

86/034

10/10/1985

MINISTÈRE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

INSTITUT SENÉGALAIS DE
RECHERCHES AGRICOLES
(I.S.R.A.)

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHES
AGRONOMIQUES
(I.N.R.A.)

CN0101143
F600
ANN

RAPPORT DE SYNTHÈSE 1985

par L. ANNEROSE

J. M. 1985

Centre National de Recherches Agronomiques
de Bamboye
(I.N.R.A.)

Rapport de synthèse 1985
Physiologie de l'arachide
Opération Résistance à la sécheresse

Le programme d'activité du service de Physiologie de l'arachide (opération Résistance à la Sécheresse) était articulé en 1985 autour de 3 axes principaux de recherches abordés successivement dans ce rapport:

- 1° - Etudes des mécanismes physiologiques de résistance à la sécheresse;
- 2° - Développement et amélioration des tests de sélection pour la résistance à la sécheresse;
- 3° - Réalisation des tests de sélection.

1- Etudes des mécanismes physiologiques de résistance à la sécheresse.

Depuis 1984 un ensemble de travaux a été initié afin d'améliorer nos connaissances sur les effets de la sécheresse sur l'arachide et de préciser la nature, l'importance et le coût des mécanismes physiologiques qu'exhibe cette plante afin de résister à un stress hydrique.

1 - Etudes sur la photosynthèse et le transport des assimilats.

La photosynthèse constitue un excellent critère d'évaluation de la productivité d'une plante, or sur l'arachide peu d'études ont été menées afin de mettre en évidence les effets de la sécheresse sur ce processus et à notre connaissance aucune n'a été réalisée en conditions naturelles au champ. D'autre part de nombreuses études menées sur d'autres plantes ont montré qu'en conditions de sécheresse l'activité photosynthétique diminuait et qu'une remobilisation de l'amidon transformé en sucres solubles permettait d'assurer la fourniture en éléments carbonés des organes "puits". Bien que ceci ne soit pas encore précisément démontré chez l'arachide l'accumulation d'informations de même nature chez d'autres plantes et le fait qu'en condition de sécheresse la croissance végétative de l'arachide soit moins affectée que la production florale nous a conduit à supposer en première approximation qu'un mécanisme de ce type devrait aussi exister chez l'arachide et constituerait une solution adaptative intéressante. C'est sur cette base qu'a été développé un test de sélection utilisé actuellement dans le programme de sélection. Le but de l'essai mené cette année était donc de fournir un certain nombre d'informations préliminaires sur les effets de la sécheresse sur l'activité photosynthétique foliaire (A.P.F.) de l'arachide et de préciser le rôle de l'amidon comme substance de réserve dans ces conditions.

L'essai a été mené au champ avec la variété 73-31 dans 2 conditions d'alimentation hydrique.

- 1 témoin maintenu dans de bonnes conditions d'alimentation hydrique par des irrigations complémentaires à capacité au champ.

- 1 adapté ayant subi 3 cycles de sécheresse de 6 jours, par la technique des parcelles temporairement couvertes, suivi successivement de périodes de réhydratation à capacité au champ.

Les mesures ont été effectuées au cours d'un 4^e cycle de sécheresse appliqué simultanément sur les deux traitements durant la fructification. Les résultats indiquent:

a) une plus forte diminution des potentiels hydriques foliaires et des potentiels osmotiques chez les plantes "adaptées" accompagnée d'une diminution importante de la transpiration sous l'effet de la fermeture des stomates (Fig. 1);

b) une diminution de l'A.P.F. plus importante chez les plantes "adaptées" (Fig. 2);

c) une production d'amidon plus importante dans les feuilles des plantes témoin avec cependant une remobilisation de l'amidon en fin de cycle de sécheresse lorsque l'A.P.F. est inférieure à 6 mg CO₂ fixés par dm².h⁻¹. Bien que l'A.P.F. soit plus faible chez les plantes "adaptées" elle permet de satisfaire entièrement les besoins en éléments carbonés des organes et ne nécessite pas une utilisation des réserves (Fig. 2).

d) à la reprise on observe un retour plus rapide vers les valeurs d'avant-stress des paramètres étudiés chez les plantes adaptées.

Conclusions: La sécheresse provoque une diminution de l'A.P.F. de l'arachide, des potentiels hydriques et osmotiques et de la conductance. Cependant la réaction de la plante à la sécheresse n'apparaît pas définie une fois pour toute et évolue en fonction de son passé (nombre de cycles de sécheresse, intensité, date d'apparition, etc...) et probablement de son stade de développement. Chez l'arachide comme chez d'autres plantes une remobilisation de l'amidon contenu dans les feuilles est possible lorsque l'A.P.F. est insuffisante pour satisfaire les besoins en éléments carbonés des organes en développement. Ce dernier résultat constitue un premier élément de validation de l'hypothèse sur laquelle repose le test correspondant utilisé dans le programme de sélection. Des travaux ultérieurs seront menés afin de préciser l'importance de ces mécanismes en cas de sécheresse, l'importance du phénomène d'acclimatation à la sécheresse et l'existence éventuelle d'une variabilité génétique au niveau de ces caractères chez l'arachide.

2. Etudes sur le rôle des substances glucidiques en conditions de sécheresse.

afin de préciser le rôle des substances glucidiques, et plus particulièrement de l'amidon, en condition de sécheresse un essai a été mené en serre dans le but de comparer la réponse de deux variétés d'arachide, l'une présumée résistante (73-33) et l'autre sensible (57-313), à un stress hydrique. Les teneurs en amidon et en sucres solubles des différents organes des plantes ont été déterminées pour 2 traitements, 1 traitement témoin bien irrigué et un traitement sécheresse par suspension d'arrosage durant 15 jours à partir du 40ème jour après semis.

Les résultats obtenus (tableaux I et II) indiquent que sous l'effet de la sécheresse se produit une diminution importante de la concentration en amidon dans les organes de la 57-313 présumée sensible qui se manifeste beaucoup plus rapidement et intensément dans les feuilles, alors que chez la 73-33 résistante cette diminution se manifeste uniquement au niveau des tiges et des racines dans des proportions faibles. Les teneurs en sucres solubles demeurent à peu près constantes par rapport au témoin chez la 57-313 jusqu'au 8ème jour de traitement puis diminuent notablement dans les racines, tandis qu'elles demeurent équivalentes à celles observées chez le témoin pour la 73-33 durant tout le traitement. Dans de bonnes conditions d'alimentation hydrique les plantes des 2 variétés présentent des teneurs en glucides totaux (sucres solubles + amidon) à peu près identiques avec une légère supériorité de 73-33 au 56ème jour après semis alors qu'en condition de sécheresse au 16ème jour de traitement les concentrations en glucides totaux dans la plante sont beaucoup plus fortes chez la 73-33 résistante. Ces différences de comportement sont probablement dues au fait que la photosynthèse de la variété résistante est plus tolérante à la sécheresse que celle de la variété sensible, les deux variétés utilisant leurs réserves glucidiques en cas de stress mais cette mobilisation serait en partie compensée par la synthèse de sucres chez la variété résistante grâce au maintien d'un certain niveau de photosynthèse. De plus il apparait que dans de bonnes conditions hydriques il n'y a pas de relation entre le degré de résistance à la sécheresse et les teneurs en glucides pour les 2 variétés étudiées alors qu'en conditions de sécheresse cette relation se manifeste et notamment dans les feuilles. Des essais complémentaires devront donc être menés sur un plus grand nombre de variétés afin de déterminer les conditions les plus favorables de détermination du degré de résistance à la sécheresse basé sur une estimation des teneurs en glucides de la plante.

3- Essai de semis décalés

Depuis 1984 ce type d'essai est mené afin de déterminer la réponse d'une variété d'arachide soumise à différentes conditions hydriques en milieu naturel. L'autre but de cet essai est de permettre la constitution d'un référentiel de données physiologiques précises qui pourra servir de base de validation à un modèle de simulation de réponse à la sécheresse de l'arachide. A cet égard outre les mesures physiologiques classiques, un suivi étroit de la consommation en eau de la parcelle a été effectué afin de comparer les résultats obtenus avec ceux simulés par le modèle de bilan hydrique existant au C.N.R.A. Une bonne simulation par ce modèle nous permettrait de l'utiliser comme base de travail pour le développement d'un modèle plus complet intégrant les mécanismes physiologiques de résistance à la sécheresse chez l'arachide. Deux dates de semis ont été effectuées en 1985 avec la variété 73-30, le 29/06 et le 15/07. Les bonnes conditions climatiques n'ont provoqué une sécheresse qu'en fin de cycle entre le 82ème et le 90ème jour pour la 1ère date de semis et entre le 65ème et le 73ème jour pour le 2ème semis. Cette sécheresse a été aisément supportée grâce aux stocks en eau du sol, les rendements, la qualité de la récolte, la maturité et les autres paramètres mesurés pour les 2 dates de semis ont été équivalents. La comparaison de l'ETR mesurée avec l'ETR simulée est représentée sur la figure 3 pour l'arachide et pour du mil semé dans le cadre d'une rotation sur les parcelles utilisées l'année précédente. Les différences observées apparaissent actuellement trop fortes pour permettre l'utilisation du modèle dans son état actuel comme base de développement. La prise en compte de variables telles que l'enracinement, l'indice foliaire et son effet sur l'évapotranspiration, les effets d'un stress sur le développement végétatif et la capacité de reprise de la plante après un stress variant en intensité et en stade de manifestation apparaît nécessaire pour simuler la consommation en eau avec une marge acceptable pour servir de base à un modèle plus complet. Dans cette optique un nouveau protocole sera défini pour 1986 en collaboration avec le service de bioclimatologie.

4- Mise au point d'une méthode de mesure de la photosynthèse.

Une méthode rapide de détermination de l'activité photosynthétique foliaire de l'arachide au champ a été développée. Une chambre d'assimilation en P.V.C. transparent a été construite à cet effet. La chambre et la méthode utilisée ont été décrites dans un article en voie d'édition.

L'intérêt de cette méthode réside dans sa simplicité de mise en oeuvre et dans sa portabilité. Ainsi la photosynthèse d'une variété d'arachide semée au champ a pu être aisément déterminée (cf. I.1), les mêmes mesures pouvant être effectuées sur d'autres espèces à condition d'adapter la chambre utilisée aux caractéristiques morphologiques de la plante et à sa capacité photosynthétique.

Une chambre plus grande est actuellement en cours de construction afin de déterminer la photosynthèse apparente d'un couvert végétal.

II- Développement et amélioration des tests de sélection pour la résistance à la sécheresse.

1- Utilisation des mesures de températures foliaires.

La possibilité d'utiliser la température de surface par téléthermométrie comme moyen d'estimation du niveau de stress hydrique de l'arachide a été étudiée cette année. De nombreux travaux ont déjà été réalisés sur d'autres espèces qui ont mis en évidence une relation entre l'état hydrique de la plante et la température foliaire. Deux essais ont été menés cette année afin de déterminer les conditions optimales d'utilisation d'une mesure de ce type dans les conditions climatiques de la région.

En fin de saison des pluies la variété 73-33 a été semée et soumise à 3 niveaux d'alimentation hydrique par irrigation. Un suivi de la température de surface des plantes indique une augmentation de la différence de température entre la culture et l'air ($T_c - T_a$) à mesure que l'intensité du stress hydrique croît et, à l'échelle de la journée à mesure que la demande évaporative augmente, $T_c - T_a$ augmente d'autant plus que les plantes sont stressées (fig. 4a). Les variations de $T_c - T_a$ mesurées sur une même parcelle apparaissent extrêmement sensibles aux conditions climatiques locales et une normalisation de ce paramètre a été effectuée en tenant compte de la demande évaporative. Un indice cultural de sensibilité à la sécheresse a été calculé (C.W.S.I.) selon la procédure définie par IDSO (1981) afin de normaliser $T_c - T_a$ (fig. 4b). Les différences significatives les plus importantes pour ce paramètre se manifestent aux heures de forte demande évaporative entre 11h et 13h qui constitue donc la période la plus favorable pour la réalisation de cette mesure.

Un 2ème essai a été mené afin de comparer la réponse de 5 variétés à ce nouvel indice (fig.5). Les différences significatives entre variétés sont mises en évidence surtout durant la période définie plus haut. Le C.W.S.I. évolue pour chaque variété en fonction du stade développement et il apparaît que la diminution de la capacité de régulation stomatique avec l'âge de la plante rend délicate l'utilisation de la mesure de T_c en fin de cycle. En conclusion la mesure de température foliaire par téléthermométrie apparaît comme un outil intéressant de détermination de l'état hydrique chez l'arachide. Ces avantages (rapidité, non destructive) en font une méthode parfaitement adaptée aux besoins d'une sélection sur un grand nombre d'individus.

2- Réponses de 2 variétés aux tests de sélection en fonction des conditions de développement.

L'un des désavantages des tests de sélection menés à grande échelle est que la rapidité nécessaire à leur exécution dans des délais raisonnables, permettant de considérer les plantes testées au même niveau de développement, ne permet pas la mise en évidence des éventuelles capacités d'adaptation et d'acclimatation que la plante est capable de développer en conditions naturelles. Deux variétés, 57-422 et 73-33, ont été semées en serre et leur réponse au test de résistance protoplasmique à la chaleur et au test de teneur en amidon dans les racines a été évaluée suite à 2 traitements différents:

- 1 traitement témoin constamment bien irrigué,
- 1 traitement adapté où les plantes ont subi

une série de 4 cycles de sécheresse entrecoupées de phases de réhydratation.

Les tests sont effectués au bout du 6ème jour d'un 5ème cycle de sécheresse appliqué sur la moitié des plantes de chaque lot précédemment décrit. Aucune différence significative en fonction du traitement et de la variété n'apparaît dans les conditions de cet essai en ce qui concerne le rapport parties aériennes/parties racinaires et la teneur en amidon dans les racines (tableau III). Ce dernier résultat conduit aux hypothèses suivantes qu'il sera nécessaire de vérifier rapidement afin de préciser l'intérêt de ce test:

a) L'intensité du stress a été insuffisante pour qu'il y ait mobilisation de l'amidon dans les racines chez les deux variétés.

b) Il n'y a pas de mobilisation appréciable de l'amidon dans les racines en condition de sécheresse étant données les faibles quantités stockées dans ces organes lorsque les conditions sont favorables.

c) La mobilisation de l'amidon pourrait se faire à partir d'autres organes de réserves comme les feuilles.

La résistance protoplasmique à la chaleur varie de façon significative (1%) en fonction de la variété et du traitement. Quelque soit le traitement 57-422 apparaît plus résistante que 73-33 et la succession des cycles de sécheresse conduit à une diminution de la résistance de chaque variété. En conclusion si les conditions de développement de la plante modifient sa réponse la hiérarchie initialement établie étant maintenue les conditions de réalisation du test n'ont pas d'effets significativement importants sur les résultats obtenus.

3- Développement d'un dispositif d'étude de la croissance racinaire.

L'un des objectifs du programme de sélection pour la résistance à la sécheresse est la recherche d'individus présentant une forte croissance racinaire initiale conduisant à une meilleure colonisation du sol et à une meilleure extraction de l'eau. Afin d'étudier ce caractère et de mettre au point un test compatible avec le schéma de sélection utilisé un dispositif prototype a été mis au point et est actuellement en phase d'évaluation.

Sur des tubes de P.V.C. ($\varnothing$ = 10 cm. L = 60 cm) une fenêtre a été découpée sur toute la longueur et une plaque d'altuglass transparent a été collée sur cette ouverture afin de suivre la croissance des racines. Les tubes remplis de terre (7 kg) sont disposés sur un châssis métallique articulé permettant le réglage de l'inclinaison. Plusieurs essais ont été effectués avec 5 variétés et différentes inclinaisons sans qu'une différence significative ait pu être mise en évidence étant donné les forts coefficients de variation observés (tableau IV). Actuellement les essais se poursuivent uniquement sur 2 variétés afin d'apprécier l'effet du poids initial et de la longueur initiale des graines sur la vitesse de croissance racinaire et tenter de normaliser ce test.

III- Réalisation des tests de sélection.

Les tests effectués en 1984 ont été repris cette année, l'état des travaux étant par ailleurs dressé dans la synthèse des activités du service sélection seules les conditions de réalisation de ces tests seront décrites.

1- Résistance protoplasmique.

Ce test est bien au point et bien maîtrisé par l'ensemble du personnel. L'un de nos prochains travaux consistera à mettre en évidence les relations existant entre la résistance protoplasmique à la chaleur et à la dessiccation.

2- Teneur en amidon dans les racines.

Les derniers travaux effectués nécessitent une étude plus précise du rôle de l'amidon dans les racines. Comme en 1984 les analyses ont été confiées à l'ORANA et une vérification des résultats rendus sera bientôt obtenue grâce à la reprise de ces analyses dans le laboratoire du Pr Vieira Da Silva.

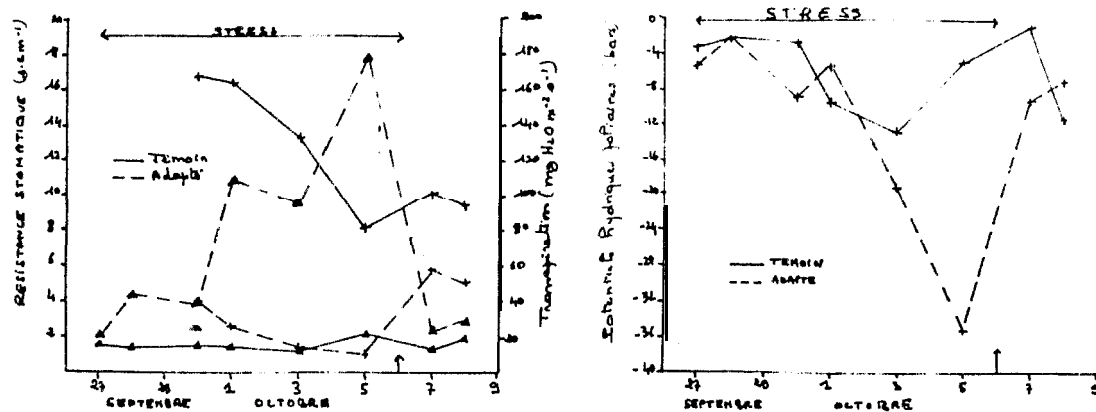


Figure 1: Evolution de la résistance stomatique, de la transpiration (a) et du potentiel hydrique foliaire (b) sur une culture d'arachide (73-30) soumise à des conditions hydriques différentes.

En a): A : Résistance stomatique
+ : Transpiration

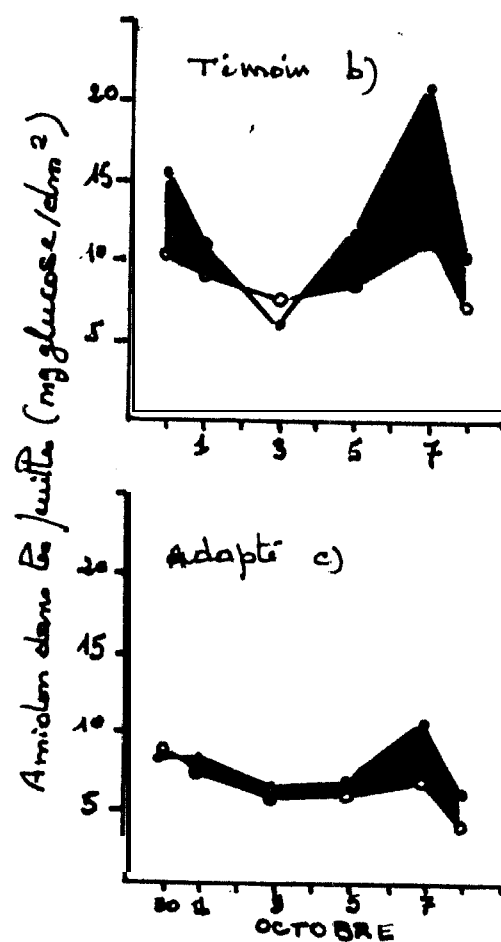
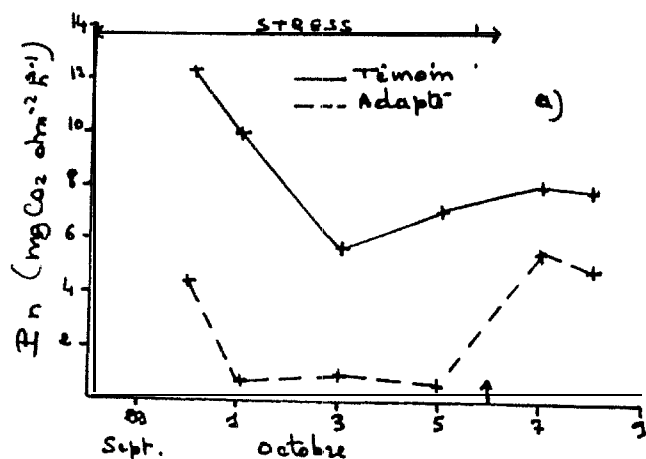


Figure 2: Evolution de la photosynthèse nette foliaire (a) et de la concentration en amidon dans les feuilles (b et c).

En b) et c): ○ : Concentration en amidon à 9 heures
● : Concentration en amidon à 15 heures
■ : Synthèse d'amidon
□ : Mobilisation de l'amidon

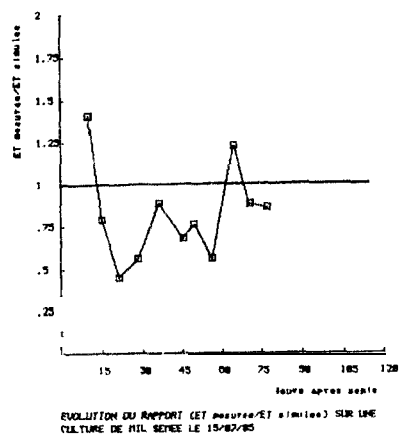
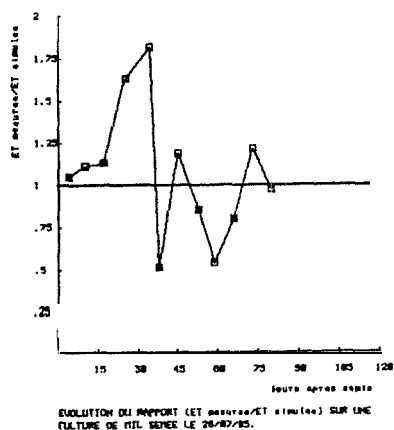
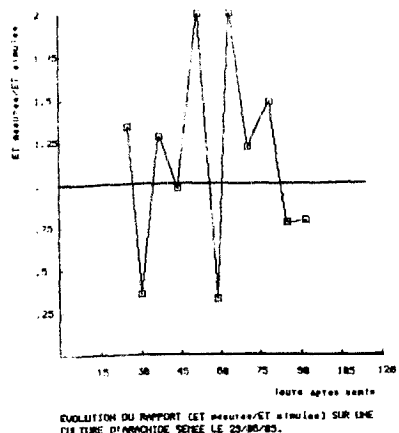
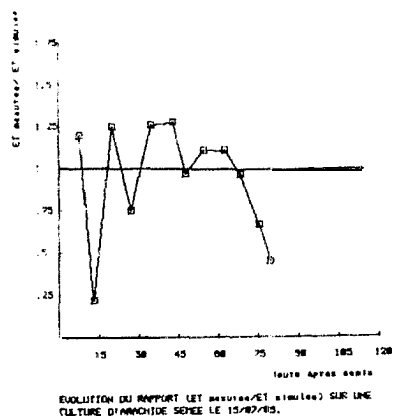


Figure 3: Evolution du rapport ET mesurée/ET simulée sur millet arachide en 1985.

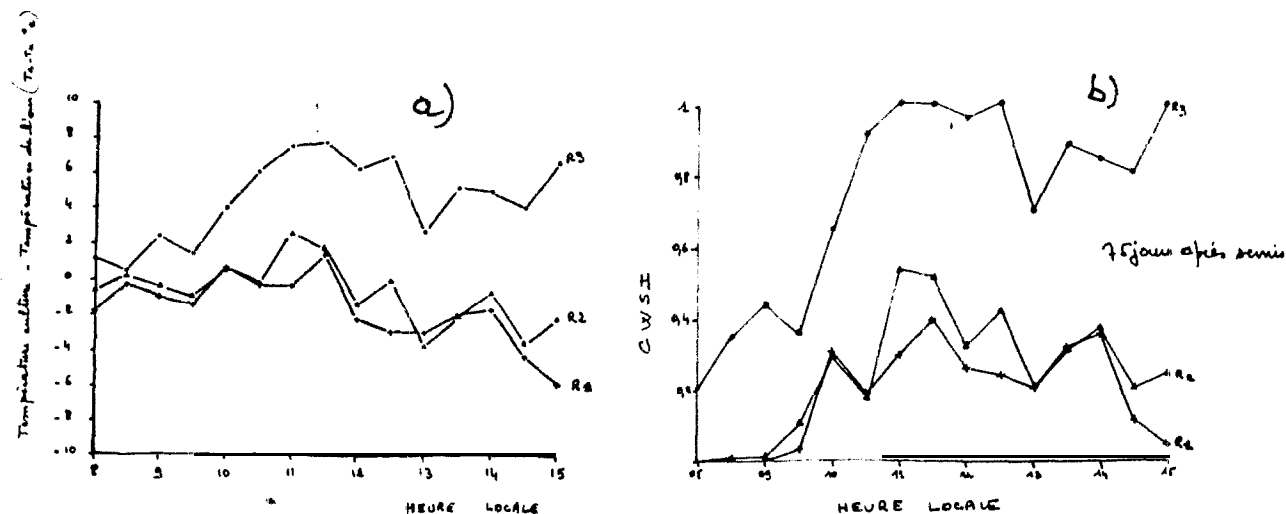


Figure 4: Variation journalière de Tc-Ta (a) et de C.W.S.I. (b) sur une culture d'arachide (73-30) pour 3 niveaux d'alimentation hydrique.

R1: Pluvial + irrigation complémentaire tous les 2 jours

R2: Pluvial + irrigation complémentaire tous les 4 jours

R3: Pluvial, strict

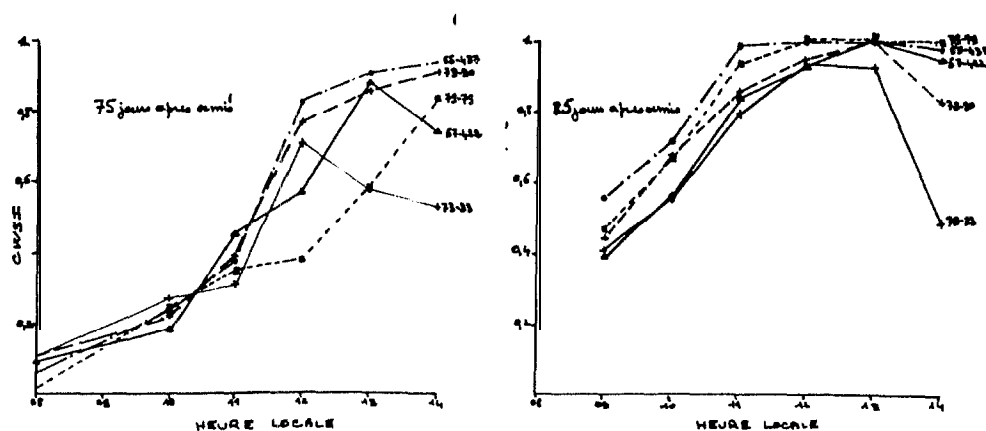


Figure 5: Variation journalière de C.W.S.I. pour 5 variétés d'arachide cultivées au champ en pluvial au 75ème et au 85ème jour après semis.

TAB. PAP. 1: EVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN AMIDON ET EN SUCRES SOLUBLES DURANT UNE SECHERESSE DANS LES ORGANES DE DEUX VARIETES D'ARACHIDE. (Mg de glucose par gr. de poids sec)

[illegible]

F: Feuilles; T: Tiges; R: Racines

J: Jours après début de la sécheresse

TABIEAU 11: EVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN GLUCIDES (AMIDON + SUCRES SOLUBLES) DURANT UNE SECHERESSE DANS LES ORGANES DE DEUX VARIETES D'ARACHIDE. (Mg de glucose par gr. de poids sec).

57-313				5-32			
		NORMAL	STRESSE			NORMAL	STRESSE
J0	I			I			
	I F	79,8+_22,6	-	I		75,8+_24,5	-
	I			I			
	I T	99,2+_27,9	-	I		91,2+_17,5	-
	I			I			
J8	I R	117,7+_33,8		I		114,2+_16,7	-
	I			I			
	I			I			
	I F	61,8+_ 9,3	38,3+_ 1,0	I		57,1+_12,5	60,7+_ 9,4
	I			I			
J16	I T	124,4+_34,2	99,4+_ 4,7	I		98,5+_ 8,3	89,3+_16,3
	I			I			
	I R	117,7+_16,5	119,4+_ 7,2	I		101,5+_16,8	59,3+_11,6
	I			I			
	I			I			
J16	I F	64,1+_16,0	45,6+_15,2	I		80,2+_33,5	71,1+_29,6
	I			I			
	I T	122,0+_38,0	95,7+_22,8	I		129,1+_18,7	85,0+_34,2
	I			I			
	I R	155,6+_17,7	86,2+_17,2	I		124,6+_41,4	92,1+_28,8
	I			I			
	I			I			

Tableau III: Effets de la sécheresse sur le rapport parties aériennes/- parties racinaires (PA/PR), la teneur en amidon dans les racines (A.) et la résistance protoplasmique (R.) de 5 variétés d'arachide.

	57-422						73-33					
	Adapté			Témoin			Adapté			Témoin		
	C	S	I	C	S	I	C	S	I	C	S	I
PA/PR	1,97	2,44	1,9	1,58	2,35	1,87	2,4	2,65				
A. *	12,55	11,09	10,4	9,46	9,14	10,3	11,22	7,19				
R. **	46,5	33,87	55,16	64,81	10,99	8,7	15	18,66				

* Teneur en amidon en mg de glucose/gr. de mat. sèche

** Résistance protoplasmique en % d'intégrité absolue

Le lot adapté a subi une série de 4 cycles de sécheresse entrecoupés de phases de réhydratation, le lot témoin a été constamment bien irrigué. Le traitement S correspond aux lots testés durant un 5^e cycle de sécheresse et le traitement C aux lots testés au même moment dans de bonnes conditions hydriques.

Tableau IV: Longueur racinaire du pivot de 5 variétés au 21ème jour après semis pour 2 inclinaisons (30° et 55° par rapport à la verticale).

	55-457		47-16		69-101		57-422		73-30	
	30°	55°	30°	55°	30°	55°	30°	55°	30°	55°
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Longueur (cm)	27,5	37,5	16,6	33,8	8,6	28,8	17,8	23,5	17,1	20,2
Longueur (%)	1,0	30,5	64,3	37,5	34,1	66,1	13,6	128,0	144,9	200,2