

CN011591

REPUBLIQUE DU SENEGAL

ENCR

**Ministère de l'Education Nationale
Ecole Nationale des Cadres Ruraux
Bambey**

ISRA

**Institut Sénégalais
de Recherches Agricoles
Centre National de Recherches
Agronomiques - C.N.R.A
Centre d'Etude Régional pour
l'Amélioration de l'Adaptation
à la Sécheresse - C.E.R.A.A.S.**

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du
Diplôme d'Ingénieur des Travaux Agricoles

**ETUDE DE LA GYNOPHORISATION DE L'ARACHIDE
EN RAPPORT AVEC L'ETAT HYDROMECHANIQUE
DE SURFACE DU SOL : Analyse du rythme
d'émission des gynophores en relation
avec les conditions d'alimentation
en eau**

Présente et soutenu par
NGUEDI E. NIETEOUROU
(28ème Promotion)

Maître de stage Mr Modou SENE
ISRA - SCS, KAOLACK

Novembre 1993

RESUME

Ce mémoire présente les résultats de l'essai "Analyse du rythme d'émission des gynophores de l'arachide en relation avec les conditions d'alimentation en eau" mené en collaboration avec le C.E.R.A.A.S./CNRA de Bambey. L'expérimentation a porté sur la variété de l'arachide 73-33 soumise à six modalités d'alimentation en eau par irrigation dans les pots PVC sous serre, trois de ces modalités ont fait l'objet d'observations et mesures par une série de dépotages. Les paramètres analysés concernent les caractéristiques microclimatiques pédohydriques et agrophysiologiques de la variété utilisée.

Cependant, pour des raisons de calendrier, la 2ème partie de l'essai "Influence des conditions hydromécaniques de l'horizon de surface sur la pénétration des gynophores" n'est pas abordée ici, les données n'étant pas entièrement réunies.

C.E.R.A.A.S., : Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse.

DEDICACE

* A la mémoire de mon Père, de ma Soeur et de mes Frères.

* A ma Mère : à cet âge avancé, tu es toujours à l'oeuvre, preuve que le travail est libérateur. Cette formation qui se termine se situe dans cette direction et symbolise cette vertu que tu nous as toujours prodiguée.

* A Monsieur Edouard Guidingar KAMOUGUE, pour avoir initié et impulsé cette formation qui s'achève par ce travail, tout l'honneur vous revient.

* A vous mes parents, oncles et tantes, neveux et nièces, cousins et cousines, qui tirez votre subsistance des activités agricoles, ce travail est un peu le vôtre.

* A ma famille, mon épouse Kadidja et mes enfants Minaré, Sheya, Tissiré, Fati, Sain-ta et Félicité. En acceptant de faire le déplacement de Bambey au Sénégal pour suivre votre époux et père, vous avez consenti des sacrifices largement récompensés par ce travail.

REMERCIEMENTS

- * A Monsieur Sidy Haïrou Camara, Directeur de l'ENCR, pour avoir assumé tout au long de ces 3 années de séjour-formation notre responsabilité académique, civile et sociale.
- * A mon encadreur, Monsieur Modou Sène, pour la qualité de l'encadrement, sa disponibilité et ses conseils et ce malgré ses charges.
- * Au Dr D. Annerose et J. M. Lacape pour leur appui et leur adhésion totale à cette expérimentation.
- * A MM Mbaye Ndoye Sall, Amadou Diop, Ibrahima NDong et à travers eux, l'ensemble de l'équipe du C.E.R.A.A.S. Sans leur aide précieuse, leurs conseils et remarques pertinentes, cette expérimentation ne pouvait aboutir.
- * A MM Babacar Ndao et Jean Claude Baudy respectivement Directeur des études entrant et sortant et à travers eux, l'ensemble du corps professoral tant national qu'expatrié.
- * A Monsieur Edouard Guidingar Kamougue, au Ministère de l'Agriculture à Ndjaména : sans le déclic nécessaire, votre appui constant et vos précieux conseils, cette formation ne saurait se réaliser. Toute ma reconnaissance et mes remerciements.
- * A Monsieur Mbaye Ndiaye et à travers lui l'ensemble du personnel administratif de l'ENCR.
- * A Monsieur Frédéric Panne pour la saisie, le traitement et l'analyse des données;
- * Au corps médical : MM Fiacre Coly et Seck.
- * A tous les employés de l'ENCR.

SOMMAIRE

I - INTRODUCTION	5
II - MATERIELS ET METHODES	8
2.1 - Analyse du rythme d'émission de gynophores	8
2.1.1. - Dispositif expérimental	8
2.1.2. - Traitements	8
2.1.3. - Techniques culturales	10
a) remplissage des pots PVC	10
b) fertilisation	11
c) semis	11
d) entretien	11
e) traitement phytosanitaire	12
2.1.4. - Modalités pratiques d'irrigation et calendrier d'application du stress hydrique	12
a) doses d'irrigation et fréquence	12
b) calendrier d'application du stress	12
2.1.5. - Mesures et observations	16
a) suivi et observations	16
b) suivi de l'émission des gynophores	17
c) suivi de l'humidité du sol	18
d) résistance à la pénétrométrie	18
2.2. - Analyse de l'influence des conditions hydromécaniques de l'horizon de surface du sol sur la pénétration du gynophore de l'arachide.	19
2.2.1. - Objectif	19
2.2.2. - Dispositif expérimental et traitements	19
a) zone racinaire	19
b) zone de gynophorisation	19
2.2.3. - Techniques culturales	19
a) soudure et confection des pots PVC	19
b) fertilisation	21
c) semis	21
d) entretien	21
e) traitement phytosanitaire	21
2.2.4. - Modalités pratiques d'irrigation	22
a) de la zone racinaire	22
b) de la zone de gynophorisation	22

2.2.5. - Principe d'application du stress hydrique	22
a) zone racinaire	22
b) zone de gynophorisation	22
2.2.6. - Suivi et observations	23
2.2.7. - Recueil et analyse des données de la centrale d'acquisition.	23
III - RESULTATS ET DISCUSSION	25
3.1. - Caractéristiques microclimatiques et pédohydrriques	25
3.1.1 . - Caractéristiques microclimatiques	25
3.1.2. - Etat pédohydrrique du sol	26
3.2. - Effets de l'alimentation en eau sur l'état hydrique et le développement végétatif	29
3.2.1 - le contenu relatif en eau (CRE)	33
3.2.2 - la partie végétative	33
a) la floraison	33
b) longueurs des tiges principales et des rameaux cotylédonaire	35
c) la surface foliaire et le nombre de feuilles de la tige principale	35
d) la matière sèche aérienne	35
3.2.3. - la partie racinaire	36
3.3. - Effets de l'alimentation en eau sur la gynophorisation	36
3.3.1 - les deux phases de la gynophorisation	36
3.3.2 - corrélation sur les 2 périodes et sur l'ensemble de la période.	38
a) 50ème jas	38
b) 65ème jas	40
c) 80ème jas	40
d) 50-80ème jas	40
3.3.3 - équations de prédictions du nombre de gynophores	42
3.4. - Effets de l'alimentation en eau sur la fructification de l'arachide	43
3.4.1 - la production de gousses	45
IV - CONCLUSION GENERALE	47

I - INTRODUCTION

Depuis la terrible sécheresse qui s'est installée sur la zone sahélienne, plusieurs études ont été entreprises sur les mécanismes d'adaptation de différentes variétés d'arachide à la sécheresse. Le souci des producteurs et des acteurs de développement étant de valoriser au mieux l'eau recueillie au cours de l'hivernage. Au niveau de la recherche cela s'est traduit par la création de variétés d'arachide résistantes à la sécheresse. Les besoins en eau de l'arachide comme ceux des autres cultures sont fonction de la durée du cycle, des différentes phases de croissance et de développement de la plante et du climat.

D'une manière générale, il existe actuellement des variétés d'arachide résistantes à la sécheresse. Différentes formes de réponses au déficit hydrique existent chez les plantes qui ont fait l'objet d'une classification maintenant adoptée (LEVITT et al., 1960 ; TURNER, 1979 et 1986 ; LEVITT, 1980). Cette classification permet ainsi de distinguer :

- les plantes ayant l'aptitude à éviter le déficit hydrique c'est à dire capables de traverser une phase de sécheresse grâce à des mécanismes leur permettant de conserver des niveaux élevés d'hydratation de leurs tissus.

- les plantes pouvant tolérer le déficit hydrique c'est à dire capables de supporter une phase de sécheresse malgré une diminution du niveau d'hydratation de leurs tissus.

- les plantes capables d'esquiver la sécheresse en réalisant leur cycle complet de développement avant la manifestation de déficits hydriques du sol importants.

Il est établi que la phase la plus sensible à un déficit hydrique est la phase reproductrice. Celle-ci peut se résumer en quatre stades essentiels pour la variété 28-206 (Boote) :

- * Floraison : premier-es fleurs 31 jas
- * Formation gynophores : premiers gynophores 39 jas
- * Formation gousses : premières gousses 52 jas
- * Maturation des gousses : début maturation 80 jas

Les gynophores occupent une place centrale dans le processus d'élaboration de rendement de l'arachide. Ils sont produits essentiellement par les bourgeons cotyledonaires à 60 % par rapport au reste de la plante (P. PREVOT, 1949).

Le nombre de gynophores émis augmentant au cours du temps, est étroitement lié aux conditions d'alimentation hydrique de l'arachide. Par ailleurs la conversion ou la transformation de ces gynophores en gousses est essentiellement fonction de leur temps d'élongation, de pénétration et d'orientation dans le soi (CHAPMAN et al, 1992). Par conséquent, en plus des caractéristiques physiologiques propres à la variété d'arachide utilisée, il est important de tenir compte des conditions physiques des horizons superficiels des sols devant accueillir les gynophores.

En raison de l'intensité et de la durée de la sécheresse, la production de fleurs et de gynophores et partant des gousses, peut reprendre activement ou modérément (ANNEROSE, 1985). Ainsi la plus grande synchronisation de la formation des gousses associée au déficit hydrique intervenant avant la floraison par exemple, explique en partie l'augmentation des rendements en gousses obtenus, ceci par rapport à une alimentation optimale (NAGESWARA et al, 1988). Ces résultats confirmés par les travaux de J. L. Chopart et R. Nicou (1989) suggèrent que la formation de gynophores est une phase nécessaire mais pas suffisante pour l'obtention de bons rendements en gousses. SHEN YU * JUN et AN KE (1988) rapportent que la croissance des gynophores de l'arachide est affectée par l'humidité de l'air : la croissance journalière des gynophores est en moyenne de 0,62 cm à l'humidité relative 100 % mais seulement de 0,02 cm à 57 %. D'autre part, ces mêmes auteurs ont mis au point sur de petites parcelles une technique de billonnage dite "A n M" qui accroît la production de gousses par un grand nombre de gynophores et augmente par conséquent le rendement de l'arachide de l'ordre de 20 %.

La culture de l'arachide en pluvial au Sénégal est caractérisée par une variabilité inter-annuelle notoire des conditions d'alimentation en eau. En ce qui concerne les horizons de surface du sol devant recevoir les gynophores au bout desquels sont formés les gousses, ceci se traduit par des états de surface hydromécaniques variés. Les caractéristiques hydromécaniques telles que l'humidité, la densité apparente et la résistance à la pénétration sont sous la dépendance d'une combinaison de facteurs.

En plus des propriétés intrinsèques du sol, ces derniers concernent l'impact des pluies, la durée respective des périodes d'humectation et de dessèchement en succession, les effets des opérations culturales telles que les sarclo-binages antérieurs à la fructification. Ainsi les gynophores émis seront d'autant plus aptes à pénétrer dans le sol pour former des gousses que l'horizon de surface de ce dernier présentera des conditions hydromécaniques favorables.

Par conséquent, pour une meilleure analyse de l'élaboration du rendement en gousses, l'étude de la fructification de l'arachide doit permettre de parvenir à la maîtrise des deux aspects suivants :

- (1) le rythme d'émission des gynophores en relation avec les conditions d'alimentation en eau.

- (2) l'influence des situations hydromécaniques de l'horizon de surface sur la pénétration des gynophores préalable à la formation de gousses.

Cette deuxième partie ne sera pas traitée dans ce mémoire, elle fera l'objet d'une publication ultérieure (Modou SENE, à paraître).

II - MATERIELS ET METHODES

Localisation de l'essai :

L'essai a été mis en place sur une aile d'une ancienne serre du CNRA/CERAAS (Centre National de Recherche Agronomique/Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse) de Bambey (Fig. 1). La surface couverte est d'environ 65 m² pour le dispositif et la mise en place des deux essais.

L'expérimentation comporte deux parties :

2.1 Analyse du rythme d'émission de qvnohores

Cette première partie de l'essai comprend deux (2) sous-groupes (Fig. 1).

- Le premier sous-groupe ou essai n° I ou essai de base est composé de 18 tubes PVC.

- Le deuxième sous-groupe ou essai n° II ou encore appelé essai complémentaire rassemble 27 tubes PVC.

La première partie de l'essai est donc composée de 45 tubes PVC au total. Le premier sous-groupe a été conduit jusqu'en fin de cycle de culture tandis que le second, spécialement destiné à des observations destructives, a été dépoté par série de 9 tubes au 50^{ème}, 65^{ème} et 80^{ème} jour après semis.

2.1.1. - Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est constitué de 6 traitements et 3 répétitions en randomisation totale soit 18 tubes pour le premier sous-groupe et de 3 traitements et 9 répétitions, soit 27 tubes en randomisation totale pour le second sous-groupe (Fig. 1).

2.1.2. - Traitements

La variété de l'arachide soumise au traitement dans cette première partie de l'essai est la 73-33 d'un cycle de 105 jours. Le choix de la variété découle de la nécessité de réduire au maximum les facteurs de variation dans l'analyse des composantes du rendement dont fait partie cette expérimentation.

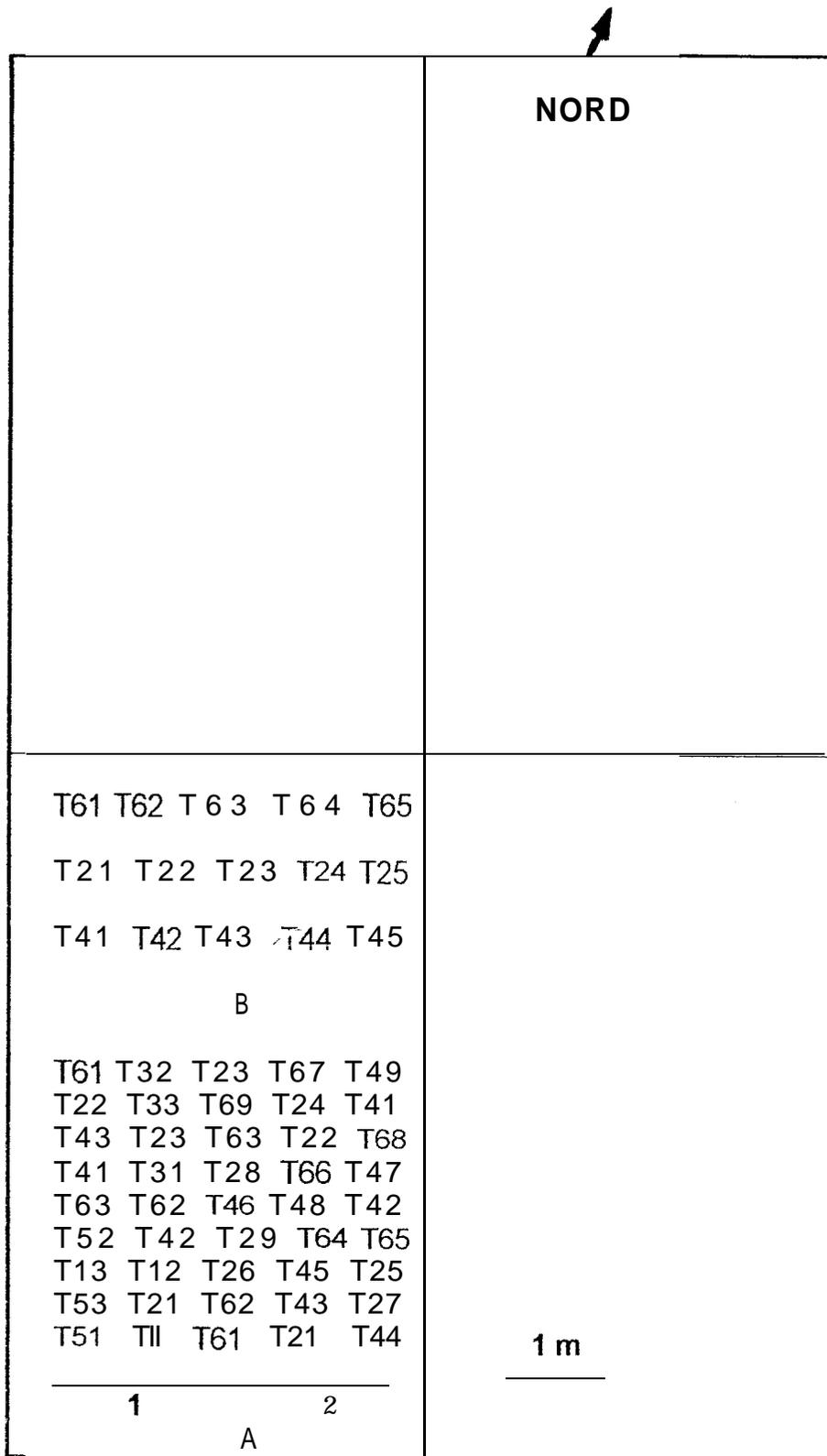


Figure 1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

A : Essai n°1

A1 : Essai de base

A2 : Essai complémentaire

B : Essai n°2

En plus de l'étude de la fructification, l'analyse concerne aussi l'implantation que le soulèvement de l'arachide (M. SENE, à paraître).

1. (T₁) : semis après une irrigation équivalente à 30 mm suivi d'une sécheresse de 20 jours, puis irrigation à la demande jusqu'en fin de gynophorisation.
2. (T₂) : semis après une irrigation équivalente à 30 mm puis apport d'eau à la demande jusqu'à fin de cycle.
3. (T₃) : semis après une irrigation équivalente à 30 mm puis irrigation à la demande jusqu'au 45^{ème} jour, puis apport d'eau en excès jusqu'à fin de cycle.
4. (T₄) : semis après une irrigation équivalente à 30 mm suivi d'un apport d'eau à la demande jusqu'au 45^{ème} jour, puis sécheresse de 20 jours (jusqu'au 60^{ème} jour) ensuite apport d'eau à la demande jusqu'à fin de cycle.
5. (T₅) : semis après une irrigation équivalente à 30 mm puis apport d'eau à la demande jusqu'au 45^{ème} jour puis sécheresse de 30 jours, puis apport d'eau à la demande jusqu'à fin de cycle.
6. (T₆) : semis après une irrigation équivalente à 30 mm puis apport d'eau à la demande jusqu'au 45^{ème} jour, puis sécheresse jusqu'à fin de cycle.

Il convient de mentionner que les 27 tubes du second sous-groupe de l'essai se composent des traitements T₂, T₄ et T₆ alors que le premier comporte tous les traitements ci-dessus décrits.

2.1.3. - Techniques culturales

a) Remolissage des tubes PVC

Nous disposons donc de 45 tubes PVC ayant les caractéristiques ci-après :

- Diamètre intérieur 30 cm
- Hauteur 120 cm

Ces pots ont été installés sous la serre aux écartements de 0,70 x 0,15 m en 5 rangées de 9 pots chacune. Chaque rangée est légèrement surélevée à l'aide de lattes en bois et de tuyaux en fer afin de permettre d'éventuel drainage ou empêcher une remontée capillaire des eaux de pluie.

Le remplissage s'est fait avec du sol Dior de Bambey aux caractéristiques décrites par CHARREAU (1963), DANCETTE (1970) et VACHAUD et COLL. (1978). Il s'agit de sol prélevé sur le site du CNRA, débarrassé de corps grossiers et/ou étrangers, bien sec, tamisé avant d'être mis dans les pots. Le plein est fait à environ 4 à 5 cm du bord pour permettre l'irrigation et au plant d'arachide de s'installer. Le remplissage est suivi d'un compactage en vue d'éliminer les poches d'air et disposer d'une colonne de terre homogène. Sur la base d'une densité apparente d'environ 1,5 g/cm³, chaque tube renferme ainsi une masse de soi d'environ 125 kg soit à peu près 6 tonnes de terre déplacées.

b) Fertilisation

Apport d'engrais de fond 8 - 18 - 27 à la dose de 150 kg/ha soit 1,5 g/tube dilué dans l'eau d'irrigation (30 mm) à 24 heures avant le semis.

c) Semis

La variété utilisée est la 73-33 d'un cycle de 105 jours. Le semis est intervenu le 27 juillet 1993 à raison de 3 graines par tube. Le démariage à 1 plant/tube a été fait 14 jours plus tard, le 10 août.

Les répétitions T₁₁ et T₁₂ de l'essai de base ont été ressemées le 11 août parce que n'ayant pas germé. La répétition T₄₁ de l'essai complémentaire a été détruite le 6 août suite à un orage et donc éliminée du lot.

d) Entretien

L'entretien a consisté en des désherbages réguliers pour éviter la compétition sur l'eau. Assez régulièrement également, il a fallu reboucher les petits creux de surface des pots occasionnés par l'eau d'arrosage afin de réserver une surface correcte aux futurs gynophores.

e) Traitement phytosanitaire

Les semences ont été traitées au granox. En date du 12 septembre, il a été constaté des attaques de pucerons sur l'ensemble de l'essai. Afin d'éviter un effet phytotoxique du produit, dû au développement du stress hydrique appliqué depuis le 10/09/93 le traitement a été annulé.

2.1.4 - Modalités oratoires d'irrigation et calendrier d'application du stress hydrique

L'irrigation a été faite de façon manuelle avec l'eau du forage.

a) Doses d'irrigation et fréquence

Hormis le traitement T₁ (sécheresse de début de cycle de 20 jours), les 5 autres traitements (T₂, T₃, T₄, T₅ et T₆) étaient irrigués à la dose de 10 mm, soit 0,7 l/pot tous les 3 jours à partir du 29 juillet 1993 et ce jusqu'au 10 septembre. Malgré le décalage de date de semis pour mauvaise levée sur le T₁ (ressemis du 11 août), cette programmation a été conservée pour l'ensemble des traitements car la levée du stress hydrique sur T₁ après le 20^{ème} jour a coïncidé avec un jour normal d'irrigation - le 31 août.

Le stress hydrique a été appliqué à partir du 10/09/93 sur les traitements :

- T₃ : irrigation en excès à la dose de 15 mm soit 1 l/pot jusqu'à fin de cycle,
- T₄ : arrêt d'irrigation de 20 jours
- T₅ : arrêt d'irrigation de 30 jours
- T₆ : arrêt jusqu'à fin de cycle.

b) Calendrier d'application du stress

Comme cela a été mentionné ci-dessus, l'application du stress a débuté le 11 août 1993 pour T₁ et le 10 septembre 1993 pour T₃, T₄, T₅ et T₆ ; T₂ étant le témoin. Le tableau 1 résume les conditions d'alimentation en eau :

Tableau 1 : Conditions d'alimentation en eau

Traitement	Dates de stress			Observations
	Début stress	Fin stress	Durée stress	
T1	11/08/93	31/08/93	2.0 jours	ensuite irrigation à la demande
T2				témoin
T3	10/09/93	irrigation en excès jusqu'en fin de cycle		
T4	10/09/93	29/09/93	20 jours	ensuite irrigation à la demande
T5	10/09/93	09/10/93	30 Jours	ensuite irrigation à la demande
T6	10/09/93	stress jusqu'en fin de cycle.		

En raison de la température relativement élevée sous la serre et du stade de développement des pieds d'arachide, un réajustement dans les doses d'irrigation a été opéré le 12/09/93. A partir de ces dates :

- T2 a reçu de 10 mm (0,7 l/pot) à 15 mm (1 l/pot)
- T3 a reçu de 15 mm à 20 mm (1,4 l/pot)

La situation climatique comparative, sous la serre et en milieu ambiant (relevés météo du CNRA/Bambey) est présenté dans le tableau 2.

Tableau 2 : Situation climatique comparative - Moyennes par 5 jours du 29/9 au 13/10/93

Dates	Relevés météo CNRA Bambey								Relevés sous serre (psychromètre)							
	Thermomètre sec				Humidité relative. %				Thermomètre sec				Humidité relative. %			
	8 H	12 H	15 H	18 H	8 H	12 H	15 H	18 H	8 H	12 H	15 H	18 H	8 H	12 H	15 H	18 H
29/9/93 au 3/10/93	25,3	33,0	35,8	33,1	90	51	41,3	50	28,5	36,3	38,2	32,3	77,5	47,3	31,5	62
4/10/93 au 8/10/93	25,7	33,0	35,6	33,1	91,2	54,4	44,2	53	28,3	35,9	38,3	32,7	81,8	48,5	37,2	52,5
9/10/93 au 13/10/93	24,1	34,1	37,3	33,3	88,4	38,8	33	45,6	28,2	36,5	38,3	32,5	67,7	42,5	34,0	47,0

Tableau 3 : Résumé de la situation de stress finale

Traitement	Dose d'irrigation initiale	Stress	Réajustement de la dose d'irrigation		Observation
			date	dose	
T ₁	10 mm (0,7 l/pot)	1 1/8 au 31 /8/93	21/9/93	20 mm (1,4 l/pot)	
T ₂	10 mm (0,7 l/pot)	Témoin	21/9/93	20 mm (1,4 l/pot)	15 mm le 12/9
T ₃	15 mm (1 l/pot)	Irrigation en excès	21/9/93	30 mm (2,1 l/pot)	20 mm le 12/9
T ₄	10 mm (0,7 l/pot)	10/9 au 29/9/93	21/9/93	20 mm (1,4 l/pot)	
T ₅	10 mm (0,7 l/pot)	10/9 au 9/10/93	21/9/93	20 mm (1,4 l/pot)	
T ₆	10 mm (0,7 l/pot)	10/9 à fin de cycle	21/9/93	20 mm (1,4 l/pot)	

Un deuxième réajustement des doses d'irrigation est intervenu le 21/09/93 suivi d'une levée ponctuelle sur ics traitements stressés à cause du flétrissement observé sur 8 répétitions à ce jour : T₁, T₂, T₄, T₅ et T₆ ont par conséquent reçu 25 mm (1,75 l/pot) dont 0,35 la veille et 1,4 le 21 septembre ; le T₃ est passé de 20 mm à 30 mm (2,1 l/pot).

2.1.5 - Mesures et observations

Les mesures et observations effectuées sont celles **préconisées** dans le protocole d'essai.

a) Suivi et observations

* La mesure du contenu relatif en eau de la plante est effectuée au 20^{ème}, 45^{ème} et 90^{ème} jas. C'est une mesure qui renseigne sur l'état hydrique de la plante en une période donnée. Elle a concerné l'essai de base et l'essai complémentaire. La méthode utilisée est la suivante :

- découpage à l'emporte-pièce d'un échantillon constitué par des disques foliaires prélevés sur des folioles de la 3^{ème} feuille à partir du bourgeon terminal ;
- mise de l'échantillon dans une petite fiole préalablement tarée et numérotée avec son bouchon ;
- pesée pour avoir le poids frais de l'échantillon (PF) ;
- addition d'eau distillée dans la fiole et laisser réhydrater pendant 3 heures ;
- prélèvement de l'échantillon, l'essuyer avec du papier buvard ;
- pesée pour avoir le poids turgescent de l'échantillon (PT).
- remise de l'échantillon dans la fiole et séchage à l'étuve (85 - 100°C) pendant 24 heures ;
- pesée pour avoir le poids sec: de l'échantillon (PS).

Le contenu relatif en eau (CRE) s'obtient alors par la formule suivante :

$$\text{CRE} = \frac{\text{PF} - \text{PS}}{\text{PT} - \text{PS}} \times 100$$

Le premier CRE a été mesuré au 20^{ème} jas le 16 août sur les traitements T2, T3, T4, T5 et T6. T1 ayant été ressemé le 11 août, la mesure a été par conséquent décalée au 31 août. La deuxième mesure est intervenue le 10 septembre, juste avant l'application du stress hydrique sur les traitements T3, T4, T5 et T6. La troisième est prévue pour le 25 octobre

* Date d'apparition de la première fleur suivie d'un comptage quotidien.

* Le comptage de feuilles totales présentes par plant est fait respectivement les 16 et 26 août, les 5 et 15 septembre et le 5 octobre 1993,

* En plus du comptage des gynophores, le nombre de gousses classées en juvéniles, immatures et matures a commencé par l'essai complémentaire le 15 septembre par série de 9 pots déposés et se poursuivra par l'essai de base à la date normale de la récolte.

* Longueur de la tige principale et des rameaux cotylédonaire sur l'ensemble de l'essai à partir du 45^{ème} jour après le semis. On dénombre de même les feuilles de la tige principale.

* La matière sèche souterraine et aérienne est faite au dépotage des pots de l'essai complémentaire respectivement les 15 et 30 septembre et le 15 octobre et à la récolte pour l'essai de base. Le procédé classique consiste à :

- séparer la partie aérienne de la partie souterraine du plant,
- tamiser la colonne de terre sous eau pour récupérer la partie souterraine (pivot, racines secondaires et tertiaires),
- recueillir les deux lots d'échantillons dans des récipients séparés,
- les placer à l'étuve à 100°C pendant 24 heures,
- peser pour avoir le poids sec.

* La surface foliaire. Avant de faire la matière sèche, les tiges des plants sont préalablement effeuillées et les feuilles passées au planimètre pour déterminer la surface foliaire, laquelle servira à son tour à calculer l'indice foliaire.

b) suivi de l'émission des gynophores

Il se fait par observation directe sur les différents traitements puis après chaque série de dépotages pour des observations plus précises et fiables. Le suivi de l'émission des gynophores débute à partir du 45^{ème} jas.

c) Suivi de l'humidité du sol

L'humidité du sol fait l'objet de deux mesures distinctes :

- l'humidité pondérale (HP) par prélèvement de 3 échantillons de terre par tube sur 9 pots à des profondeurs respectives de 0 - 5 et 5 - 10 cm, soit 6 échantillons par pot. Après la pesée pour obtenir le poids frais (PF), on les place à l'étuve (à 100°C) pendant 24 heures. Ensuite, on pèse ces échantillons pour avoir le poids sec (PS). l'humidité pondérale s'obtient par la formule :

$$HP = \frac{PF - PS}{PS} \times 100$$

- l'humidité volumique (HV) ne peut se calculer que si l'on dispose de données sur la densité apparente. Deux prélèvements d'échantillons de terre humide par pot ont été faits à l'aide d'un densitomètre (\varnothing 5,4 cm, hauteur 6,0 cm volume 137,34 cm³) puis placés à l'étuve comme pour l'humidité pondérale. Au bout de 48 heures, le poids sec (PS) est déterminé. L'humidité volumique est calculée $HV = HP \times Da$ avec $Da = \frac{PS}{V}$

d) Résistance à la pénétrométrie

La mesure de la résistance à la pénétrométrie a été faite sur les 9 premiers tubes déposés à l'aide du Pocket penetrometer. C'est un appareil étalonné pour des mesures comprises entre 0,5 à 4,5 kg/cm². Cette opération se poursuivra au cours des prochains dépotages ainsi qu'à la récolte sur les pots de l'essai de base. Les données recueillies seront couplées à celles de l'humidité du sol.

L'analyse des données recueillies par des méthodes statistiques classiques (analyse de variance, analyse multivariable, etc...) consistera essentiellement à mettre en rapport le rythme d'émission de gynophores avec les conditions de développement de la culture. Celles-ci concernent aussi l'alimentation en eau et l'état physiologique de la culture que les caractéristiques physiques et chimiques du sol utilisé.

2.2. Analyse de l'influence des conditions hydromécaniques de l'horizon de surface du sol sur la pénétration du gynophore de l'arachide

Cette analyse constitue la deuxième partie de l'essai (Fig. 1).

2.2.1 - Objectif

Déterminer dans la gamme des valeurs possibles du couple humidité du sol x force de pénétration la zone optimale pour la pénétration du gynophore de l'arachide, et si possible les valeurs critiques au-delà desquelles les gynophores ne parviennent plus à pénétrer dans le sol.

2.2.2 - Dispositif expérimental et traitements

Le dispositif de cet essai est de type factoriel à 3 répétitions comportant 2 facteurs :

a) facteur 1 :

Il représente l'état de stress avec les 3 modalités T₂, T₄, T₆ définies dans la première partie de l'essai. c'est ce que l'on pourrait qualifier de zone racinaire, Ces modalités d'apport d'eau ne sont pas répétées.

b) facteur 2 :

Il représente l'état hydrique de surface avec 5 niveaux définis ci-dessous (Fig.; 2), c'est la zone de gynophorisation, soit un total de 45 unités expérimentales, chacun de ces niveaux: est répété trois (3) fois.

2.2.3 Techniques culturales

Il a été mis en place un total de 15 pots PVC aux caractéristiques décrites dans la première partie de cette étude.

a) soudure et confection des pots PVC

Distinguant la zone racinaire de la zone de gynophorisation et dans le souci d'éviter toute interaction directe de l'une sur l'autre, il nous fallait bien procéder à un aménagement spécial du pot PVC. Les 15 pots sont remplis avec de la terre de Nioro sur une hauteur de 102 cm environ.

Alimentation en eau de la zone racinaire	j.d.a.h. de la zone de gynophorisation				
	1. humide constamment 2. 1-2 j.d.a.h. 3. 4-5 j.d.a.h. 4. 8-9 j.d.a.h. 5. 14-15 j.d.a.h.				
I-4 Stress de 20j. à partir du 15ème j.a.s.					
T2 Optimum					
I-6 Sécheresse à partir du 45ème j.a.s. et jusqu'à la fin du cycle					

J.d.a.h. : Jours de **déssèchement** après humectation

Figure 2. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

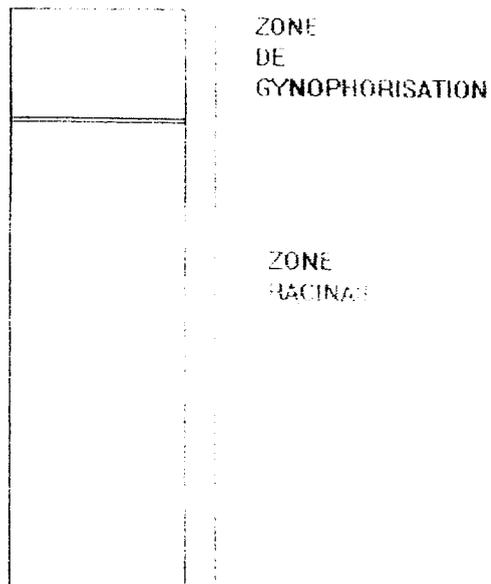


Figure 2bis. Coupe transversale du tube de culture

Une légère couche de graviers (1,5 cm) y est ensuite disposée dans un cerceau de 7,5 cm de diamètre intérieur et 30 cm de diamètre extérieur pour limiter au maximum les remontées d'eau par capillarité : la plus grande zone racinaire est ainsi délimitée. Il reste l'aménagement de la zone de gynophorisation à isoler de celle dans laquelle après semis, le pivot racinaire va descendre pour atteindre la colonne de 102 cm de hauteur remplie de terre. Pour ce faire, on disposait de 15 tubes PVC de 0 75 cm et d'une hauteur de 15 cm. Autour de chaque tube étaient soudées 3 plaques latérales PVC à égale distance. Il suffit de placer ce dispositif dans le grand pot au-dessus de la couche de graviers préalablement disposée, le petit cylindre se trouvant au centre du grand cylindre dans la cavité laissée par le cerceau de gravier. En remplissant de terre (de Nioro) les 3 compartiments ainsi délimités, on a aménagé 3 loges ou zone de gynophorisation par pot. La graine d'arachide sera semée dans le tube de Ø 7,5 cm.

b) fertilisation

C'est le même Mode de fertilisation décrit dans la première partie de l'essai : 1,5 g de 8-1 8-27 dissous dans l'eau d'irrigation avant le semis.

c) semis

Le semis a été fait le 05 Août 1993 avec la variété 28-206 (120 jours) à raison de 2 graines par goulotte (tube 0 7,5 cm). Le démariage à 1 plant par tube est intervenu le 13 août, soit 8 jours après semis. une variété rampante a été choisie pour éviter une gynophorisation groupée qui réduirait les chances de pouvoir les suivre dans différents compartiments confectionnés.

d) entretien

Désherbage et réfection des loges suite à l'irrigation.

e) traitements ohvtosanitaire

Traitement de la semence au granox avant le semis. Par contre, on a observé la même prudence dans le traitement contre les pucerons que sur la première partie.

2.2.4 - Modalités pratiques d'irrigation

L'eau utilisée pour l'irrigation est la même que pour le premier essai. Le temps mis pour irriguer est 2 à 3 fois celui du premier essai en raison du dispositif spécial qui ne facilite pas l'infiltration de l'eau.

a) irrigation de la zone racinaire

L'eau est mise dans la goulotte ayant reçu la graine d'arachide et dans 2 petits siphons collés contre la goulotte et surmontés de petits entonnoirs en verre. La dose d'irrigation est de 10 mm soit 0,7 l par pot tous les 3 jours.

b) irrigation ou humectation de la zone de gynophorisation

Celle-ci ne devait intervenir qu'au moment de l'émission des premiers gynophores. Mais pour maintenir la terre des loges en l'état, 3 humectations espacées dans le temps ont été effectuées.

2.2.5 - Principes d'application du stress

a) de la zone racinaire

Il est le même que celui décrit au premier essai à savoir :

T₂ = optimum

T₄ = stress de 20 jours après 45^{ème} jas

T₆ = stress à partir du 45^{ème} jas jusqu'à fin de cycle.

b) de la zone de gynophorisation

En fait, il s'agit de décalage dans les observations après humectation des loges :

1. loges maintenues humides constamment
2. 1 - 2 jours de dessèchement après humectation (jdah)
3. 4 - 5 jours de dessèchement après humectation (jdah)
4. 8 - 9 jdah
5. 14 - 15 jdah.

La quantité d'eau par loge est 230 ml (0,7/pot).

2.2.6 Suivi et observations

Le gynophore nouvellement émis; est mis en contact avec un échantillon caractérisé par un état hydromécanique donné dans une loge. Pour chaque plant d'arachide, 3 à 4 gynophores sont identifiés et mis en contact avec autant de loges. Le but consiste à voir si le gynophore, au bout d'une période allant de 1, 2, 5, 9 et 15 jours de dessèchement après humectation parvient ou pas à pénétrer dans le médium avec lequel il est en contact. Quelle que soit la réponse obtenue (pénètre ou ne pénètre pas) on détermine l'humidité du sol correspondante.

A partir d'une courbe d'étalonnage (humidité x force de résistance à la pénétration) prédéterminée au laboratoire de physique des sols du CIRAD-CA, on détermine la résistance à la pénétration correspondante à la pénétration ou non du gynophore.

2.2.7. - Recueil et analyse des données de la Centrale d'acquisition

Le suivi de l'humidité et de la température des horizons superficiels de sol sur le 2ème essai au cours du stade de croissance et de développement de la culture est effectué à l'aide des humicaps et de thermocouples ; lesquels sont reliés à une centrale d'acquisition. Il a été mis en place :

- 6 humicaps pour mesure de l'humidité volumique à 10 cm sur 2 traitements :

* T₂ 3 répétitions 14 - 15 jdah à 10 cm

* T₆ 3 répétitions 14 - 15 jdah à 10 cm

- 24 thermocouples pour mesure de températures à 5 à 10 cm répartis sur 2 traitements comme suit :

• 3 répétitions 1 - 2 jdah à 5 cm

* T₂ - 3 répétitions 1 - 2 jdah à 10 cm

• 3 répétitions 14 - 15 jdah à 5 cm

• 3 répétitions 14 - 15 jdah à 10 cm

* idem pour T₆

Au niveau de la centrale d'acquisition, les thermocouples sont branchés sur les voies 1 à 24 ; les humicaps sont branchés sur les voies 25 à 30. Le dispositif est alimenté par une batterie de 12 V. Le relevé des températures et de l'humidité est fait de manière automatique toutes les 5 minutes en continu. Ces données peuvent être lues de façon instantanée sur un écran mais on peut aussi relier la centrale au module de stockage, étape nécessaire à l'exploitation des données vers un micro-ordinateur.

III - RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. - Caractéristiques microclimatiques et oédohydriques

L'analyse du rythme d'émission de gynophores s'appuie sur une caractérisation des différentes conditions d'expérimentation : l'ambiance climatique sous la serre par rapport au milieu ambiant, l'apport d'eau par irrigation selon les modalités d'alimentation testées, les propriétés pédohydriques du sol et enfin des caractères agrophysiologiques de la variété d'arachide utilisée.

3.1.1 . - Caractéristiques microclimatiques

les données climatiques recueillies sous serre ont été comparées à celles de la station météorologique du CNRA de Bambey (Tableau 2).

Il apparaît que la température est plus élevée sous la serre sauf à 18 h. Il y a environ une différence de 1 à 2°C entre la serre et le milieu ambiant. Pour l'humidité relative la situation est inverse. Par conséquent, la demande évaporative est plus importante entre 8 h et 15 h sous la serre.

En ce qui concerne l'apport d'eau par irrigation, le tableau 4 récapitule en fonction des traitements le nombre de jours de stress et la quantité d'eau apportée en mm. Ainsi au 80^{ème} jour après semis les apports d'eau par irrigation varient de 250 mm pour le traitement le plus déficitaire (T₆) à 555 mm pour celui considéré comme étant irrigué en excès (tableau 4).

Tableau 4 : Nombre de jours de stress (NJS) et apport d'eau (mm) (situation générale)

T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅		T ₆	
NJS	mm	NJS	mm	NJS	mm	NJS	mm	NJS	mm	NJS	mm
20	315	0	390	0	555	17	1300	13	250	33	200

Aux dates de dépotage correspondant aux 50^{ème}, 65^{ème} et 80^{ème} jour après semis (jas) pour les traitements T₂, T₄ et T₆ le nombre de jours de stress

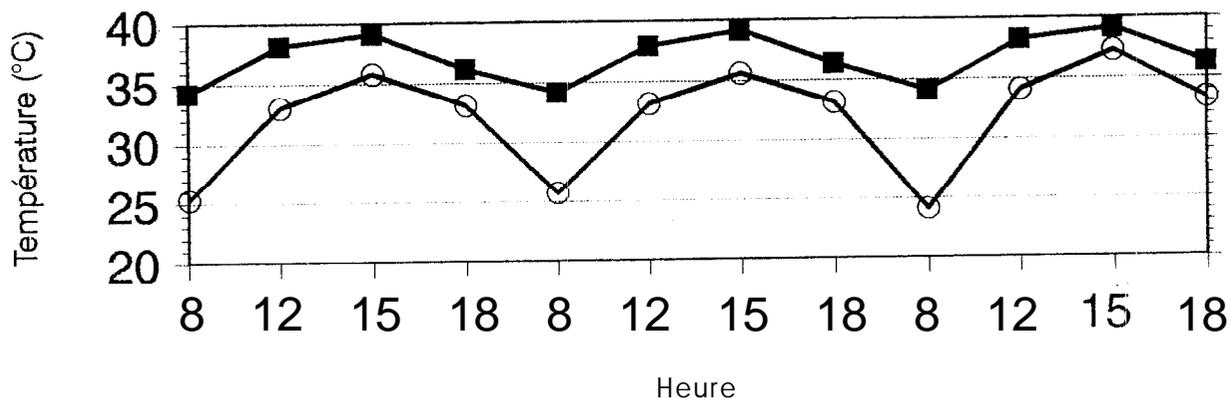


Figure 3 : Situation climatique comparative
 -Température moyenne(X) par 5 jours du 29/9 au 13/10/1993

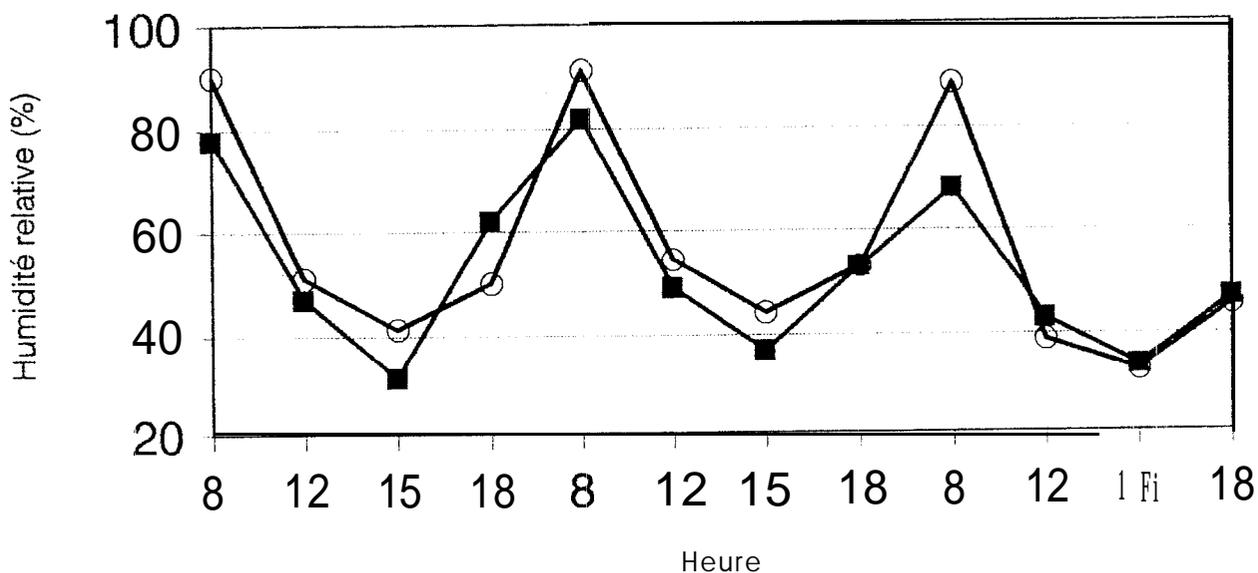
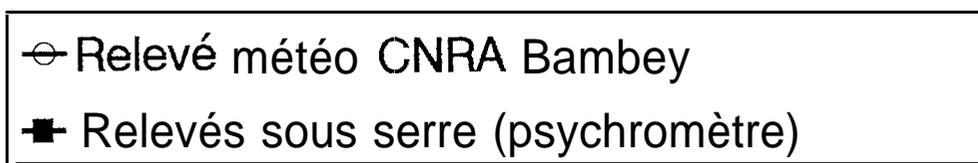


Figure 3 bis : Situation climatique comparative
 -Humidité relative (%) par 5 jours du 29/9 au 13/10/1993

(NJS) et l'apport d'eau par irrigation sont présentés au tableau 5. Par rapport au témoin non stressé (T2) ayant reçu 390 mm au 80^{ème} jas, les traitements T4 et T6 ont subi à partir du 45^{ème} jas des stress de 17 j pour 300 mm et 33 j pour 200 m respectivement (tableau 5).

Tableau 5 : Nombre de jours de stress (NJS) et apport d'eau (mm) en fonction du nombre de jours après semis (JAS) (essai complémentaire)

JAS	T ₂		T ₄		T ₆	
	NJS	mm	NJS	mm	NJS	mm
50 ^{ème}	0	190	2	180	2	180
65 ^{ème}	0	290	17	200	18	180
80 ^{ème}	0	390	17	300	33	200

3.1.2. - Etat pédohydriques du sol

Ces grandeurs déterminées aux: 3 dates de dépotage mentionnées ci-dessus concernent l'humidité pondérale des 2 horizons de surface 0 - 5 et 5 - 10 cm, la densité apparente de l'horizon de surface 0 - 10 cm et le front d'humectation (tableau 6a et 6b).

Tableau 6 : Caractéristiques pédohydriques6a) Front d'humectation et densité apparente

Jas	T ₂		T ₄		T ₆	
	FH	Da	FH	Da	FH	Da
50ème	52 ± 3	1,67 ± 0,03	40 ± 8	1,62 ± 0,02	61 ± 1	1,62 ± 0,09
65ème	48 ± 8	1,62 ± 0,02	47 ± 7	1,59 ± 0,03	35 ± 7	1,61 ± 0,03
80ème	43 ± 11	1,73 ± 0,06	43 ± 1	1,73 ± 0,01	31 ± 4	1,73 ± 0,02

6b) Humidité pondérale et résistance à la pénétrométrie

Jas	T ₂			T ₄			T ₆		
	HP % 5 cm	HP % 10 cm	RP	HP % 5 cm	HP % 10 cm	RP	HP % 5 cm	HP % 10 cm	RP
50ème	0,341	1,05 ±	1,34±	0,2 ±	0,5 ±	1,20±	0,45±	0,7±0,2	1,36±
	0,36	0,4	0,52	0,3	0,5	0,24	0,2		0,31
65ème	1,0±0,3	1,0±0,4	0,95±	0,54±	0,5±0,2	1,10±	0,55±	0,52±	1,11±
			0,21	0,13		0,08	0,12	0,10	0,17
80ème	0,010±	0,010±	1,05±	0,020±	0,026±	1,25±	0,033±	0,036'	0,97±
	0,003	0,003	0,09	0,009	0,01	0,23	0,003	0,004	0,19

La composition granulométrique du soi Dior de Bambey utilisé pour remplir les pots cylindriques en PVC de 0 30 cm et de 1,2 m de longueur est décrite par ailleurs (CHARREAU, 1963 ; DANCETTE, 1970 ; VACHAUD et Coll. 1978).

Le front d'humectation (FH) pour tous les traitements aux différents dépotages n'est pas descendu au delà de 60 cm en général. Cette valeur est faible comparée à celle déterminée au cours de l'hivernage en station ou en milieu réel (M. SENE, 1989). Cependant, le FH traduit bien le mode

d'alimentation en eau mis en oeuvre où il s'agit d'apporter de façon régulière des quantités d'eau correspondant dans le meilleur des cas au besoin de la culture. On est donc assez loin des épisodes très pluvieux rencontrés en condition naturelle.

Les valeurs de densité apparente (d_a) indiquent généralement un tassement progressif du profil résultant entre autres de l'impact des eaux d'irrigation. Pour une même date de dépotage la d_a est identique pour les différents traitements.

La grande variabilité des humidités pondérales (HP) pour les dates de dépotage traduit au niveau du traitement optimum (T_2) l'écart entre la dernière irrigation et la mesure au moment du dépotage.

Les valeurs très faibles de HP au 80^{ème} jas quant à elles traduisent la forte demande en eau de la culture à ce stade compte tenu de son développement végétatif et des conditions climatiques assez contraignantes régnant sous la serre.

Pour les traitements stressés, les HP déterminées sont assez comparables sauf pour l'horizon 0 - 5 cm de T_4 . Enfin les valeurs de résistance à la pénétrométrie déterminées également pour les différentes dates de dépotage sont de l'ordre de kg/cm^2 , mais la faible précision de la mesure obtenue compte tenu de la méthode utilisée (Pocket pénétromètre) n'autorise pas une analyse poussée. Cependant, il semble que l'étroite relation liant la résistance à la pénétrométrie à l'humidité pondérale et à la densité apparente soit vérifiée (Maertens, 1964).

Ainsi, on remarque qu'aux fortes valeurs de HP combinées à de faibles d_a correspondent à de faibles résistances à la pénétrométrie. Les caractéristiques pédohydriques ainsi décrites nous conduisent à l'analyse des caractéristiques agrophysiologiques de la culture.

3.2. Effets de l'alimentation en eau sur l'état hydrique et le développement végétatif

En rapport avec les conditions d'alimentation en eau pour les différents traitements étudiés, un certain nombre de paramètres agrophysiologiques ont été suivis au cours du temps. Pour caractériser l'effet des stress sur l'arachide (variété 73.331, le choix de ces paramètres a porté essentiellement sur :

.. la partie aérienne de la plante : le contenu relatif en eau (CRE) déterminé à 20, 45 et 84^{ème} jas ; les matières sèches, la longueur des rameaux cotylédonaire, la surface foliaire, le nombre total de feuilles et de fleurs aux 3 dates de dépotage (tableau 7a).

Tableau 7a : Partie végétative (moyennes par 3 plants)

	JAS	LRC	LTP	SF	NFTP	Nb fleurs	MS tiges	MS feuilles
T ₂	50ème	24,8	10,7 ± 2,08	1495 ± 504,89	9	41 ± 7,81	7,48 ± 1,88	6,97 ± 1,86
	65ème	42,7	14 ± 1,53	3048 ± 880	13,7 ± 1,63	114 ± 26,85	12,22 ± 5,75	11,82 ± 5,78
	80ème	45,3	18 ± 6,56	2780 ± 2778	13,7 ± 0,58	167	15,10 ± 3,14	13,95 ± 2,6
T ₄	50ème	30	12 ± 3,79	1340 ± 376,39	9	34 ± 6,24	7,33 ± 1,18	6,72 ± 0,83
	65ème	37,3	13,6 ± 1,15	1948 ± 854	10,67 ± 1,67	88 ± 37	10,53 ± 5,52	10,55 ± 5,42
	80ème	37,5	15 ± 2,83	1429 ± 1077	13,50 ± 0,71	95	10,55 ± 4,03	9,75 ± 2,62
T ₆	50ème	36	15 ± 4,19	2635 ± 1714	10 ± 2	42,7 ± 28,68	11,13 ± 8,22	9,67 ± 5,51
	65ème	34	15 ± 1,7	1744 ± 976,90	10,6 ± 2,08	74,67 ± 57,5	9,12 ± 1,88	9,52 ± 3,18
	80ème	26	11 ± 1,41	702 ± 603	9 ± 2,83	74	7,52 ± 1,68	7,07 ± 2,01

LRC = longueur rameaux cotylédonaire

SF = surface foliaire

MS tige = matière sèche tiges

LTP = longueur tige principale

NFTP = nombre de feuilles de la tige principale

MS feuilles = matière sèche feuilles.

3.2.1 - le contenu relatif en eau (CRE)

Le CRE a été mesuré sur l'essai de base et sur l'essai complémentaire aux deux premières périodes du 20^{ème} et 45^{ème} jas, alors qu'il a été déterminé uniquement sur l'essai de base au 84^{ème} jas et non au 90^{ème} jas comme indiqué dans le protocole.

Dans la figure 3, on présente les allures générales du CRE pour les traitements étudiés et aux trois dates de prélèvements. On note un effet significatif des traitements à la troisième date de prélèvement. Aux 20^{ème} et 45^{ème} jas, le CRE déterminé sur l'ensemble des traitements n'est pas significativement différent et avoisine Wes 90 %. A ces dates, on ne met pas en évidence un stress sévère sur l'arachide quelque soit le traitement considéré.

Il apparaît d'ailleurs que le stress de début cycle (T1) de 20 jours, s'il est précédé d'une pluie de semis conséquente comme dans notre cas, n'a pas d'incidence sur le comportement physiologique de l'arachide. Ce résultat confirme celui obtenu antérieurement à Niore dans une expérimentation concernant l'implantation de l'arachide (M. SENE, à paraître).

Au 84^{ème} jas, le CRE varie de 88 % pour les traitements non stressés et modérément stressés à 65 % pour le stress de fin de cycle. Il semble donc que la phase de fructification est la plus sensible à la sécheresse. En ce qui concerne les stress à partir du 45^{ème} jas on remarque que si la période sèche excède 20 jours, le CRE devient limitant même si les conditions d'alimentation en eau qui ont précédé ou suivi sont optimales.

3.2.2. - la partie végétative

a) la floraison

En l'absence de stress de début de cycle, la variété 73-33 a fleuri à 28-29 jas, alors qu'en présence de stress juste après le semis (cas de T₁), la floraison est initiée à 33 jas (données non figurées!).

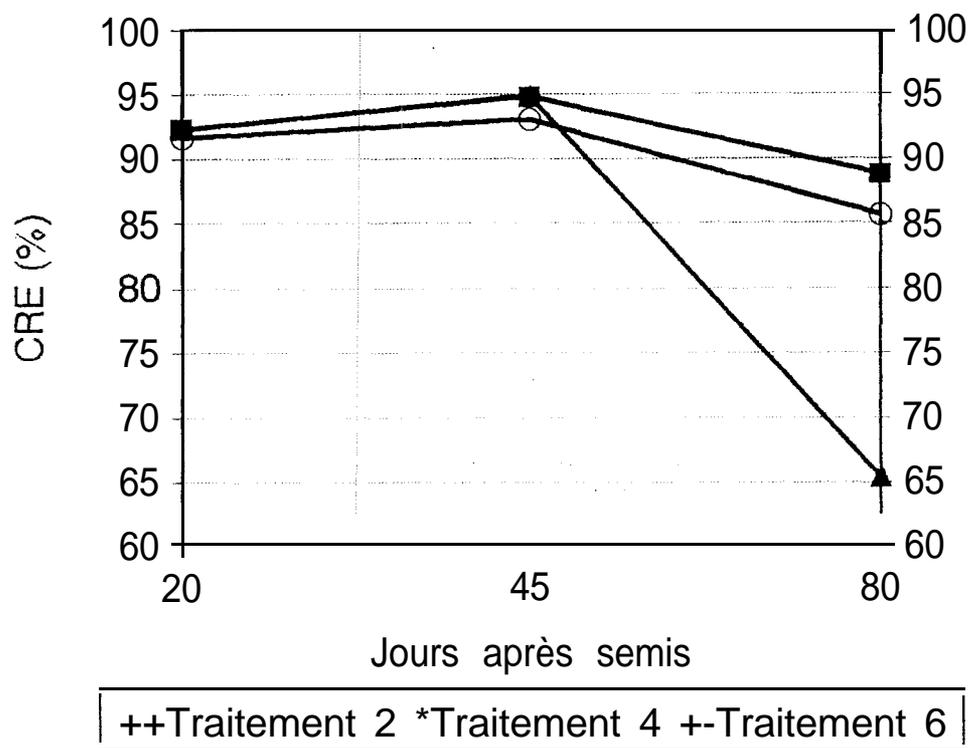


Figure 4 - Evolution du contenu relatif en eau (CRE) au cours de l'expérience pour les différents traitements

Le nombre de fleurs observé au 60^{ème} jas sur l'essai de base est significativement affecté par les traitements . Entre le témoin (T2) et le traitement irrigué par excès (T3) d'une part et les autres traitements déficitaires (T1, T4, T5 et T6), le nombre de fleurs varie du simple au double (données non figurées).

b) longueur des tiges principales et rameaux cotylédonaires.

Les longueurs de la tige principale et des rameaux cotylédonaire ne sont pas différenciées de façon significative par les traitements étudiés (tableau 7a). Les valeurs sont comprises entre 11 et 14 cm.

c) La surface foliaire (SF) et nombre de feuilles de la tige principale (NFTP).

Ces grandeurs ont été déterminées sur l'essai complémentaire aux dates de dépotage (50, 65 et 80^{ème} jas) pour les traitements T2, T4 et T6. Les valeurs moyennes obtenues (tableau 7a) montrent pour SF une augmentation au cours du temps pour T2 et une tendance à la baisse pour les traitements stressés. Ceci est particulièrement vrai pour T6 où le stress a occasionné des chutes de feuilles importantes. L'effet du déficit hydrique réduit significativement SF au 3^{ème} dépotage, les stress trop sévères (T6) pouvant réduire SF au 1/4 de sa valeur par rapport au témoin. NFTP présente à peu près la même allure que SF avec: cependant un tassement au niveau de T6.

d) la matière sèche aérienne

Elle concerne la matière sèche foliaire (MSF) et celle des tiges (MST). Au tableau 7a, on peut montrer que la somme de ces grandeurs moyennes varie de 14,45 à 29,05 g/pied pour T2 et de 20,8 à 14,59 g/pied pour T6 entre les 50^{ème} et 80^{ème} jas respectivement. Là aussi, l'effet dépressif significatif du stress au 80^{ème} jas et la diminution de MS aérienne au cours du temps sur T6 traduit la chute des feuilles observées.

3.2.3. - La partie racinaire

En ce qui concerne l'enracinement, il semble que dans les conditions de l'essai, le maximum pour la masse racinaire est atteint vers le 65^{ème} jas, quelque soit le traitement considéré. La diminution de la masse racinaire au 80^{ème} jas observée sur T₄ et T₆ reflète difficilement la diminution du nombre et de la masse des feuilles et tiges à la même date.

3.3. - Effet de l'alimentation en eau sur la gynophorisation

3.3.1. - la gynophorisation (Fig. 5)

Le nombre de gynophores émis au cours du temps augmente sur les traitements T₂, T₄ et T₆ (tableau 7b). Le nombre de gynophores émis est croissant du 50^{ème} au 80^{ème} jas. Il passe respectivement de 27 à 96, ensuite de 19 à 55 et enfin de 14 à 23 gynophores respectivement pour les traitements T₂, T₄ et T₆.

La date du 50^{ème} jas étant considéré comme le début de l'émission des gynophores, on définit le rythme de cette émission pour les périodes allant d'une part du 50^{ème} au 65^{ème} jas et du 65^{ème} au 80^{ème} jas pour distinguer une phase initiale et une phase finale, et d'autre part du 50^{ème} au 80^{ème} jas pour avoir un rythme moyen sur l'ensemble du cycle. Le tableau 8 montre les rythmes moyens journaliers d'émission des gynophores pour ces trois périodes. De ce tableau il ressort que pour la phase initiale correspondant au début du stress appliqué sur T₄ et T₆ le rythme d'émission des gynophores est identique pour l'ensemble des traitements et égal en moyenne à 1,8 gynophore/jour. Par contre, la phase finale correspondant à une durée de sécheresse de 20 jours pour T₄ et de 33 jours pour T₆, le phénomène est totalement différent. Alors que pour T₂, le rythme d'émission augmente passant à 2,9 gynophores/jour, pour les traitements stressés à partir du 45^{ème} jas, le rythme d'émission décroît notablement pour atteindre 0,3 gynophore/jour. Ce résultat est très concordant avec celui obtenu par Billaz et Ochs (1961).

Pour l'ensemble du cycle, le rythme moyen d'émission de gynophores décroît de 2,3 gynophores/jour pour le T₂ à 0,3 gynophore/jour pour le T₆ en passant par 1,2 gynophore/jour pour le T₄ (tableau 8).

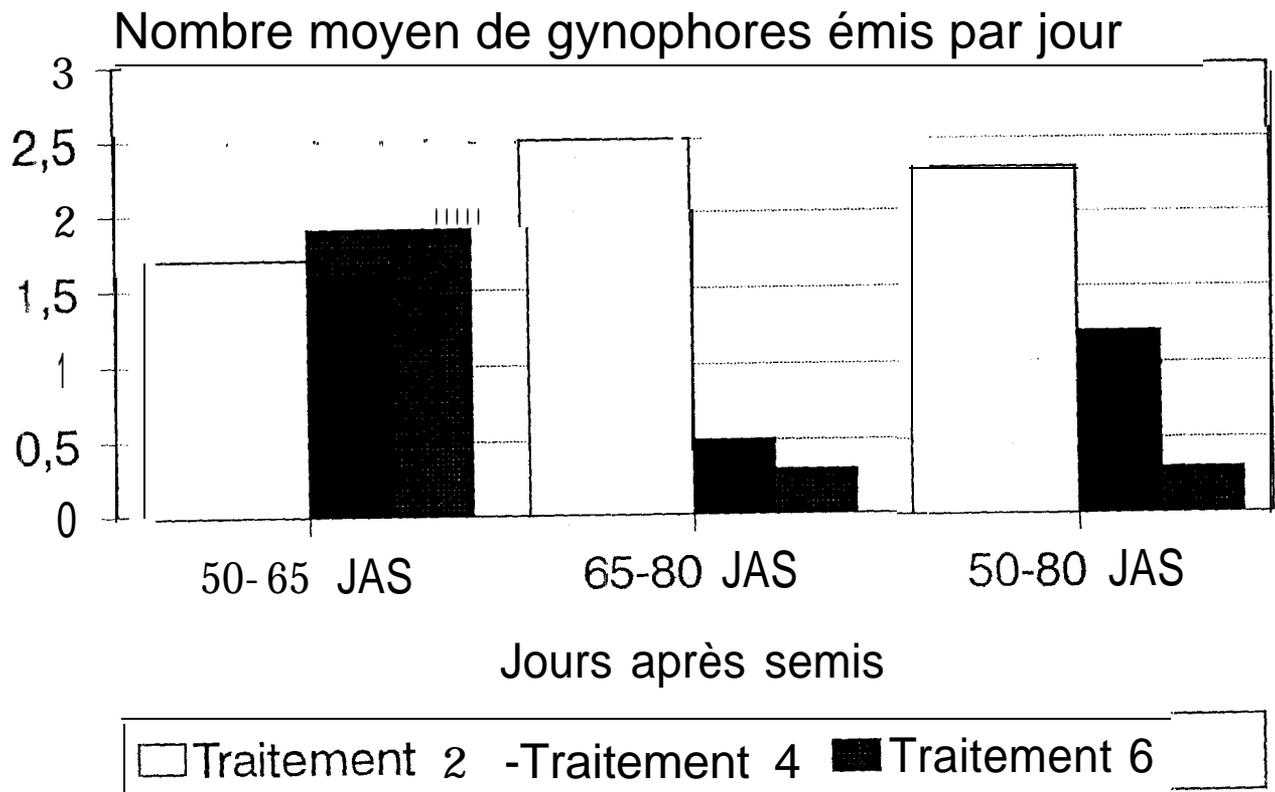


Figure 5 - Rythme moyen journalier d'émission de gynophores en fonction du traitement et du nombre de jours après semis

Tableau 8 : Rythme moyen journalier d'émission de gynophores en fonction du traitement et de nombre de jours après semis (JAS)

JAS	T2	T4	T6
50ème - 65ème	1,7 gynoph./jour	1,6 gynoph./jour	1,9 gynoph./jour
65ème - 80ème	2,9 gynoph./jour	0,5 gynoph./jour	0,3 gynoph./jour
50ème - 80ème	2,3 gynoph./jour	1,2 gynoph./jour	0,3 gynoph./jour

3.3.2 - Relations de corrélation entre le nombre de gynophores et les paramètres suivis en fonction de l'alimentation en eau. (Fig. 6, 7, 8 et 9)

Les corrélations sont déterminées pour chacune des 3 dates de dépotage et sur l'ensemble des données recueillies. On détermine ainsi les corrélations 2 à 2 entre les 15 variables étudiées en général.

Au tableau 9, on présente entre le nombre de gynophores émis considéré comme variable à expliquer et les 14 autres variables considérées comme variables explicatives. Rappelons que ces grandeurs caractérisent aussi bien la plante que les conditions du milieu.

a) au 50ème jas

Ce dépotage caractérise le début de la gynophorisation qui commence vers le 45ème jas. Puisque sur les traitements pris en compte (T2, T4 et T6), la mise en oeuvre du stress n'a eu lieu que 2 jours avant le dépotage, on comprend aisément que NGY ne soit lié à NJSH et à l'apport d'eau par irrigation (IRR).

L'absence de relations significatives entre NGY et les paramètres hydrophysiques du sol peut s'expliquer par le fait que l'alimentation en eau à cette date est presque la même pour les 3 traitements. Le contenu relatif en eau CRE, pour les mêmes raisons que les paramètres hydrophysiques n'est pas significativement corrélé à NGY.

VARIABLE EXPLICATIVE	50ème jours après semis	65ème jours après semis	80ème jours après semis	50-65-80 jours après semis
Nombre de fleurs	0.8927**	0.4619	0.9760***	0.8870***
Millimètres d'eau	-0.0863	0.1575	0.7529*	0.6984***
Longueur rameau cotylédonaire	-0.4213	0.1406	0.9253***	0.6555***
Longueur tige principale	0.8920**	0.7733*	0.8916***	0.7715***
Nombre de jours après semis	-	-	-	0.5198**
Nombre de jours de stress hydrique	0.0863	-0.1507	-0.7535*	-0.1012
Surface foliaire	0.9591***	0.1483	0.8827**	0.5026**
Humidité pondérale (0-5 cm)	-0.0635	-0.0154	-0.8197**	-0.1885
Humidité pondérale (5-10 cm)	-0.0257	0.2764	-0.7539*	-0.1330
Densité apparente	0.0922	-0.2838	-0.3855	0.1446
Front d'humectation	0.4730	-0.0438	0.5334	-0.1177
Nombre de feuilles sur la tige principale	0.8877**	-0.0137	0.6667	0.6207***
Contenu relatif en eau	0.4621		0.5967	0.0101
Résistance à la pénétrométrie	-0.4520	0.1658	0.1486	-0.2611

Tableau 9 Résumé des corrélations entre le nombre de gynophores et les paramètres étudiés avec (***) $\alpha < 0.001$ (**) $\alpha < 0.01$ (*) $\alpha < 0.05$

Les variables significativement corrélées (à 5 % au moins) à NGY sont par ordre décroissant la surface foliaire (SF), la longueur de la tige principale (LTP) le nombre de fleurs (fle) et le nombre de feuilles de la tige principale pour des coefficients de corrélation (r) respectivement égales à 0,9591 ; 0,8927 ; 0,8920 et 0,8877. Il faut noter que ces corrélations significatives sont toutes positives.

b) au 65ème jas

Avec l'augmentation du stress sur T4 et T6 (17 jours) par rapport au témoin non stressé (T2), on commence à mettre en évidence une inversion du sens de la corrélation qui est restée toujours faible, entre NGY et les autres variables telles que NJSH, IRR, le front d'humectation (FH), la densité apparente de surface (Da), l'humidité pondérale 8 10 cm (HP10) et la résistance à la pénétration (RP). Ces relations traduisent bien l'effet de l'apport d'eau tant sur le plan du cumul que sur celui de la répartition sur la gynophorisation.

Seule la LTP est significativement corrélée à NGY au 65ème jas. Cette situation étant très différente de celle décrite au 50ème jas.*

c) au 80ème jas

Avec 0, 17 et 33 jours secs sur T2, T4 et T6 respectivement, on voit s'extérioriser l'effet du stress hydrique à travers les coefficients de corrélation entre NGY et les variables climatiques et pédohydriques. Au seuil de 5 % NGY est significativement corrélé avec NJSH ($r = - 0,75$), avec IRR ($r = 0,75$), avec HP5 ($r = - 0,82$), avec HP10 ($r = - 0,76$).

Par ailleurs NGY est significativement corrélé avec les grandeurs caractérisant l'état agrophysiologique sauf avec le CRE. On note que c'est seulement à cette date que ce dernier commence à prendre de l'importance vis à vis de NGY.

d) Corrélation sur l'ensemble des périodes de dépotage

Les variables prises en compte incluent le nombre de jours après semis (jas). L'analyse du tableau des résultats montre que les fortes corrélations se retrouvent entre NGY et les paramètres agrophysiologiques (à l'exception de

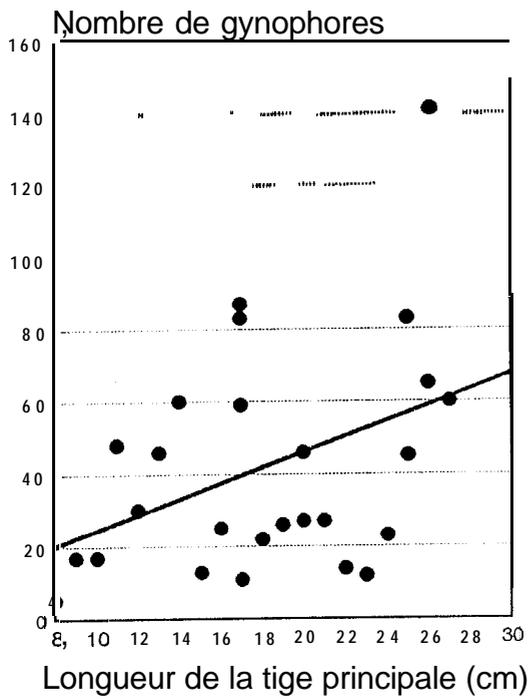


Figure 6 - Expression du nombre de gynophores en fonction de la longueur de la tige principale entre les 50 et 80ème jours après semis

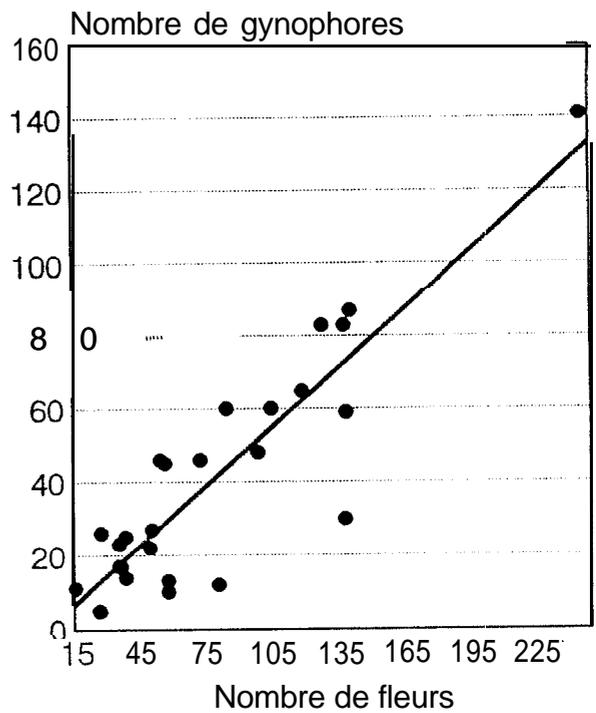


Figure 7 - Expression du nombre de gynophores en fonction du nombre de fleurs entre les 50ème et 80ème jours après semis

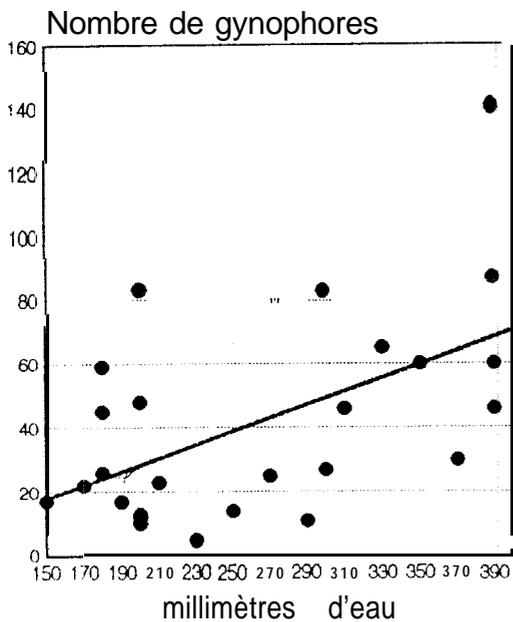


Figure 8 - Expression du nombre de gynophores en fonction de l'irrigation (mm d'eau) entre les 50 et 80ème jours après semis

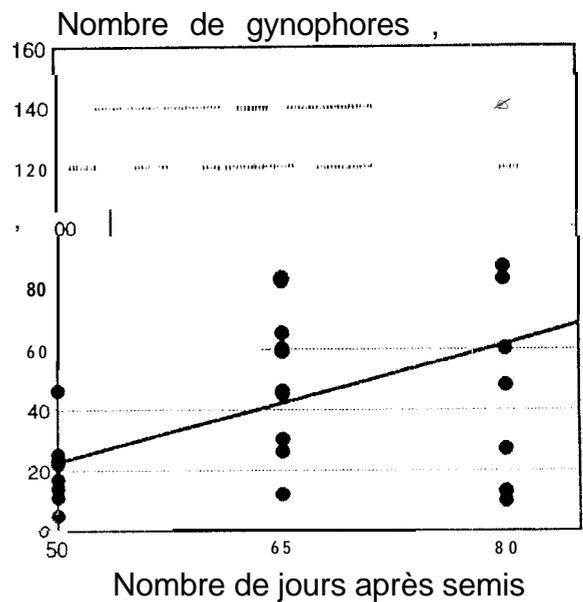


Figure 9 - Expression du nombre de gynophores en fonction du nombre de jours après semis entre les 50 et 80ème jours après semis

Synthèse partielle

L'effet du stress hydrique aussi bien en début de cycle qu'au cours de la fructification sous serre sur l'arachide (variété 73.33) est étudié grâce à un suivi de son état agrophysiologique en rapport avec les caractéristiques hydrophysiques du sol utilisé.

Analysés individuellement dans ce chapitre, les différents paramètres suivis sur l'essai complémentaire, où très souvent des prélèvements destructifs ont été nécessaires, ont en général bien décrit le comportement de l'arachide dans les différentes situations rencontrées.

Pour montrer dans quelle proportion ou hiérarchie le nombre de gynophores et le rythme de leur émission sont liés à ces différentes grandeurs, nous allons nous servir dans ce qui suit de l'analyse multivariée en général et de la régression multiple en particulier. Il s'agit d'une tentative de développement d'un modèle de prédiction portant effectivement sur ces gynophores.

CRE) d'une part et entre NGY et la durée de la culture et le cumul d'irrigation d'autre part, L'absence de corrélations significatives entre NGY et les paramètres du sol pourrait traduire entre autres le caractère instantané de la mesure de ces grandeurs qui sont très fluctuantes au cours du temps.

3.3.3 - Eauations de prédiction du nombre de gynophores

Ces modèles sont développés à l'aide d'analyse multivariée utilisant la régression multiple pas à pas du logiciel statgraphic.

Les équations du modèle pour les 3 dates de dépotage et pour l'ensemble des données sont au tableau 10. Ce modèle portant sur l'ensemble des données, permet de faire des prédictions tout au long du cycle.

Tableau 10 : modèle de prédiction du nombre de gynophores

Période	Modèle	R ²	Seuil de signification
50 jas	$NGY = 0,010426 * SF + 0,312868 * IRR - 56,36800$	0,963	**
65 jas	$NGY = 4,020833 * LTP - 14,319444$	0,5408	*
80 jas	$NGY = 0,484834 * FLE + 1,3288 * LTP - 42,880539$	0,9678	**
au cours du cycle	$NGY = 3,087043 * LTP + 0,269361 * FLE + 0,115511 * IRR - 50,547654$	0,8699	**

*, ** = seuil de signification de 5 et 1 % respectivement.

Ce tableau traduisant les relations de corrélations discutées précédemment permet de mettre en évidence l'importance du comportement physiologique de la plante sur la gynophorisation.

Ainsi au 50^{ème} jas, la surface foliaire et l'apport d'irrigation expliquent jusqu'à 92 % de la variation du nombre de gynophores. Au 65^{ème} jas, par contre on ne peut expliquer que 54 % de la variation de NGY en utilisant la longueur de la tige principale (LTP). On a montré au niveau de l'analyse des corrélations à cette date qu'il y avait une sorte de dilution des effets du fait du début d'expression de la sévérité du stress.

En ce qui concerne le 80^{ème} jas, le nombre de fleurs émis (fle) et LTP expliquent à eux seuls 97 % de la variation de NGY.

Enfin, pour une prédiction au cours du cycle de l'arachide, l'utilisation de LTP, fle et IRR permet d'expliquer 87 % de la variation de NGY;

Dans ces modèles de prédiction, on ne retrouve pas les variables hydrophysiques du sol. Toutefois, les variables agrophysiologiques figurant dans ces modèles sont souvent très corrélées avec ces dernières, c'est le cas par exemple à 65 jas de HPS et IRR ($r = 0,77$). La résistance à la pénétration (RP) et LTP (-0,86) d'une part et 80^{ème} jas de HP5 et IRR ($r = 0,91$), et FLE et HP5 ($r = -0,78$).

3.4. - Effets de l'alimentation en eau sur la fructification

La fructification de l'arachide inclut le nombre total de gousses, de gousses juvéniles, de gousses immatures et de gousses matures, ainsi que la matière sèche aux dates de dépotage (tableau 7b).

3.4.1. - la production de gousses

Le nombre de gousses total dénombré aux 3 dates de dépotage est réparti en 3 lots : gousses juvéniles, immatures et matures.

Au tableau 7b, on présente le nombre et le poids moyen par pied des gousses aux dates de dépotage. En ce qui concerne le nombre de gousses, on a distingué les gousses juvéniles (NGJ) des gousses immatures (NGI) et matures (NGM). La formation de gousses dans des conditions stressées (T₄ et T₆) est comparée à celle observée dans des conditions d'alimentation en eau jugées optimales.

L'application du stress hydrique à partir du début de la gynophorisation s'est traduite par une formation retardée des gousses du 50^{ème} jas par rapport au témoin.

Ce retard étant cependant rattrapé au 65^{ème} jas est amplifié au 80^{ème} jas. Sur T₆ la décroissance du nombre de gousses du 2^{ème} au 3^{ème} dépotage devrait s'interpréter autrement que par la sévérité du stress appliqué.

A partir du 65^{ème} jas, la proportion de NGJ par rapport au nombre total de gousses (NGT) se stabilise autour de 0,5 - 0,6 pour l'ensemble des traitements étudiés. En ce qui concerne NGM, on commence à en identifier à partir du 80^{ème} jas mais le pourcentage décroît de 13 à 0 % quand le stress hydrique augmente.

La matière sèche de gousse (MSG) croît plus rapidement sur T₂ que sur les traitements stressés. Le poids moyen journalier à partir du 50^{ème} jas augmente de 0,30, 0,12 et 0,03 g sur T₂, T₄ et T₆ respectivement.

Ces résultats sur la production de gousses sont compatibles avec ceux relatifs à l'émission des gynophores et confirment l'effet très dépressif du déficit hydrique intervenant entre le 50^{ème} et 85 jas mis en évidence par Billaz et Ochs (1961).

Tableau 7b : Partie souterraine

JAS	Nbre gynophores	Nbre gousses total	Nbre gousses juvéniles	Nbre gousses immatures	Nbre gousses matures	matière sèche gousses	matière sèche racinaire	
T ₂	50ème	27 ± 8	9 1 6	6 ± 2	2 ± 4	0	0,20 ± 00	4,73 ± 2,55
	65ème	52 ± 19	20 ± 13	14 ± 8	6 ± 5	0	4,24 ± 3,73	9,02 ± 4,79
	80ème	96 ± 4,36	46,67 ± 17,24	26 ± 10,58	14,67 ± 9,45	6 ± 0	9,17 ± 3,62	8,33 ± 4,37
J-4	50ème	19 ± 3	6 ± 3	5 ± 2	1 ± 1	0	0,30 ± 0,30	5,10 ± 1,51
	65ème	47 ± 36	18 ± 13	10 ± 7	8 ± 7	0	5,15 ± 4,85	7,57 ± 5,14
	80ème	55 ± 39,60	20,00 ± 7,07	9,5 ± 0,71	8,5 ± 3,54	2 ± 2,83	3,95 ± 2,02	3,75 ± 1,63
T ₆	50ème	14 ± 9	4 ± 4	3 ± 3	1 ± 1	0	0,93 ± 1,36	6,65 ± 2,77
	65ème	43 ± 17	19 ± 11	13 ± 8	5 ± 1	1	2,55 ± 2,69	7,58 ± 3,97
	80ème	23,67 ± 21,13	7,33 ± 5,77	4,33 ± 2,52	3 ± 3,61	0	1,85 ± 2,08	3,5 ± 2,08

IV - CONCLUSION GENERALE

L'étude de la gynophorisation de l'arachide (variété 73-33) a été faite en relation avec les stress hydriques intervenant soit au début du cycle, soit à partir de l'apparition des gynophores.

Les modalités de l'alimentation hydrique faisant ressortir aussi bien la hauteur pluviométrique (mm) que la fréquence d'apport, il a paru très important de coupler suivi pédohydrique et suivi agrophysiologique.

Ces différents suivis ont permis de bien cerner l'évolution de certains paramètres clés pouvant affecter la gynophorisation. Ces paramètres incluant sur le plan hydrophysique la densité apparente, l'humidité, la résistance à la pénétration des horizons de surface des sols et le front d'humectation et sur le plan agrophysiologique les variables telles que le contenu relatif en eau, le nombre de fleurs et les longueurs des tiges.

L'effet du stress hydrique (déficit) sur la péjoration des paramètres hydrophysiques du sol se traduit par des performances physiologiques d'autant plus médiocres que la sévérité du stress est plus importante et qu'il intervient tard pendant la période de gynophorisation.

Suivant les périodes de mesure (début, milieu ou fin de la phase de fructification), on note des relations de corrélations plus ou moins différenciées entre les gynophores émis et les autres variables suivies. Mais d'une façon générale les plus fortes corrélations sont souvent observées entre le nombre de gynophores d'une part et les variables agrophysiologiques telles que le nombre de fleurs total, la surface foliaire, la longueur de la tige principale d'autre part.

A des dates précises ou au cours du cycle de l'arachide dans les conditions de l'expérimentation, il est possible, grâce au développement d'un modèle de prédire le nombre total de gynophores émis.

Ce travail est d'autant plus intéressant qu'il constitue une base de connaissances très importante pour la deuxième partie de l'expérimentation qui vise l'étude de l'effet des états hydromécaniques des horizons de surface du sol sur la pénétration des gynophores émis.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEROSE D. (1984). Réponse d'une variété d'arachide seumise à des sécheresses d'intensité croissante durant différentes phases de son cycle. Doc. ISRA, 41 pp.

ANNEROSE D. , DIAGNE M. (1990). Caractérisation de la sécheresse agronomique en zone semi-aride :

I - Présentation d'un modèle simple d'évaluation appliquée au cas de l'arachide cultivée au Sénégal ;

II - Evaluation des formes de sécheresse agronomique de l'arachide au Sénégal par simulation du bilan hydrique de la culture.

ANNEROSE D. (1988). Critères physiologiques pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse de l'arachide. Oléagineux, vol. 43, n°5, mai 1988.

BILLAZ R., OCHS R. (1961). Stade de sensibilité de l'arachide à la sécheresse. Oléagineux, 16ème année n°10, octobre 1961.

CHOPART J. L., NICOU R. (1989). Vingt ans' de culture continu avec ou sans labour au Sénégal. 269 - 281, septembre 1989.

DANCETTE C. (1984). Contrariétés pédoclimatiques et adaptation de l'agriculture à la sécheresse en zone intertropicale 24 - 27/09/1984. CIRAD-ISRA, 27 - 39.

PREVOT P. (1949). Croissance et développement de l'arachide. Oléagineux, 4ème, n° 1, janvier 1949, 11 pp.

GIRARD X. (1987). Modélisation des effets climatiques sur la production d'arachide au Sénégal. Décembre 1987.

MAERTENS C. (1964). La résistance mécanique des sols à la pénétration : ses facteurs et son influence sur l'enracinement ; Ann. Agron., 1964 15 (51, 539 - 554.

La sécheresse en zone intertropicale Pour une lutte intégrée - Actes du colloque "Résistance à la sécheresse en milieu intertropical : quelles

recherche pour le moyen terme ? " organisé à Dakar Ngor du 24 au 27 septembre 1984 par le CIRAD-ISRA.

Atelier de formation aux techniques d'étude de l'eau dans le système sol-plante-, atmosphère. Mhour, 30 novembre - 10 décembre 1992. Rapport de synthèse.

H.R.C. Nageswara Rao, J.H. William, M.V.K. Sivakumar, and K.D.R. Wadia, 1988.
Effect of water deficit at different Growth of II. Response to Drought during Preflowering Phase.
Agron.J, Vol.80

S.C. Chapman, M.M. Ludlow, F.P.C. Blamey and K.S. Fischer. 1992.
Effect of drought during early reproductive development on growth of cultivars of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) II. Biomass production, pod development and yield. *Feld crops Research*, 32 (1993) 21 1-225. Elsevier Science Publishers B.V Amsterdam.

J. Levi tt, 1980. Responses of plants to environmental stress. Academic Press. New York.

N.C. Turner, 1986. Adaptation to water deficits. A changing perspective. *Aust. J. Plant Physiol*, 13, p. 175.190.

Shen Yu-Jun et An ke, 1988. Effet du contrôle de la croissance des gynophores pendant le début de la floraison de l'arachide oléagineux, vol 43, n° 3 - mars 1988.

M. Sène, 1989 Quelques caractéristiques de l'enracinement de l'arachide dans le sud-est du bassin arachidier du Sénégal. ISRA 20 p.

M. Sène. (à paraître). Effet des propriétés hydrophysiques du sol sur les phases d'installation et de fructification de l'arachide au Sahel. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques.