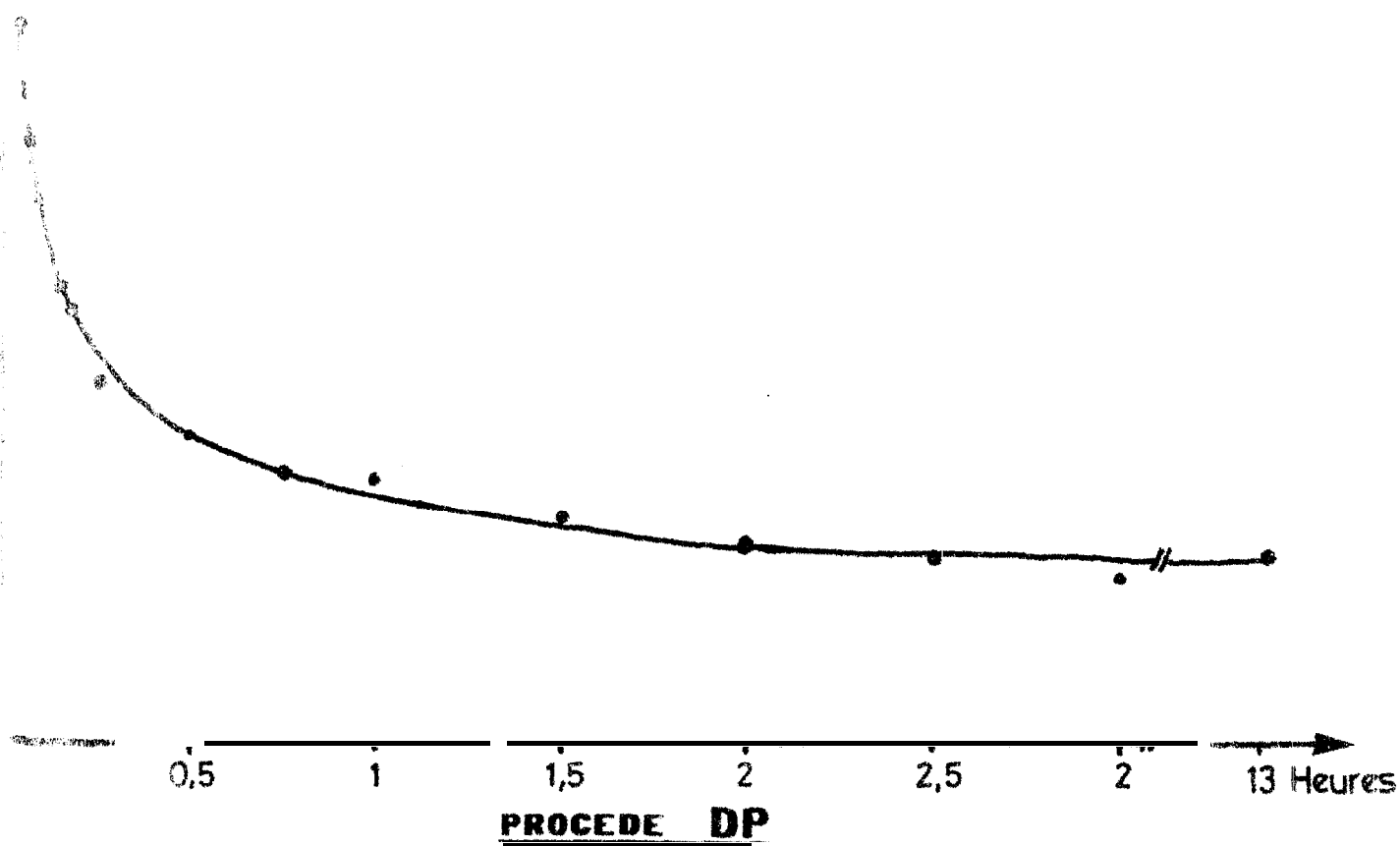
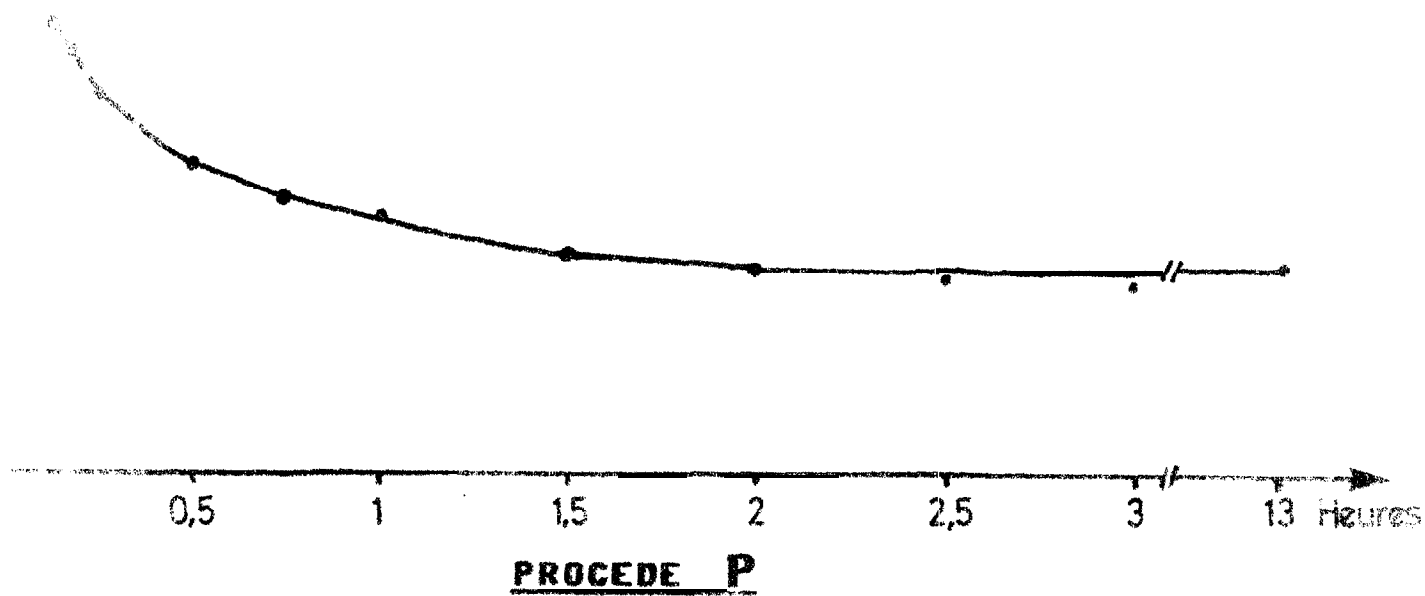
Nous avons par ailleurs cherché à déterminer si on pouvait par un schéma statistique prédire l'arrivée de la sève du xylème connaissant la pression d'apparition de la sève du phloème. C'est ainsi que nous avons mené une étude de régression linéaire portant sur 124 couples, nous avons alors obtenu une équation qui est :

$$y = 1,758 x + 3,734 \quad (\text{figure 1})$$

où x = potentiel jugé par la sève du phloème

et y = potentiel jugé par la sève xylème

Le coefficient de corrélation $R = 0,744$ est significatif à 5%. Cette étude statistique est utile mais pas trop nécessaire compte tenu de la facilité de détermination de l'arrivée de la sève du xylème avec le papier indicateur de PH comme nous l'avons signalé plus haut.



B - Mesure du potentiel hydrique par le psychrohygromètre

C'est un instrument dont l'un des avantages est qu'il peut mesurer une grande diversité d'échantillons (sols, solutions, végétaux ... etc.). Le type que nous avons employé utilise le refroidissement par effet PELTIER (SPANNER 1951, MONTEITH et OWEN, 1953, KORVEN et TAYLOR 1959) ; il bénéficie aussi de la nouvelle technique introduite par NEUMANN et THURTELL (1973) qui mesure le potentiel hydrique en déterminant la dépression d'un point de rosée..

Le psychromètre classique et ses dérivés sont décrits dans beaucoup de cas comme donnant le potentiel hydrique exact de l'échantillon, ceci est un autre avantage quant à l'utilisation de ces instruments.

Une des limites de l'utilisation du psychromètre est constituée par le temps d'équilibrage nécessaire à une mesure correcte du potentiel hydrique. En effet pour une détermination exacte du potentiel hydrique l'échantillon, l'air et le thermocouple doivent être à la même température ; il faut également que la pression dans l'échantillon et l'atmosphère autour de l'échantillon soient en équilibre.

Ce temps d'équilibrage doit être déterminé empiriquement car dépendant du l'appareil utilisé, de l'échantillon à étudier et des conditions de travail,

Dans la littérature scientifique on trouve plusieurs indications concernant le temps d'équilibre suivant les conditions de travail (MONTEITH et OWEN, 1958 ; EHLIG, 1962 ; KRAMER et BRIX 1965, WAISTER, 1963 ; BARRS et SLATYER 1965) en général 4 à 6 h suffisent. Pour le matériel végétal (SLAVIK 1974) ce qui est de loin supérieur aux indications données par le constructeur du matériel que nous avons utilisé. Nos expériences montrent cependant que ce temps est variable et est en rapport avec la quantité d'eau dans la Plante. En effet Pour une plante d'arachide normalement arrosée ce temps est en moyenne de 2h pour les deux procédés DP et P du Psychrohygromètre (figure 2). Pour des plantes en état de carence hydrique ce temps diminue avec l'intensité de cette carence sans toutefois jamais être inférieur à quinze (15) minutes.

Chez l'arachide donc l'équilibre s'obtient plus rapidement chez les plantes en carence hydrique que chez celles abondamment arrosées. Ceci peut s'expliquer par le fait que la quantité d'eau contenue dans une plante normalement arrosée est plus importante, ce qui implique un temps plus important pour les divers échanges (température et pression) entre l'échantillon, la chambre et l'atmosphère dans la chambre.

Ces temps d'équilibrage parfois trop longs (même si l'appareil que nous avons utilisé constitue un progrès par rapport à ces prédécesseurs) limitent beaucoup l'expérimentateur quant à la quantité d'échantillons étudiés par unité de temps. Par ailleurs des modifications dans le métabolisme de l'échantillon comme l'on a noté KNIPLING et KRAMER (1967) chez le tabac peuvent intervenir à l'issue des temps d'équilibrage d'importants, entraînant un changement du potentiel hydrique initial du tissu. A ce propos VIEIRA DA SILVA (1968) ADJAHOSSOU 1977 et NDIAYE, 1979 obtiennent respectivement chez le cotonnier, le palmier à huile et chez le mil et l'arachide une augmentation de la teneur en glucides solubles et une hydrolyse de l'amidon chez des plantes ayant subi une carence hydrique, ce qui peut entraîner une diminution du potentiel hydrique initial.

Un des grands avantages du Psychromètre est la constance dans les indications qu'il donne si un certain nombre de précautions sont prises (conditions environnementales et équilibre). Nous avons dans nos expériences pu vérifier que l'on **obtenait** les mêmes indications du potentiel hydrique d'échantillons de feuilles ayant subi les mêmes conditions (Âge, état hydrique, mêmes conditions environnementales ...etc)

Ces avantages du psychromètre, généralement reconnus font qu'il est souvent utilisé pour calibrer d'autres méthodes de mesure du potentiel hydrique.

Ceci nous a amené à étudier la relation qui pourrait exister entre les potentiels hydriques donnés par la chambre de pression et ceux indiqués par le psychrohygromètre compte tenu du fait que la méthode de la chambre de pression était plus rapide et que sa fiabilité était vérifiée elle conduirait à un travail plus efficace.

Fig. 3: Relation $DP_n - CP$

$$\phi_1 = 0,799 CP + 4,27$$

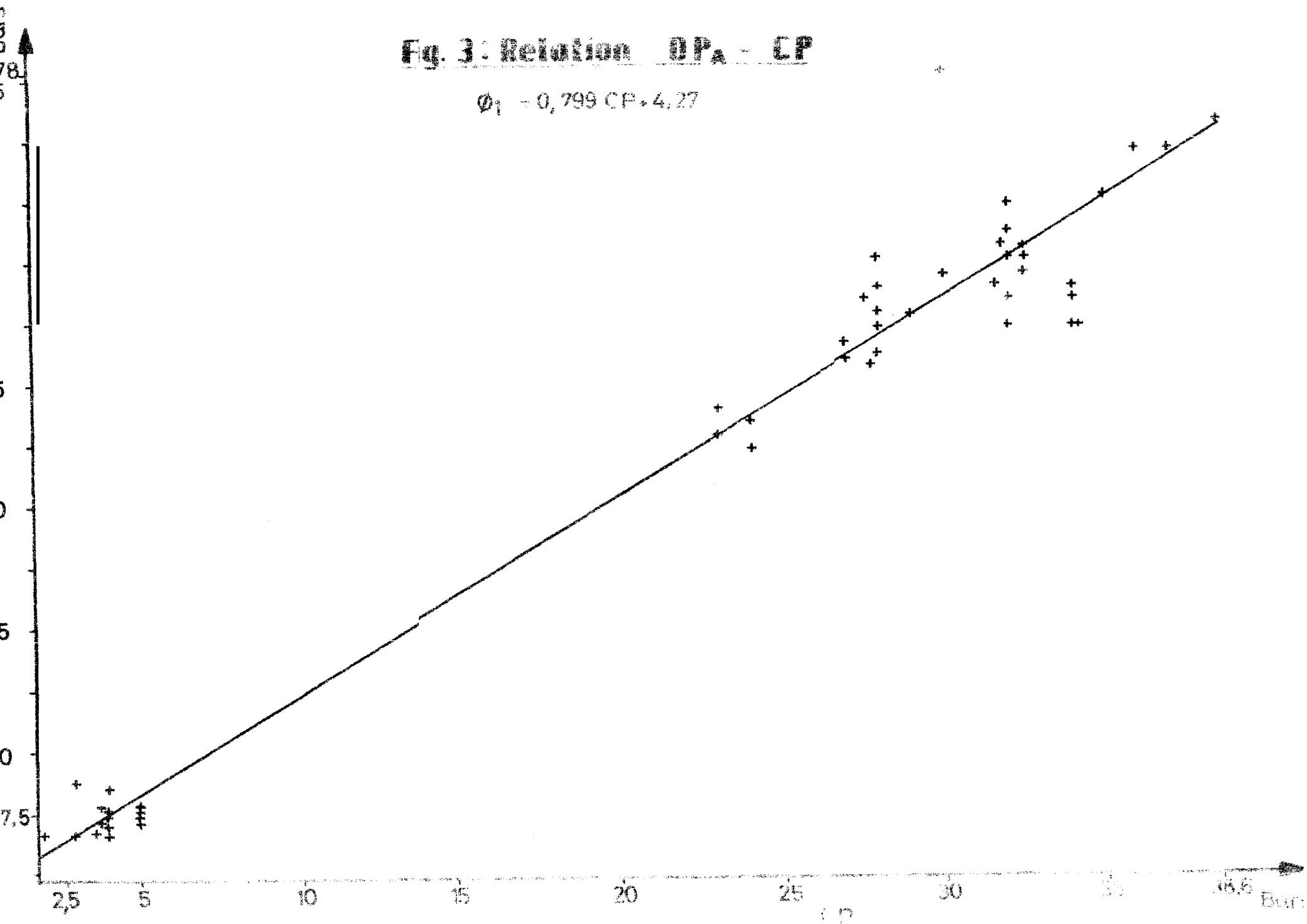


Fig. 4 : Relation D PE - CP

$$\phi_2 = 0,825 \text{ CP} + 2,072$$

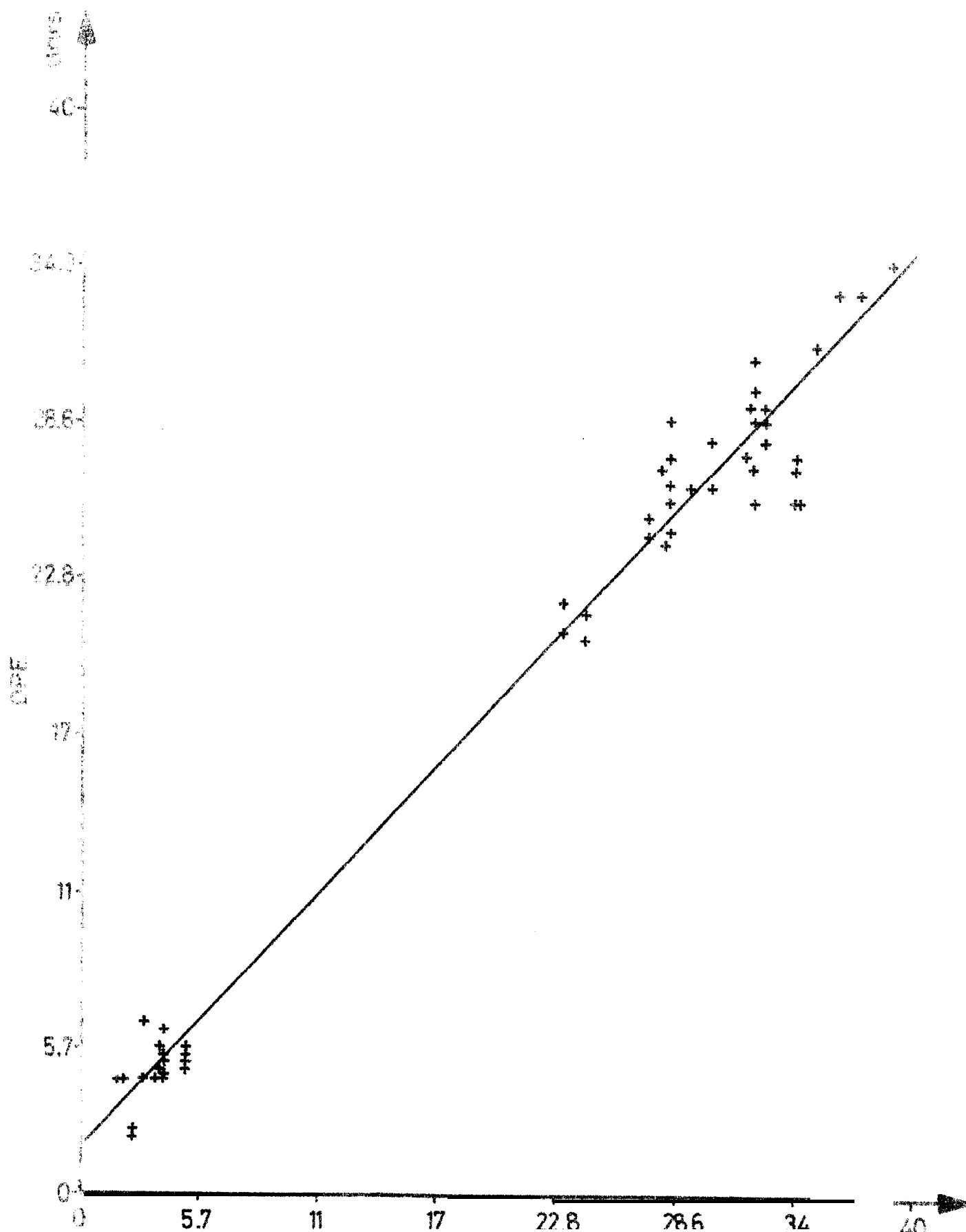


Fig. 5: Relation $P_A - C_P$

$$\phi_3 = 0,613 P + 3,93$$

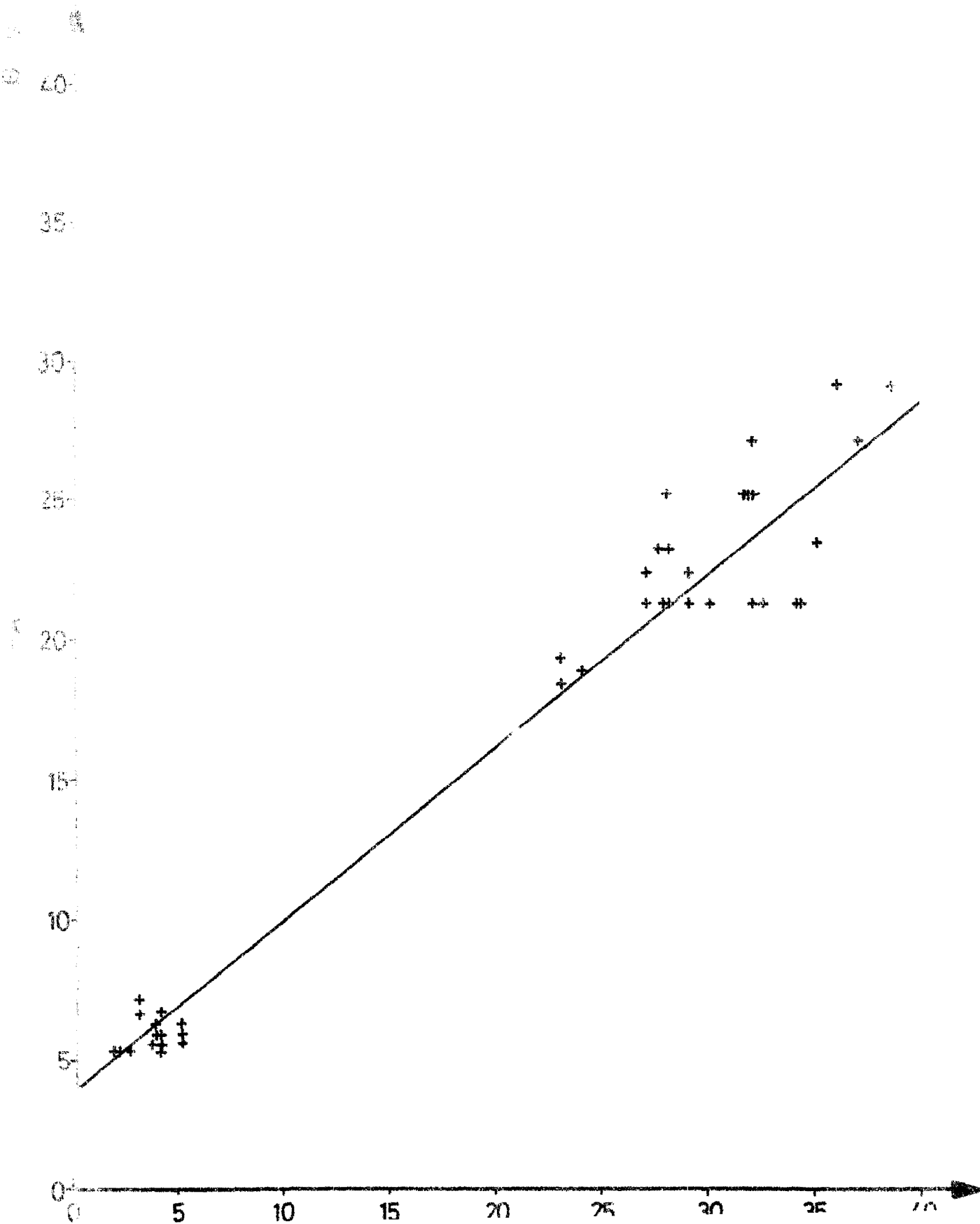
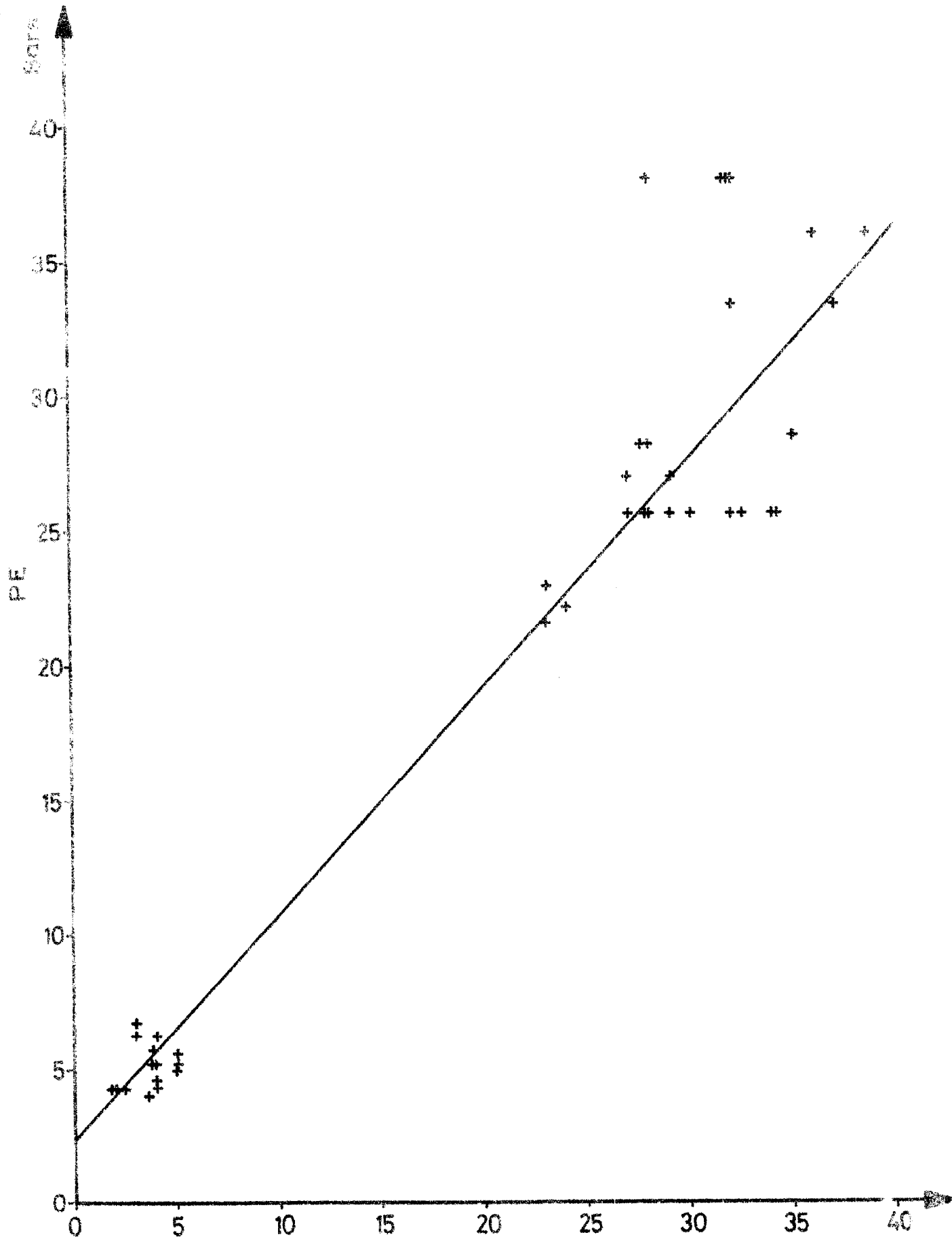


Fig. 6: Relation PE - CP

$$\phi_4 = 0,847 CP + 2,345$$



C - Comparaison des potentiels hydriques obtenus avec le Psychrohygromètre et la chambre de pression

Pour comparer les indications du potentiel hydrique obtenues par les deux méthodes nous avons mené un travail en conditions hydriques normales et déficitaires. Les rapports entre les résultats varient suivant le cas considéré.

Ainsi à l'état hydrique normal les potentiels les plus bas sont obtenus avec le Psychrohygromètre, quel que soit le procédé utilisé (DP ou P) et à l'intérieur d'un même procédé la variante employée (DP_A ou DP_E ; P_A ou P_E). Au niveau du Psychrohygromètre les sensibilités théoriques (DP_A et P_A) donnent des potentiels plus bas que ceux des courbes d'étalonnage. Les potentiels les plus bas sont obtenus par la variante DP_A . Les écarts les plus grands obtenus entre cette variante DP_A et la chambre de pression sont inférieurs à 5 bars (on valeurs absolues) sauf pour une seule mesure. Les potentiels obtenus par étalonnage sont ceux qui se rapprochent le plus de ceux obtenus par la chambre de pression.

Nous avons observé que les écarts les plus importants entre les deux méthodes sont obtenus avec les feuilliers âgés. Quand on fait une étude de la variation de potentiel hydrique des feuilles du sommet vers la base des rameaux, on constate que le potentiel hydrique s'élève (se rapproche de zéro) plus vite avec la chambre de pression qu'avec le Psychrohygromètre. Ceci a pour résultat de faire varier les rapports entre les résultats donnés par les deux méthodes.

A l'état hydrique déficitaire la chambre de pression donne les potentiels hydriques les plus bas. La variante P_A donne les potentiels les plus élevés. Nous avons aussi constaté que le procédé P n'arrivait plus à suivre les variations du potentiel hydrique au delà d'une certaine limite dans la carence hydrique subie par la plante, tandis que le procédé DP, lui continue à suivre ces variations.

En général les potentiels donnés par la chambre de pression et le procédé DP sont assez voisins, surtout la variante DP_A , et les écarts sont des fois inférieurs au bar. Pour mieux saisir la relation entre les indications du potentiel hydrique données par la chambre de pression et celles données par le Psychrohygromètre nous avons conduit une étude statistique utilisant la régression linéaire. Si l'on considère une situation recouvrant l'état hydrique normal et l'état hydrique déficitaire les relations Psychrohygromètre-chambre de pression peuvent être exprimées par les équations.

$$DP_A = f(cp) \rightarrow \beta_1 = 0,799 CP + 4,27 \text{ avec } R_1 = 0,990 \text{ (fig3)}$$

$$DP_E = f(cp) \rightarrow \beta_2 = 0,825 CP + 2,072 \text{ avec } R_2 = 0,990 \text{ (fig4)}$$

$$P_A = f(cp) \rightarrow \beta_3 = 0,613 CP + 3,93 \text{ avec } R_3 = 0,977 \text{ (fig5)}$$

$$P_E = f(cp) \rightarrow \beta_4 = 0,847 CP + 2,345 \text{ avec } R_4 = 0,955 \text{ (fig6)}$$

Tous les coefficients de corrélation (R) sont significatifs à 1%, ce qui indique une bonne liaison entre les mesures données par la chambre de pression et celles du Psychrohygromètre. Les courbes ont la forme "X" décrite par RITCHIE et HINCKEY (1975).

Nous avons ensuite étudié séparément les deux cas : conditions hydriques normales et déficitaires pour comprendre la situation dans chaque cas. Ceci nous a conduit à observer quelques nuances d'un état à un autre.

En ce qui concerne l'état hydrique normal (N) les équations sont :

$$DP_{AN} = f(cp_N) \text{ ---- } \phi_{1N} = 0,536 CP_N + 5,068 \text{ avec } R_{1N} = 0,5291$$

$$DP_{EN} = f(cp_N) \text{ ---- } \phi_{2N} = 0,533 CP_N + 2,923 \text{ avec } R_{2N} = 0,5073$$

$$P_{AN} = f(cp_N) \text{ ---- } \phi_{3N} = 0,227 CP_N + 5,075 \text{ avec } R_{3N} = 0,4189$$

$$P_{EN} = f(cp_N) \text{ ---- } \phi_{4N} = 0,304 CP_N + 3,992 \text{ avec } R_{4N} = 0,4178$$

Les coefficients de corrélation sont significatifs à 5% pour $DP_{AN} (\phi_{1N})$ et $DP_{EN} (\phi_{2N})$ c'est à dire la relation procédé DP- chambre de pression ; pour le procédé P. (psychrométrie classique PA et PE) les coefficients de corrélation ne sont pas significatifs.

Autrement dit la relation psychrohygromètre-chambre de pression est meilleure si le procédé DP du Psychrohygromètre est utilisé dans les conditions hydriques normales.

A l'état hydrique déficitaire (S) les équations sont les suivantes :

$$DP_{AS} = f(cp_S) \text{ ---- } \phi_{1S} = 0,672 CP_S + 8,02 \text{ avec } R_{1S} = 0,8374$$

$$DP_{ES} = f(cp_S) \text{ ---- } \phi_{2S} = 0,704 CP_S + 5,784 \text{ avec } R_{2S} = 0,8384$$

$$P_{AS} = f(cp_S) \text{ ---- } \phi_{3S} = 0,454 CP_S + 8,761 \text{ avec } R_{3S} = 0,642$$

$$P_{ES} = f(cp_S) \text{ ---- } \phi_{4S} = 0,616 CP_S + 3,606 \text{ avec } R_{4S} = 0,6448$$

Ici contrairement à l'état hydrique normal tous les coefficients de corrélation sont significatifs à 1%. On constate néanmoins que la relation procédé DP-chambre de pression est meilleure que celle existant entre le procédé P et la chambre de pression.

Ainsi chez l'arachide la liaison entre le potentiel hydrique donné par le psychrohygromètre et celui indiqué par la chambre de pression est meilleure à l'état hydrique déficitaire qu'à l'état hydrique normal. Dans tous les cas cette relation est plus satisfaisante si on utilise le procédé DP du psychrohygromètre.

La littérature scientifique donne aussi beaucoup d'exemples de bonne corrélation entre les mesures faites à la chambre de pression et celles effectuées avec le psychromètre (KLEPPER, 1968 ; KLEPPER et CECCATO, 1969 ; DE ROO, 1969 a et b, BEGG et TURNER, 1970 ; DETLING et KLIKOFF, 1971 ; DUNIWAY, 1971 ; BOYER et GHORASHY 1971 ; CARR, 1972 ; SPOMER et LANGRANS, 1972 ; BLUM et al 1973 ; FRANK et HARRIS 1973 ; BAUGHN et TANNER 1976 et KLAR et al 1978).

A l'opposé KAUFMANN (1968) a observé une mauvaise corrélation entre les deux méthodes chez le chêne.

Un note donc conformément à nos résultats et dans beaucoup d'autres cas que la relation chambre de pression - Psychromètre est satisfaisante mais qu'il était prudent de s'en assurer pour chaque espèce et chaque âge (KAUFMANN, 1968 b ; BARRS et al, 1970, et FRANK et HARRIS, 1973).

Malgré tout la liaison entre les résultats de ces deux méthodes n'étant pas totalement parfaite on peut, pour expliquer les écarts et variations obtenus ça et là invoquer plusieurs raisons. Parmi celles-ci on notera d'abord le principe sur lequel est basée chaque méthode.

Pour le psychromètre comme nous l'avons déjà signalé il est décrit dans beaucoup de cas comme l'appareil le plus fiable quand il s'agit de mesurer le potentiel hydrique. Si quelques dispositions préliminaires sont observées (conditions environnementales adéquates, équilibre des températures et pressions . . .etc) les indications du potentiel hydrique obtenues par cet appareil sont satisfaisantes chez de nombreuses espèces végétales. Nous avons néanmoins signalé ses limites (temps d'équilibrage trop longs).

Quant à la chambre de pression les précautions à prendre (instrument tranchant pour couper l'échantillon, longueur de l'échantillon hors de la chambre, vitesse d'élévation de la pression, transpiration de l'échantillon, etc) sont données par RITCHIE et HINCKLEY (1975).

Nous savons également que la chambre de pression ne mesure pas la composante osmotique du potentiel hydrique. Nous n'avons pas mesuré cette composante dans ce travail mais il est démontré que dans de nombreux cas chez les plantes herbacées elle peut être considérée comme négligeable (SCHOLANDER et al 1966 ; BOYER, 1967 a, JORDAN 1970, HELLKVIST et al 1974).

Néanmoins lorsque les plantes se développent dans des solutions à faibles potentiels osmotiques ou dans des zones arides ou salinisées la composante osmotique peut-être importante (KAPPEN et al 1972, RITCHIE et HINCKLEY 1975). C'est donc dire que des précautions doivent être prises lorsque l'on travaille avec ce genre de matériel et dans ces conditions.

Un autre élément pouvant amener une mauvaise estimation du potentiel hydrique avec la chambre de pression est le fait que des tissus autres que le xylème actif (xylème mort, moelle . . .etc) peuvent se remplir d'eau lors de l'application de la pression (BOYER 1967 ; BOYER 1967 a et KAUFMANN 1968 a) ce qui donne des potentiels plus bas que ceux qui existaient réellement dans le xylème. Ceci n'est heureusement pas le cas chez l'arachide.

L'équilibre entre les potentiels hydriques dans les cellules mesuré du xylème et ceux dans le xylème doit aussi être réalisé pour une détermination correcte du potentiel dans l'échantillon.

L'eau dans les tissus doit être distribuée spatialement pendant la mesure comme elle l'était sur la plante intacte, condition difficile à satisfaire (BOYER 1967).

L'âge et le stade de développement de l'échantillon sont également des données à tenir en considération lorsque l'on compare la méthode psychrométrique et celle de la chambre de pression. Nous avons eu à constater dans nos expériences (comme nous l'avons déjà signalé) que les variations du potentiel hydrique des feuilles du sommet vers celles de l'axe d'un rameau étaient différentes selon l'instrument de mesure utilisé, ces modifications de structure de la feuille avec l'âge et le stade de développement sont certainement à l'origine des écarts entre les deux méthodes.

Des chercheurs comme SLATYER et BIERHUIZEN, 1964 ; TURNER 1963 ; BIGG et TURNER, 1970 ; WAGGONER et TURNER, 1971 ont rencontré une augmentation de la résistance dans le pétiole des feuilles avec l'âge des échantillons. De leur côté FRANK et HARRIS (1973) trouvèrent que le stade de développement influençait la relation des mesures chambre de pression - Psychromètre chez des feuilles d'orge. Une autre considération et non des moindres est la reconnaissance du moment d'apparition de la sève du xylème. Cette considération a une grande importance chez l'arachide et chez un certain nombre d'autres espèces. Nous avons indiqué comment nous avons levé cet obstacle dans cette étude. Il n'en reste pas moins que d'autres solutions utilisant des matériels plus performants peuvent être préconisées (emploi de microélectrodes par exemple) surtout pour les potentiels élevés (proches de zéro).

IV - CONCLUSIONS

Dans la souci de simplifier les méthodes de mesure du potentiel hydrique foliaire chez l'arachide nous avons comparé les possibilités d'application de la chambre de pression avec celles du Psychrohygromètre sur la plante.

Les buts visés sont multiples, car en plus de l'intérêt scientifique propre de l'expérimentation il est montré (GAUTREAU 1977) que les niveaux du potentiel hydrique chez l'arachide sont liés à la tolérance à la sécheresse. Dans ces conditions une méthode simple, fiable et rapide de mesure du potentiel hydrique permettrait au physiologiste de participer pleinement à la sélection pour la résistance à la sécheresse.

Dans le cas du psychrohygromètre nous avons pu noter la constance des résultats qu'il indique. En effet les appareils basés sur le même principe que lui sont décrits comme très performants quant à l'exactitude des résultats qu'ils indiquent. Le handicap majeur de ce genre d'appareil est le temps d'équilibrage qui peut être très long (jusqu'à deux (2) heures pour un échantillon frais de feuille d'arachide), ce qui peut modifier le potentiel hydrique initial de l'échantillon. A ce propos il n'est impossible que certains écarts entre les deux méthodes aux conditions hydriques normales soient dûs aux modifications du potentiel initial avec le temps. Nos expériences montrent que ce temps est plus court avec un échantillon en carence hydrique. La longueur du temps d'équilibrage limite beaucoup la capacité de travail de l'expérimentateur et l'oblige à avoir un nombre élevé de chambres de mesure.

Avec la chambre de pression les mesures sont effectuées très rapidement (deux (2) minutes) mais un certain nombre de précautions sont nécessaires pour une estimation correcte du potentiel hydrique. Le grand avantage de cette méthode reste le grand nombre d'échantillons dont il peut mesurer les potentiels hydriques par unité de temps.

Avec l'arachide la limite majeure de l'utilisation de la chambre de pression est sans doute le fait que la sève du phloème exsude avant celle du xylème quand on applique la pression. Cependant notre travail a montré comment ce problème est surmonté et qu'il se pose différemment selon la quantité d'eau dans l'échantillon ; en général il était moins grave aux bas potentiels. Nous avons également signalé que l'expérience aide à lever cette confusion entre les deux sèves et que de toutes manières l'utilisation du papier pH spécial permettait de déterminer sans ambiguïté l'apparition de la sève du xylème.

Il est recommandé en général de calibrer la chambre de pression, avec un psychromètre de préférence, mais si les valeurs du potentiel hydrique sont utilisées comme indicatrices d'une carence hydrique et non comme valeurs absolues, le calibrage peut ne pas être indispensable.

L'étude comparative des résultats obtenus avec les deux méthodes nous montre une corrélation assez satisfaisante en général. Le procédé DP donne les corrélations les plus satisfaisantes. Ce procédé constitue un progrès par rapport à la psychrométrie classique. Nos résultats montrent aussi que la corrélation entre les deux méthodes est meilleure dans les conditions de carence hydrique.

Les résultats de cette étude nous conduisent à dire qu'avec certaines dispositions la chambre de pression peut être utilisée pour mesurer le potentiel hydrique de l'arachide et que pour la sélection du matériel végétal sa grande capacité de travail en fait l'instrument idéal.

V - BIBLIOGRAPHIE

- 3 - ADJAHOSSOU, F., 1977 = Contribution à l'étude des caractères physiologiques de résistance à la sécheresse du palmier à huile (Elaeis guineensis Jacq.). Thèse de 3^e cycle, Université de Paris VII.
- 4 - ALLEN, L.H., BOUTE, K.J., and HAMMOND, L.C., 1976 = peanut Stomatal diffusion resistance affected by soil water and solar radiation. Proc. Soil and crop Sci. Soc. Fla. 35, 42-46.
- 5 - BARRS, H.D., FREEMAN, B., BLACKWELL, B. and DECCATO, R.D., 1970 : comparison of leaf water potential and xylem water potential in tomato plants. Aust. J. Biol. Sci. 23, 485-487.
- 6 - BARRS, H.D., SLATYER, R.O., 1965 : Experience with three vapour methods for measuring water potential in plants. In : ECKARDT, F.E. (ed.) Methodology of plant Eco-physiology. (Arid zone Res. 25), 369-384 UNESCO, PARIS.
- 7 - BAUGHN, J.W., and TANNER, C.B. 1976 = Leaf water potential = Comparison of pressure chamber and in situ hygrometer on five herbaceous species. Proc. Soil and crop Sci. Soc. Fla. 16 181-184.
- 8 - BEGG, J.E. and TURNER, N.C., 1970 = Water potential, gradients in field tobacco. Pl. Physiol. 46, 343-346.
- 9 - BLUM, A., SULLIVAN, C.Y. and EASTIN, J.D., 1973 : on pressure chamber technique for estimating leaf water potential in Sorghum. Agron. J, 65, 337-338.
- 10 - BOUTE, K.J., WARNELL, R.J. and DUNCAN, W.C., 1976 : Relationship of size, osmotic concentration, and sugar concentration of peanut pods to soil water. Proc. Soil. 2nd crop Sci. Soc. Fla. 35, 47-50
- 11 - BOYER, J.S., 1967/a = leaf water potentials measured with a pressure chamber - Plant. Physiol. 42, 133-137
- 12 - BOYER, J.S. et GHORASHY, S.R. ; 1971 = Rapid field measurement of leaf water potential in soybean - Agron. J. 63, 344-345.
- 13 - CAMPBELL, E.C., CAMPBELL, G.S., BARLOW, W.K., 1973 : A dewpoint hygrometer for water potential measurement. Agr. Meteorol. 12, 113-121.
- 14 - CARR, M.K.V., 1971/1972 = The internal water status of the tea plant (Camellia sinensis)= Some results illustrating the use of the pressure chamber technique. Agric. Meteorol. 9, 447-460.
- 15 - DE ROO, H.C., 1969 a : Water stress gradients in plants and soil-root systems. Agron. J. 61, 511-515.
- 16 - DE ROO, H.C. 1969 b : Leaf water potentials of sorghum and corn, estimated with the pressure bomb. Agron. J. 61, 969-970

- 15 - DETLING, J.K. and KLIKOFF, L.Y. 1971 : Comparison of two field techniques for determination of water potential in two halophytes. *Am. Midl. Nat.* 85, 235-238.
- 16 - DUNIWAY, J.M., 1971 : Comparison of pressure chamber and thermocouple psychrometer determination of leaf water status in tomato. *Plant physiol* 48, 106-107.
- 17 - DIXON, H.H., 1914 : *Transpiration, and the Ascent of sap in Plants.* Mac Millan, Newyork.
- 18 - ENLIG, C.F., 1962 = Measurement of energy status of water in plants with a thermocouple psychrometer. *Plant Physiol.* 37, 288-290.
- 19 - FRANK, A.B. and HARRIS, D.G., 1973 = Measurement of leaf water potential in wheat with pressure chamber. *Agron. J.* 65, 334-335.
- 20 - GAMBREAU, J. 1977 = Niveaux de potentiels foliaires inter-variés, taux et adaptation de l'arachide à la sécheresse - Oléagineux 32, 7, 323-332.
- 21 - HELLKVIST, J., RICHARDS, G. P. and JARVIS, P.G., 1974 = Vertical gradients of water potential and tissue water relations in Sitka spruce tree measured with the pressure chamber. *J. appl. Ecol.*
- 22 - JORDAN, W.R. 1970 = Growth of cotton seedlings in relation to maximum daily plant-water potential. *Agron. J.* 62, 699-701
- 23 - KAPPEN, L., LANGE, O.L., SCHULZE, E.D., EVENARI, Meud BUSCHBOM, U., 1972 : Extreme water stress and photosynthetic activity of the desert plant *Artemisia herba-alba* Asso. *Oecologia* 10, 177-182.
- 24 - KAUFMANN, M.R., 1968 a : Evaluation of pressure chamber technique for estimating plant water potential of forest tree species. *Forest Sci.* 14, 369-374.
- 25 - KAUFMANN, M.R. 1968 b : Evaluation of the pressure chamber method for measurement of water stress in Citrus. *Proc. Am. Soc. hort. Sci.* 93, 186-190.
- 26 - KLAR, A.E., UBERTI, J.A., JR., and HENDERSON, D.W. 1978 = Differential responses of Guinea Grass populations to drought stress - *Proc. Soil and crop Sci Soc. Fla.* 18, 053-857.
- 27 - KLEPPER, B. 1968 : Diurnal pattern of water potential in woody plants. *Pl. Physiol.* 43, 1931-1934.
- 28 - KLEPPER, B. and CECCATO, R.D. 1968/69 : Determinations of leaf and fruit water potential with pressure chamber - *Hort. Ros.* 9, 1-7.

- 29 - KNIPLING, E.B., KRAMER, P.J. 1967 = Comparison of the dye method with the thermocouple psychrometer for measuring leaf water potentials. *Plant physiol* 42 : 1315-1320.
- 30 - KNEVEN, H.C., TAYLOR, J.A. 1959 : The Peltier effect and its use for determining relative activity of soil water. *Can J. Soil Sci* 37, 76-85.
- 31 - KRAMER, P.J., BRIK, H. 1965 = Measurement of water stress in plants - In = ECKARDT, F.E. (ed) : Methodology of plant Eco-physiology (Arid zone Res. 25) 343-351 UNESCO PARIS.
- 32 - MONTEITH, J.L., OWEN, P.C. 1958 = A Thermocouple method for measuring relative humidity in the range 95-100 %. *J.Sci. Instr.* 35, 443-446.
- 33 - NDIAYE, A., 1979 : Contribution à l'étude de l'action de la sécheresse sur l'activité de quelques enzymes chez le mil (*Pennisetum typhoides* Burm.). Thèse de Doctorat de 3e cycle Université de Paris VII.
- 34 - NEUMANN, H.H., and THURTELL, G.W., 1973 : A Peltier cooled thermocouple dewpoint hygrometer for in situ measurement of water potentials. In = BROWN, R.W., VAN HAVEREN B.P (eds.) = Psychrometry in water Relations Research - Utah Agric. Exp. Sta. Logan 1973.
- 35 - RICHTER, H., HOTTENBURG, W., 1971 : Leitfähigkeitsmessung zur Endpunktanzeige bei der Saugspannungsbestimmung nach Scholander. *Flora*, 160, 440-443.
- 36 - RITCHIE, G.A. and HINCKLEY, T.M. 1971 : Evidence for error in pressure-bomb estimates of stomatal potentials. *Ecology* 52, 534-536.
- 37 - RITCHIE, G.A. and HINCKLEY, T.M. 1975 : The pressure chamber as an instrument for ecological research. *Advances in Ecological Research* vol 2. Academic press 1975.
- 38 - SCHOLANDER, P.F., BRADSTREET, E.D., HAMMEL, H.T., HEMMINGSEN, E.A.. 1966 Sap concentration in halophytes and other plants. *Plant physiol.* 41, 529-532.
- 39 - SCHOLANDER, P.F., HAMMEL, H.T., BRADSTREET, E.D., HEMMINGSEN, E.A., 1965 : Sap pressure in vascular plants. *Science* 148, 339-346.
- 40 - SCHOLANDER, P.F., HAMMEL, H.T., HEMMINGSEN, E.A., BRADSTREET, E.D. 1964 : Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. *Proc. nat. Acad. Sci. USA* 52, 119-125.
- 41 - SLATYER, R.O. and BIERTHUIZEN, J.F., 1964 : Transpiration from cotton leaves under a range of environmental conditions in relation to internal and external diffusive resistances. *Aust. J. Biol. Sci* 17, 115-130.
- 42 - SLAVIK, B., 1974 : Methods of studying plant water relations. *Ecological studies* 2 Springer-verlag, Berlin. Heidelberg - Newyork.

- 43 - SPANNER, D.C., 1951 : The Peltier effect and its use in the measurement of suction pressure. *J. exp. Bot.* 2 145-168.
- 44 - SPOMER, L.A., LANGHANS, R.W., 1972 : Evaluation of pressure bomb and dye method measurements of tissue water potential in greenhouse chrysanthemum. *HORT. Sci* 7, 412-414.
- 45 - TURNER, N.C. 1969 : Stomatal resistance to transpiration in three contrasting canopies. *Crop Sci* 9 , 303-307.
- 46 - VIEIRA DA SILVA, J.B. 1968 c Influence du potentiel osmotique de la solution nutritive sur la teneur en glucides solubles et amidon de trois espèces de Gossypium C.R. Acad. Sci. (Paris) 267 1289-1292.
- 47 - WAGGONER, P.E. and TURNER, N.C. 1971. Transpiration and its control by stomata in pine forest. Conn. ag. Exp. Sta. Bull 726.
- 48 - WAISTER, P.D., 1963 b : A n improved thermo-couple for assessing leaf water potential by vapour pressure measurement. *Israel J. Bot.* 12 192-196.