

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA RÉSISTANCE A LA SÉCHERESSE DANS LE GENRE *GOSSYPIUM*

1. - *Transpiration de feuilles détachées et notion d'un indice de contrôle de la transpiration*

par

J. B. VIEIRA-DA-SILVA

ORSTOM - Laboratoire de Physiologie Végétale
Centre d'ADIOPODOUME, B.P. 20, ABIDJAN,
Côte d'Ivoire

INTRODUCTION

La définition des principaux types de résistance à la sécheresse a déjà été faite notamment par LEVITT (1956, 1958, 1963), LEVITT et coll. (1960), MAXIMOV (1929), MAY et MILTHORPE (1962). Parmi ces types, la capacité à éviter le dessèchement (*drought avoidance*, LEVITT 1958) est considérée par MAY et MILTHORPE (1962, *Drought endurance with high internal water content*) comme le type le plus important pour les cultures d'été recevant des pluies intermittentes.

Comme la résistance à la sécheresse des plantes cultivées n'est pas synonyme de simple capacité de survie, mais signifie surtout l'utilisation maximale des possibilités hydriques, il est souhaitable que ces plantes aient un taux de transpiration élevé, dans les conditions optimales d'alimentation en eau, accompagné d'un contrôle efficace de la transpiration pendant les périodes de sécheresse.

Déjà, MAXIMOV (1929) et pour le cotonnier CIVINSKII (1934) avaient vérifié que beaucoup de plantes résistantes à la sécheresse se caractérisaient par une

transpiration maximale élevée. Cette transpiration peut être maintenue par un système racinaire bien développé (CIVINSKII, 1934; MAY et MILTHORPE, 1962), mais l'hydratation de la plante doit être sauvegardée par un contrôle stomatique efficace.

Pour la mesure de la transpiration, la pesée des feuilles détachées, aussi critiquable qu'elle soit pour l'appréciation de la transpiration de la plante entière, comme l'ont démontré WEINMAN et LE ROUX (1946), FRANCO et MAGALHAES (1963), peut néanmoins servir à caractériser la capacité de transpiration des feuilles. Elle a déjà été utilisée par plusieurs auteurs avec de très bons résultats notamment par HYGEN (1951, 1953) et JARVIS (1963).

Le but de l'essai réalisé était de comparer plusieurs espèces et variétés du genre *Gossypium* et d'obtenir des renseignements sur leur adaptation à des conditions de sécheresse et sur les relations existant entre les hybrides cultivés et les cotonniers sauvages dont ils proviennent.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

a) Variétés

Dans cet essai, les variétés de cotonnier dont les graines ont été fournies par la station de BOUAKÉ

(Côte d'Ivoire) de l'Institut du Coton et Textiles Exotiques étaient les suivantes :

G. hirsutum — cultivar Allen 333-60, considéré comme témoin.

Q. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 11694

22 SEP 1967

G. hirsutum — race *marie galante*, d'Afrique occidentale

« Mazdafluor TF 40 W Blanc super », fournissant 4 000 Lux au niveau des feuilles. Les opérations furent

Fig. 1. — Turgescence relative (y) en fonction du temps de dessèchement (x) en minutes.

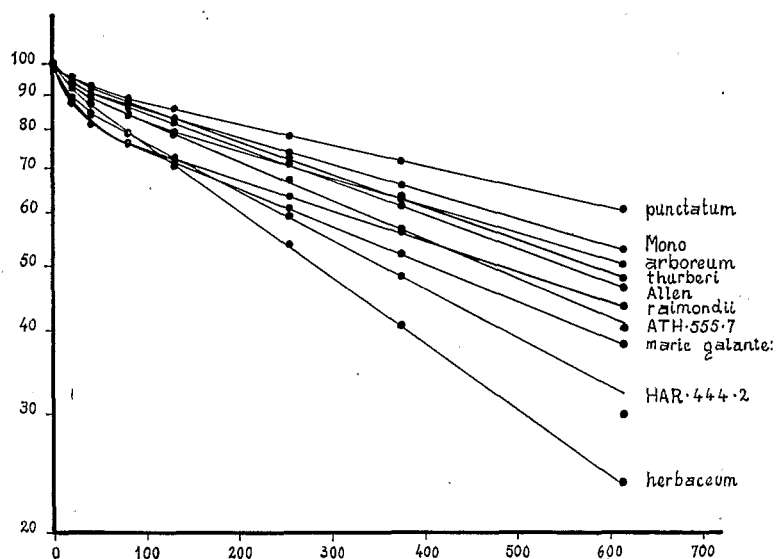


Tableau 1. — Turgescence relative au point de flétrissement des feuilles

Turgescence relative pour la fermeture des stomates %	Turgescence relative pour le point de flétrissement %	Taux de transpiration relative totale	Taux de transpiration relative cuticulaire	Indice de contrôle de la transpiration

Il est intéressant de noter que la variété HAR 444-2 a reçu de *G. raimondii* la caractéristique d'un point de flétrissement à une teneur en eau faible, tandis que la valeur plus élevée de *G. thurberi* est proche de celle de la variété ATH 555-7.

2 - Turgescence relative létale

La turgescence relative létale est celle qui correspond à la teneur en eau des feuilles lors de l'apparition des taches de dessiccation. Les valeurs trouvées figurent au tableau 2.

Tableau 2. — Turgescence relative létale des feuilles

	Turgescence relative létale		Turgescences relatives à partir desquelles la transpiration dévie de la droite %
	Observée	Moyenne	
<i>G. hirsutum</i> Allen	54,6; 51,6; 61,7; 48,0	53,98	50
<i>G. barbadense</i> Mono	48,2; 60,3	54,25	50; 60
ATH 555-7	51,8; 53,0; 52,4; 66,9	56,02	40; 40; 40
HAR 444-2	43,2; 57,6; 45,6; 61,0	56,38	40; 40; 40
<i>G. hirsutum</i> race <i>marie galante</i>	32,0; 56,7; 61,2; 63,5	53,35	40; 50
<i>G. thurberi</i>	47,5; 41,4	44,45	45
<i>G. raimondii</i>	41,4; 52,3	46,85	—
<i>G. herbaceum</i> Ispahay	49,9; 40,7; 52,0; 28,4	42,75	30; 30
<i>G. arboreum</i>	50,6; 54,3; 57,2	54,03	50
Moyenne	51,3 ± 2,9		43 ± 2,0

La détermination de la turgescence relative létale était trop peu précise et a conduit certainement à des valeurs trop élevées. Il n'y a pas de différences significatives entre les variétés et la moyenne des valeurs obtenues est de 51,3 % ± 2,9.

Les déviations de la courbe de transpiration cuticulaire par rapport à la droite établie à l'échelle logarithmique sont peut-être des valeurs physiologiques plus intéressantes à enregistrer. Les observations ne sont pas suffisamment nombreuses, mais leur moyenne, de 43,0 % ± 2,5 est à peine significativement différente, à une probabilité de 0,05, de celle établie pour le critère de taches de dessiccation sur les feuilles.

Il est aussi intéressant de noter que JARVIS (1963) avait déjà vérifié que pour des espèces différentes les variations de la turgescence relative létale étaient réduites, mais correspondaient à des valeurs de potentiel hydrique très éloignées.

La turgescence relative létale est déjà un point extrême et l'intérêt de sa détermination, pour les plantes cultivées, est moindre que l'étude de l'influence sur le métabolisme de la diminution de la teneur en eau jusqu'au point de flétrissement.

b) Courbes du taux de transpiration

1) Différentes phases du taux de transpiration

Les figures 2 et 3 représentent les courbes de variation du taux de transpiration avec le temps.

La notion de taux de transpiration relative est équivalente à celle introduite par HYGEN (1951) et correspond, pour la transpiration, à ce qu'est le taux de croissance relative (WATSON, 1952) pour la croissance.

Sa représentation graphique à l'échelle logarithmique donne deux segments de droite reliés par une courbe plus ou moins nette.

La première phase correspond à la transpiration avec les stomates ouverts, la phase de transition à la fermeture progressive des stomates et la phase finale à la transpiration cuticulaire.

Le taux de transpiration relative total (TRT) correspond à la première phase, le taux de transpiration relative cuticulaire (TRC) correspond à la seconde.

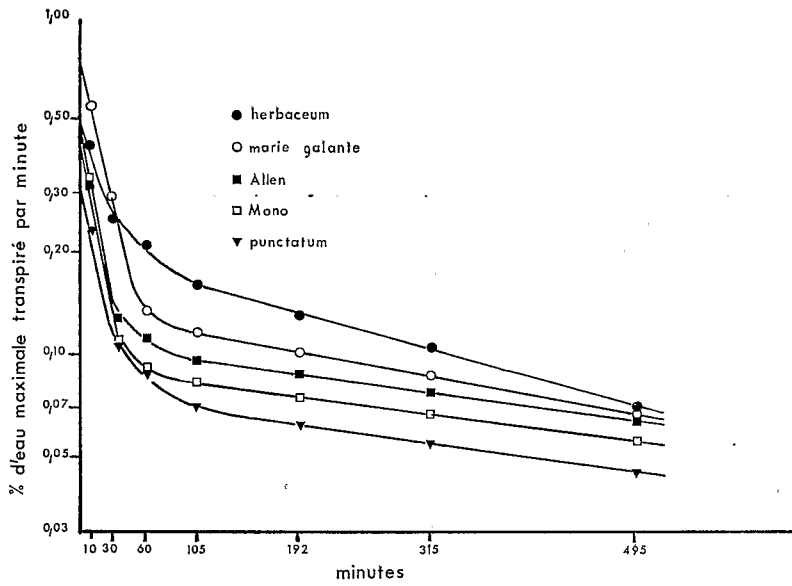


Fig. 2.

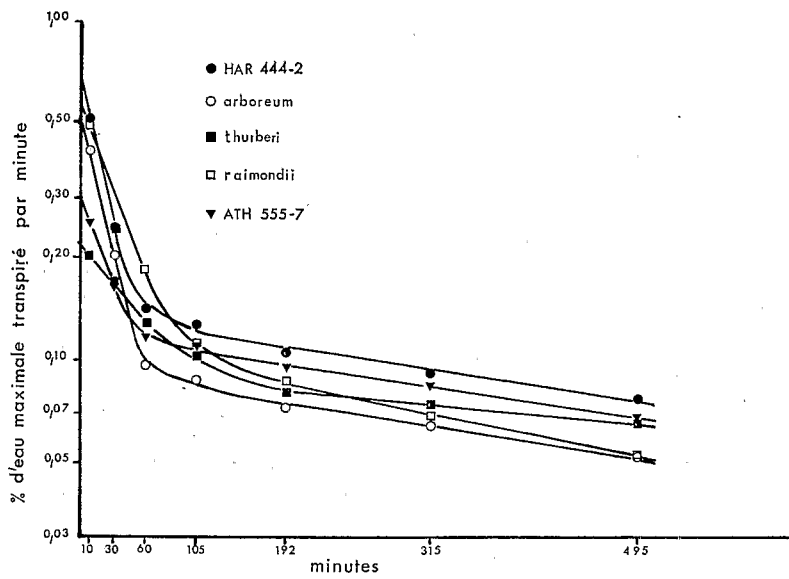


Fig. 3.

Courbes de variation du taux de transpiration avec le temps.

Les variétés HAR 444-2, *G. hirsutum* var. *marie galante* et *G. raimondii* avaient un TRT significativement supérieur à l'Allen, à une probabilité de 0,01. Le triple hybride HAR 444-2, a hérité de *G. raimondii* une transpiration stomatique élevée.

Dans le cas de la transpiration cuticulaire, les choses se passent d'une façon différente. La variété HAR 444-2 et l'espèce *G. herbaceum* ont un TRC significativement supérieur à celui de l'Allen ($P = 0,01$), tandis que la race *G. punctatum* présente le TRC le plus bas, significativement inférieur à celui de l'Allen ($P = 0,05$).

Du point de vue de la capacité de survie, la race *G. punctatum* présente les plus grands avantages, d'où s'explique son adaptation au milieu semi-aride d'Afrique occidentale.

Le taux de transpiration élevé de plusieurs xérophytes est connu depuis longtemps (MAXIMOV, 1929). Pour une plante cultivée, la résistance à la sécheresse doit faire correspondre à un haut TRT un TRC réduit ou un grand développement radiculaire. Cela lui permet, soit de profiter des occasions d'abondance d'eau, tout en réduisant la transpiration dans les conditions difficiles, soit d'utiliser au maximum les réserves d'eau du sol.

2) Point de fermeture des stomates

A l'échelle logarithmique, le point d'intersection des deux droites représentant respectivement le taux de transpiration avec stomates ouverts et le taux de transpiration avec stomates fermés, fut considéré comme point de fermeture effective des stomates. La turgescence relative à ce point a été obtenue à partir de la représentation graphique individuelle

de l'évolution de la turgescence relative avec le dessèchement.

L'analyse statistique des résultats montre que pour les variétés HAR 444-2, *G. hirsutum* var. *marie galante*, *G. raimondii* et *G. arboreum*, les valeurs de la turgescence relative à la fermeture des stomates sont significativement inférieures à celle de l'Allen à une probabilité de 0,01, tandis que celle de *G. herbaceum* est inférieure à celle de l'Allen à une probabilité de 0,05.

Il est intéressant de noter que les différences entre les triples hybrides ATH 555-7 et HAR 444-2 varient comme les différences entre leurs progéniteurs *G. thurberi* et *G. raimondii*, ce qui permet d'admettre que les valeurs de fermeture des stomates ont été héritées et conservées dans les nouvelles variétés.

Une ouverture des stomates, à des taux hydriques faibles peut être avantageuse si elle est accompagnée de la tolérance à la sécheresse (drought tolerance, LEVITT, 1956), car elle permet la diffusion du CO_2 pendant une période plus longue et une élaboration photosynthétique plus élevée. Les résultats de EL-SHARKAWAY et HESKETH (1964) paraissent indiquer que la fermeture des stomates est le facteur qui conditionne la photosynthèse chez le cotonnier.

La protection contre l'élévation de la température de la feuille est obtenue par une transpiration élevée (LANGE, 1959) pendant la phase stomatique.

Comme, d'après EL-SHARKAWAY et HESKETH (1964), l'intensité de la photosynthèse, chez le cotonnier, diminue considérablement aux températures élevées, le refroidissement des feuilles peut être très avantageux.

INDICE DE CONTROLE DE LA TRANSPARATION

Les résultats obtenus nous conduisent à établir un indice susceptible de mesurer l'efficacité de la régulation par la plante de sa transpiration.

Considérant comme limite critique celle de la turgescence relative au point de flétrissement, l'indice de contrôle de transpiration (ICT) est le rapport entre le taux de transpiration maximal et le taux de transpiration correspondant au point de flétrissement. Cet indice est défini par l'expression suivante :

piration relative totale est plus élevée, que le point de flétrissement correspond à une turgescence relative faible et que la transpiration cuticulaire est faible. Cela se vérifie avec des plantes capables de transpirer activement quand l'eau est abondante, mais qui, une fois les stomates fermés, perdent très peu d'eau par la cuticule et ne flétrissent que pour un taux hydrique faible.

L'analyse statistique de l'ICT a montré que l'espèce *G. raimondii* est significativement supérieure à l'Allen

Il est possible de l'utiliser comme critère de sélection de façon à accumuler dans la même variété un TRT élevé, un TRC bas et aussi une turgescence relative de flétrissement basse.

De toutes les formes étudiées, *G. raimondii* est l'espèce qui présente l'indice (ICT) le plus élevé. Le triple hybride HAR 444-2 a cependant un ICT semblable à celui de l'Allen, même si son TRC ne lui permet pas de faire valoir d'autres caractéristiques très avantageuses.

Les formes cultivées primitives : variété *marie galante*, variété *punctatum* et *G. arboreum* présentent un ICT élevé, tandis que *G. herbaceum* avec le TRC le plus élevé est la forme la plus défavorisée.

Cette forme de *G. herbaceum* originaire d'Ispahan, Iran, se comporte de la même façon que le *G. herbaceum* étudié par RAHEJA (1951) : il atteignait le flétrissement plus tôt et pouvait se maintenir dans l'état de flétrissement stable moins longtemps que *G. arboreum indicum*. Néanmoins, avec d'autres formes de *G. herbaceum* certainement, SANKARAN (1953) a trouvé une plus grande résistance à la sécheresse chez *G. herbaceum* que chez *G. arboreum indicum*, supériorité attribuée à un plus grand développement du système racinaire et à la pilosité des feuilles qui diminue la transpiration. D'après CIVINSKII (1934), *G. herbaceum*, cultivar Gouza, était aussi la forme la plus résistante à la sécheresse avec une transpiration élevée et un système racinaire puissant.

Cela montre que des études du système racinaire sont nécessaires pour compléter la classification de la résistance à la sécheresse, mais il est aussi possible que, dans les anciennes observations, la résistance à la chaleur, due au refroidissement des feuilles, ait été confondue avec la résistance à la sécheresse.

La variété *punctatum* peut être une source intéressante pour l'incorporation d'un TRC bas dans des croisements. Elle était déjà considérée par HUTCHINSON (1938) comme très rustique à cause de l'extension

de son système racinaire, mais elle possède aussi des caractéristiques foliaires intéressantes.

Avec sa transpiration totale élevée, son point de fermeture des stomates et son point de flétrissement à des turgescences relatives basses, le triple hybride HAR 444-2 peut être considéré comme une plante de choix pour les zones irriguées ou de sécheresse modérée. Son adaptation à des zones de grande sécheresse pourra seulement être appréciée quand on aura des résultats sur sa tolérance à la déshydratation. Néanmoins, son ICT peut être amélioré par sélection vers un TRC bas.

Les résultats obtenus ne confirment pas les valeurs de résistance cuticulaire élevée, trouvées chez le cotonnier par SLATYER et BIERHUIZEN (1964). D'ailleurs, un mauvais contrôle de la transpiration avait déjà été observé par KING (1922), SLATYER (1955), EHLIG et GARDNER (1964).

Ces derniers auteurs ont mesuré une transpiration finale au point léthal, qui est encore de 10 à 20 % du taux de transpiration initiale. Des valeurs semblables ont été trouvées par nous chez *G. barbadense* et *G. punctatum*.

Les résultats obtenus ici confirment la dépendance trouvée par HYGGEN (1951, 1953) et par EHLIG et GARDNER (1964) entre la transpiration et la teneur en eau des feuilles. L'existence de cette dépendance avait été niée par GREGORY et coll. (1950), MILTHORPE et SPENCER (1957), WILLIAMS et AMER (1957) et MILTHORPE (1959), mais les résultats obtenus ici paraissent ne laisser aucun doute sur la dépendance entre la transpiration et la teneur en eau des tissus foliaires.

Les valeurs trouvées pour la turgescence relative létale ne sont pas significativement différentes pour les formes étudiées. Il semble préférable, dans le futur, d'analyser l'influence du manque d'eau sur le métabolisme des tissus à un point critique, comme le point de flétrissement (turgescence nulle des tissus foliaires).

RÉSUMÉ

La transpiration des feuilles détachées de cotonnier dépend de leur taux hydrique aussi bien dans la phase stomatique que dans la phase cuticulaire.

Entre les dix espèces et variétés de cotonniers sauvages et cultivés étudiées ici, on a pu mettre en évidence des différences de turgescence relative au moment de la fermeture des stomates et des différences de turgescence relative au point de flétrissement. De même, il existe de grandes différences entre les taux

de transpiration cuticulaire et entre les taux de transpiration totale.

Dans cette étude, on introduit la notion d'indice de contrôle de la transpiration défini comme étant le rapport entre le taux de transpiration à la turgescence maximale et le taux de transpiration cuticulaire au flétrissement. Cet indice pourra être utile pour la sélection des cotonniers résistants à la sécheresse.

BIBLIOGRAPHIE

CIVINSKII V.N. — Drought resistance and earliness in cotton. *Sredaz Nikhi, Moscow and Tashkent*, 1934, p. 102. (*Plant Breed. Absr. VI*, 205).

CLARK J.A. et LEVITT J. — The basis of drought resistance in the soybean plant. *Physiol. Plant* 1956, 9, p. 598-606.

EHLIG C.F. et GARDNER W.R. — Relationships between transpiration and the internal water relations of plants. *Agron. J.*, 1964, 56, p. 127-130.

EL-SHARKAWAY M.A. et HESKETH J.D. — Effects of temperature and water deficit on leaf photosynthetic rates of different species. *Crop Sci.*, 1964, 4, p. 514-518.

- FRANCO C.M. et MAGALHAES A.C. — Inconveniente do método das pesagens rápidas para a medida da transpiração. *Phyton*, 1963, 20, p. 87-96.
- GREGORY F.G., MILTHORPE F.L., PEARSE H.L. et SPENCER H.J. — Experimental studies of the factors controlling transpiration. 1. Apparatus and experimental technique. 2. The relation between transpiration and leaf water content. *J. Exp. Bot.* 1950, 1, p. 1-28.
- HUTCHINSON J.B. — Discussion sur la communication présentée par J.K. Mayo. *Emp. Cott. Grow. Corp.*, Third Conference on cotton growing problems, 1938, p. 39.
- HYGEN G. — Studies in plant transpiration. 1. *Physiol. Plant.*, 1951, 4, p. 57-183.
Studies in plant transpiration. 2. *Physiol. Plant.*, 1953, 6, p. 106-133.
- JARVIS P.G. et JARVIS M.S. — The water relations of tree seedlings. IV. Some aspects of the tissue water relations and drought resistance. *Physiol. Plant.*, 1963, 16, p. 501-516.
- KING C.J. — Water-stress behavior of Pima cotton in Arizona. *U.S. Dept. Agr.*, 1922, Bull. n° 1018.
- LANGE C.L. — Untersuchungen über Wärmehaushalt und Hitzeresistenz mauretanischer Wüsten und Savannenpflanzen. *Flora*, 1959, 147, p. 595-651.
- LEVITT J. — The hardiness of plants. *Academic Press, New York*, 1956.
Frost, drought, and heat resistance. *Protoplasmatologia*, 1958, 8, p. 6.
Hardiness and the survival of extremes : A uniform system for measuring resistance and its two components. Dans : L.T. Evans - Environmental Control of Plant Growth : *Academic Press, New York*, 1963, p. 351-363.
- MAXIMOV N.A. — The plant in relation to water. *Allen & Unwin, London*, 1929.
- MAY L.H. et MILTHORPE F.L. — Drought resistance of crops plants. *Field Crop Abstr.*, 1962, 15, p. 171-179.
- MILTHORPE F.L. — Transpiration from crop plants. *Field Crop Abstr.*, 1959, 12, p. 1-9.
- MILTHORPE F.L. et SPENCER E.J. — Experimental studies of the factors controlling transpiration. 3. The interrelations between transpiration rate, stomatal movement, and leaf water content. *J. Exp. Bot.*, 1957, 8, p. 414-437.
- RAHEJA P.C. — Recent physiological investigations on drought resistance in crop plants. *Indian J. Agric. Sci.*, 1951, 21, p. 335-346.
- SANKARAN R. — Some aspects of drought resistance with special reference to cotton. Conférence faite à l'« Association of economic biologists ». Coimbatore 1933. (*Plant Breed. Abstr. IV*, p. 863.)
- SLATYER R.O. — Studies of the water relations of crop plants grown under natural rainfall in Northern Australia. *Aust. J. Agric. Res.*, 1955, 6, 365-377.
- SLATYER R.O. et BIERHUIZEN J.F. — Transpiration from cotton leaves under a range of environmental conditions in relation to internal and external diffusive resistances. *Aust. J. Biol. Sci.*, 1964, 17, p. 115-130.
- WATSON D.J. — The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron.*, 1952, 4, p. 101-145.
- WEATHERLEY P.E. — Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurements of water deficits in the leaves. *New Phyt.*, 1950, 49, p. 81-97.
- WEINMANN H. et LE ROUX M. — A critical study of the torsion balance method of measuring transpiration. *S. Afr. J. Sci.* 1946 24 p 147-153

COTON
ET
FIBRES TROPICALES

CONTRIBUTION
A L'ÉTUDE DE LA RÉSISTANCE A LA SÉCHERESSE
DANS LE GENRE GOSSYPIUM

I. — *Transpiration de feuilles détachées et notion d'un indice de contrôle de la transpiration*

par

J. B. VIEIRA-DA-SILVA