

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

ECOLE NATIONALE
SUPERIEURE AGRONOMIQUE
MONTPELLIER

INSTITUT NATIONAL DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE
LAON

THESE

CN0101349
p339
5 - J

présentée à l'École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier
pour obtenir le DIPLOME DE DOCTORAT en SCIENCES AGRONOMIQUES

**INFLUENCE DE L'ETAT HYDRIQUE
ET DU COMPORTEMENT MECANIQUE DU SOL
SUR L'IMPLANTATION ET LA FRUCTIFICATION
DE L'ARACHIDE**

par

SENE Modou

26/12/95
702/15
SM

Soutenue le 3 mai 1995 devant le jury composé de:

REMY Jean-Claude
MANICHON Hubert
MEYNARD Jean-Marc
GUERIF Jérôme
MOREAU Roland
GANRY Francis
RICHARD Guy

Président du jury
Rapporteur
Rapporteur
Directeur de thèse
Examineur
Examineur
Examineur

CHAPITRE I : Introduction. Le contexte arachidier

1.1. Contexte général	1
1.1.1. Généralités	1
1.1.2. Evolution de la production.....	
1.1.3. Dynamique des systèmes agraires à base d'arachide.....	3
1.1.3.1. Généralités sur le milieu physique du bassin arachidier	
1.1.3.1.1. le climat	
1.1.3.1.2. les sols	
1.1.3.2. Evolution des systèmes agraires	
1.1.3.2.1. Avant l'introduction de la culture de l'arachide	
1.1.3.2.2. De l'introduction de l'arachide à 1964	
1.1.3.2.3. La période actuelle	
1.1.3.3. Nécessaire amélioration de la maîtrise des rendements dans le bassin arachidier	
1.2. Importance des facteurs physiques liés au sol dans l'élaboration du rendement de l'arachide au Sénégal	6
1.2.1. Contexte climatique.....	6
1.2.1.1. La saison des pluies	
1.2.1.2. L'évolution climatique en cours	
1.2.2. L'arachide.....*	8
1.2.2.1. La phénologie	
1.2.2.1.1. Les stades	
1.2.2.1.2. La germination et la préfloraison	
1.2.2.1.3. La phase reproductive et la maturation	
1.2.2.2. Composantes du rendement	
1.2.2.3. Résistance à la sécheresse	
1.2.2.4. La carte variétale	
1.2.3. Facteurs physiques de l'élaboration du rendement.....	12
1.2.3.1. Implantation et conditions physiques	
1.2.3.1.1. L'imbibition	
1.2.3.1.2. La germination et la levée	
1.2.3.1.3. Pratiques culturales	
1.2.3.2. La fructification	
1.2.3.2.1. Les principaux facteurs environnementaux	
1.2.3.2.2. Pratiques culturales	
1.2.3.3. La récolte	
1.2.3.3.1. Maturation et pertes de gousses au soulèvement	
1.2.3.3.2. Pratiques culturales	
1.3. Objectif du travail.....	19

CHAPITRE II : Analyse fréquentielle des conditions pluviométriques dans le bassin arachidier du Sénégal

2.1. <i>Introduction</i>	20
2.2. <i>Matériel et méthode</i> d'étude.....	20
2.2.1. Matériel	20
2.2.2. Méthode	21
2.2.2.1. Principe	
2.2.2.2. Pluie de semis de l'arachide	
2.2.2.3. Définition du degré de précocité de la saison des pluies	
2.2.2.4. Variables retenues pour la caractérisation des différentes phases de la culture	
2.3. <i>Résultats</i>	24
2.3.1. Evolution de la pluviométrie annuelle.....	24
2.3.2. Analyse de l'implantation de la culture de l'arachide	24
2.3.2.1. Date et hauteur de la pluie de semis	
2.3.2.2. Structure des saisons des pluies en début de cycle	
2.3.2.3. Discussion et conclusion	
2.3.3. Analyse de la pluviométrie au cours de la fructification	29
2.3.3.1. Description des conditions pluviométriques de la fructification	
2.3.3.2. Distribution des périodes sèches pendant la fructification	
2.3.3.3. Influence du type de saison des pluies sur la pluviométrie lors de la fructification	
2.3.3.4. Conclusion	
2.3.4. Analyse de la pluviométrie lors de la récolte	32
2.3.4.1. Distribution des pluies par rapport aux dates de récolte	
2.3.4.2. Conclusion	
2.4. <i>Conclusion sur l'analyse fréquentielle des conditions pluviométriques de la culture de l'arachide</i>	35

CHAPITRE III : Implantation de l'arachide

3.1. <i>introduction</i>	36
3.2. <i>Matériel et méthode</i>	36
3.2.1. Caractéristiques du dispositif.	36
3.2.1 .1. Le site	
3.2.1.2. Caractéristiques des traitements étudiés	
3.2.2. Contrôles et mesures réalisés à la mise en place de l'essai.....	41
3.2.2.1. Caractérisations physiques	
3.2.2.2. Caractérisations hydriques et hydrodynamiques	
3.2.2.3. Profondeur de semis	

3.2.3. Mesures réalisées au cours de l'essai	44
3.2.3.1 .Conditions climatiques	
3.2.3.2. Suivi du comportement physique du soi	
3.2.3.3. Suivi des caractéristiques du peuplement	
3.3. Résultats*	47
3.3.1. influence de la pluie de semis et des types de sarclages sur les paramètres hydriques et thermiques du sol	47
3.3.1.1 .Evolution des profils d'humidité	
3.3.1.2. Les stocks hydriques	
3.3.1.3. Evolution de l'évaporation	
3.3.1.4. Humidité de surface et évaporation du sol nu	
3.3.1.5. La température du lit de semences	
3.3.2. Effets des traitements sur le comportement de l'arachide en début de cycle	52
3.3.2.1 .La levée de l'arachide	
3.3.2.2. Evolution de la densité de population	
3.3.2.3. Evolution de la matière sèche	
3.3.2.4. Evolution du contenu relatif en eau (CRE)	
3.3.2.5. CRE et mortalité des plants	
3.3.3. Relation entre l'état hydrique du sol et l'implantation de l'arachide.	57
3.3.3.1 .Implantation de la culture et humidité de surface du sol	
3.3.3.2. Statut hydrique du sol et développement végétatif après la levée	
3.3.4. Conclusion sur les conditions d'implantation“... ..	65

CHAPITRE IV : Fructification de l'arachide. Analyse de la pénétration des gynophores en relation avec l'état hydrique et physique de la surface du sol

4.1. Introduction générale.....	67
4.2. Analyse de l'émission des gynophores en fonction de l'alimentation en eau	67
4.2.1. Objectif.	67
4.2.2. Matériel et méthodes	68
4.2.2.1. Matériel	
4.2.2.2. Les traitements	
4.2.2.3. Dispositif	
4.2.2.4. Techniques culturales	
4.2.2.5. Observations et mesures	
4.2.3. Résultats	71
4.2.3.1. Comportement physique et hydrique dans les tubes au cours de l'essai	
4.2.3.2. Alimentation hydrique et comportement de la culture	
4.2.3.3. Transformation des fleurs en gynophores , et des gynophores en gousses en rapport avec l'alimentation hydrique	
4.2.4. Discussion et conclusion“.....	81

4.3. Analyse de la pénétration des gynophores en fonction de l'état hydrique et physique de la surface du sol	82
4.3.1. Matériel et méthodes	82
4.3.1.1. Matériels	
4.3.1.2. Les traitements	
4.3.1.3. Techniques culturelles	
4.3.1.4. Observations et mesures	
4.3.2. Résultats	87
4.3.2.1. Cinétiques de dessèchement de la surface du sol	
4.3.2.2. Relation entre la résistance mécanique à la pénétration , la teneur en eau et la densité apparente de l'horizon superficiel du sol	
4.3.2.3. Effet de l'alimentation en eau sur le comportement végétatif	
4.3.2.4. Relation entre la pénétration des gynophores, de la teneur en eau pondérale et la résistance mécanique à la pénétration	
4.4. Discussion et conclusion	95

CHAPITRE, V : Analyse des pertes de rendement à la récolte

5.1. Introduction	96
5.2. Matériel et méthodes	97
5.2.1. Matériel	97
5.2.2. Les traitements	98
5.2.3. Le dispositif	99
5.2.4.1-a culture	99
5.2.5. Observations et mesures	101
5.3. Résultats	102
5.3.1 Etats hydrique et physique des horizons superficiels du sol aux dates de récolte	102
5.3.2. Caractéristiques de l'opération de récolte	103
5.3.3. Les rendements aux différentes dates de récolte	104
5.3.4. Relation entre les pertes de rendement et la profondeur de récolte	105
5.4. Discussion et conclusion	106

CHAPITRE VI

6.1. Conclusion générale	107
BIBLIOGRAPHIE	113
LISTE DES FIGURES	121
LISTE DES TABLEAUX	125

AVANT-PROPOS

Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme pluridisciplinaire Gestion des Ressources Naturelles en Zone Sèche mis en place par l'ISRA, en collaboration avec le CIRAD et l'ORSTOM. Je tiens donc à remercier vivement le Directeur Général de l'ISRA pour m'avoir autorisé à le faire.

J'exprime ma profonde gratitude au Professeur J.C.REMY pour la confiance placée à mon endroit en acceptant mon inscription en thèse. Il m'a toujours encouragé et prodigué des conseils très utiles qui m'ont aidé à mieux organiser ce travail. Je tiens particulièrement à le remercier pour sa disponibilité et la qualité de ses réflexions.

Je suis scientifiquement et moralement redevable à Monsieur J.GUERIF, Directeur de Recherches à l'INRA de Laon. En tant que directeur de thèse, sa contribution a été déterminante à toutes les étapes de ce travail. Sa mission au Sénégal en 1992 a permis notamment d'orienter ce travail pour le rendre complémentaire aux deux thèses déjà en cours au sein du même programme. Je ne le remercierai jamais assez de m'avoir accueilli dans son laboratoire où il m'a consacré beaucoup de son temps pour imprimer rigueur et concision à ce travail.

Mes remerciements vont au Professeur H.MANICHON, Chargé de Mission au CIRAD, pour avoir accepté d'être rapporteur de cette thèse et de participer au jury, malgré ses nombreuses préoccupations.

J'exprime également mes sincères remerciements à Monsieur J.M. MEYNARD, Directeur de Recherches à l'INRA, Unité d'agronomie de Thiverval-Grignon, pour l'honneur qu'il me fait d'accepter de juger ce travail.

Je prie Monsieur R. MOREAU, Directeur de Recherches à l'ORSTOM de Montpellier, de bien vouloir accepter mes sincères remerciements pour sa participation au jury.

J'exprime ma profonde gratitude à Monsieur G. RICHARD, Chargé de Recherches à l'INRA de Laon, spécialiste des problèmes d'implantation des cultures, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail. Ses critiques et remarques ont été déterminantes aussi bien pour l'interprétation des données que pour la rédaction du manuscrit. Je le remercie enfin d'avoir accepté d'être membre de mon jury.

Ce travail n'aurait jamais pu être réalisé sans la coordination déterminante de Monsieur F. GANRY, Responsable de l'Unité de Recherche Fonctionnement et Conditions du Milieu au CIRAD-CA. En m'accueillant en stage en 1991 dans son laboratoire, il a noué tous les contacts nécessaires pour mon inscription en thèse; ceci à la suite de longues et fructueuses discussions. Il m'a mis notamment en rapport avec le Professeur REMY et le Professeur MANICHON. Qu'il trouve ici le témoignage de mon amitié et de ma sincère reconnaissance. Je suis heureux qu'il ait accepté de mettre à contribution ses compétences et sa longue expérience de recherche en zone tropicale sèche pour être membre du jury.

Cette thèse doit beaucoup à l'esprit d'équipe qui a prévalu au sein de ce programme. Mes remerciements s'adressent à tous mes collègues : P. PEREZ, M. DIATTA ont en particulier su entretenir la collaboration nécessaire pour une bonne valorisation des nombreux résultats obtenus.

La conduite de ce travail de thèse en alternance jusqu'à son terme a nécessité des soutiens logistique et financier aussi bien pour les expérimentations sur place au Sénégal, que pour le séjour en France lors de l'exploitation des données et la rédaction de ce mémoire. Pour son soutien constant et ses encouragements tout au long de ce travail, je tiens à remercier très sincèrement Monsieur A. BA, Directeur de la DRCSP, au CNRA de Bambey. Mes remerciements vont également à D.Y. SARR, Coordinateur Principal de l'ISRA de Kaolack, pour sa collaboration.

J'apprécie à sa juste valeur le concours de l'ORSTOM. J. ALBERGEL n'a pas ménagé ses efforts pour encourager la collaboration avec l'équipe de l'ISRA dans le sud du Bassin Arachidier. Je lui suis reconnaissant d'avoir parrainé, pendant trois ans, mon statut de chercheur associé qui m'a permis de faire face aux contraintes budgétaires liées à l'expérimentation. J'associe E. BRAUDEAU à mes remerciements pour sa collaboration pour les aspects pédologiques.

L'appui méthodologique et logistique du **CERAAS** et du service de la Bioclimatologie du CNRA de **Bambey** a été déterminante lors de la conduite des essais. Je saisis l'occasion qui m'est offerte ici pour adresser mes **sincères** remerciements à Monsieur D.J.M. **ANNEROSE** et Monsieur M. **DIAGNE** ainsi qu'à leurs personnels respectifs pour la qualité de leur travail.

J'exprime également ma gratitude à M. **FORTIER** du CIRAD-CA pour la qualité du travail d'analyse en laboratoire réalisé et pour m'avoir fait profiter en toute modestie de son expérience.

Je remercie très sincèrement le Ministère Français de la Coopération qui m'a accordé une bourse sans laquelle je n'aurais pu assurer mes séjours en France.

J'exprime ma profonde reconnaissance à l'ensemble du personnel de l'INRA de Laon pour l'accueil sympathique et le soutien permanent aussi bien scientifique que moral durant mon séjour, plus **spécialement** A. **MARIN-LAFLECHE** pour son appui dans les analyses statistiques. Je ne saurais passer sous silence l'appui apporté, à divers degrés, par les chercheurs ci-après: F. **DEVIIENNE**, D. **ANGERS**, V. **JETTEN**, S. **RECOUS**, B. **LUDWIG** et N.**BEAUDOIN**.

Je tiens à remercier Joëlle **HAPILLON** pour avoir assuré avec tant de gentillesse la mise en forme de ce document.

Je tiens à rendre un hommage mérité à l'équipe technique du programme qui m'a assuré avec beaucoup de sérieux et de compétence de sa disponibilité pour la réalisation des travaux de terrain: **P.M. GUEYE**, **P.S. SARR**, **M. DIOP**, **M. NIANG**, **P.O. DIEYE**, **A. GUEYE** et **N. N'DIAYE**

Je remercie S. **NIANG**, Chef de la Station de Nioro, pour sa collaboration

Enfin, pour les longues périodes d'absence, je demande pardon à mon épouse **BOUSSO** et à mes enfants **GANA**, **SALANE**, **ASTOU**, **BABA** et **ALIOUNE**.

Cette thèse est dédiée à la mémoire de Niokhor N'Gom

Résumé

Dans les conditions de pluviométries incertaines du Sahel, outre les risques induits par une **sécheresse** lors de la phase d'implantation, la nature souterraine de la fructification de l'arachide **confère** à l'état physique des couches de surface du sol un rôle déterminant dans la réussite de la fructification et de **la** maturation-récolte.

L'analyse fréquentielle des pluies et des périodes sèches a pu démontrer l'étroite relation entre la précocité de la saison des pluies et la distribution des périodes sèches dans le cycle **cultural**.

L'analyse de l'incidence de la sécheresse sur la germination, la levée et le comportement de la plantule a été réalisée pour différentes hauteurs de pluie de semis. Comparé au sarclage de prélevée traditionnel à plat, le sarclage de prélevée avec ou sans enfouissement de fumier permet de conserver l'humidité du lit de semences. **Cet** effet est d'autant plus bénéfique sur la densité à la **levée** que la pluie de semis est faible. Le sarclage de prélevée favorise aussi la survie des plantules.

Un stress hydrique en début de fructification active, en plus de la diminution sensible du rythme d'émission des gynophores qu'il occasionne, augmente le risque d'occurrence d'une maturation non homogène des gousses en fin de cycle. La pénétration dans le sol des gynophores est étroitement liée à l'état hydrique et mécanique de la surface du sol. L'étude met en évidence des valeurs seuils de teneur en eau et de résistance à la pénétration de la surface du sol.

Les pertes de rendement en gousses sont d'autant plus importantes que la **récolte** est tardive. Avec la fin de la saison des pluies, l'augmentation de la prise en masse des horizons superficiels limite le **volume** de sol concerné par le soulevage et donc la quantité de gousses récoltée.

Mots-clefs : Arachide • Sénégal • Composantes du rendement • Sécheresse • Implantation de la culture • Pénétration du gynophore • Etat hydrique et mécanique du sol • Techniques culturales.

CHAPITRE 1 :

INTRODUCTION

Le contexte arachidier

1.1 CONTEXTE GENERAL

1.1.1. GÉNÉRALITÉS

L'arachide (*Arachis hypogaea*) est une plante légumineuse originaire d'Amérique Latine (Hammons, 1982). Sa domestication en tant que culture vivrière par les Indiens remonte à environ 3500 ans (Krapovickas, 1968 cité par Hammons, 1982). Des recherches archéologiques au Pérou où les toutes premières identifications de la plante ont eu lieu confirment l'antériorité de sa domestication par rapport à celle du maïs est aussi originaire du même continent (Birds, 1948). La période colombienne a permis sa dissémination par les portugais au XVI ème siècle en Afrique Occidentale et en Inde. Simultanément son aire de production s'étendit à d'autres pays de l'Asie via les Philippines où les espagnols l'ont introduite. La réadaptation dans ces différents écosystèmes a permis son introduction à partir de l'Afrique en Amérique du Nord par le biais de l'esclavage (Hammons, 1982). Elle constitue l'une des plus importantes légumineuses vivrières dans le monde; sa graine contient 40 à 48 % d'huile, et 25 à 30 % de protéine. De plus sa rusticité et sa capacité à fixer efficacement l'azote atmosphérique lui permettent de s'adapter aux conditions climatiques des zones tropicales semi-arides, et d'assurer des productions non négligeables en gousses et en fanes sur des sols à faible niveau de fertilité. Ceci explique l'intérêt que portent les pays en développement, comme ceux du Sahel, à cette culture qui occupe une place de choix dans l'alimentation humaine et animale.

Au plan mondial, la production annuelle a régulièrement augmenté pour se stabiliser depuis deux décennies autour de 20 millions de tonnes dont 50 % proviennent de l'Asie, 30 % de l'Afrique et 20 % de l'Amérique (Annerose, 1990). L'Inde, la Chine et les Etats Unis d'Amérique sont les trois premiers producteurs mondiaux.

Plus de 50 % de la production est autoconsommée, soit près de 2/3 des fournitures en lipides dans l'alimentation des pays tropicaux (Bockelée-Morvan, 1986).

En ce qui concerne l'Afrique en général, et le Sahel en particulier, l'évolution de la production s'est sensiblement dégradée depuis la fin des années 60. La sécheresse persistante des 20 dernières années ainsi que des défaillances dans l'organisation de la filière de commercialisation en sont les principales causes.

1.1.2. EVOLUTION DE LA PRODUCTION DE L'ARACHIDE AU SÉNÉGAL

Depuis son introduction en Afrique jusqu'au début du XIXème siècle, la culture de l'arachide est restée marginale et très peu connue des populations vivant loin des côtes. C'est seulement vers 1840 qu'elle s'est progressivement imposée comme culture de rente sous l'impulsion du pouvoir colonial.

L'extension du réseau ferroviaire a favorisé la culture à l'intérieur du continent et la commercialisation. Ainsi, les exportations du produit vers la France pour les besoins des huileries ont régulièrement augmenté; passant de moins de 200 tonnes en 1845 à 800000 tonnes en 1958 (Fig. 1.1). La mise en culture de nouvelles terres de défriche à partir du Nord vers le Sud dans la zone désormais connue sous le nom de Bassin Arachidier (Fig. 1.2) et l'adoption progressive de la mécanisation attelée dans des conditions pluviométriques jusque là favorables ont sans aucun doute contribué à un tel essor. La relative prospérité que connaissait le pays à cette époque reposait entièrement sur la production de l'arachide (Henri, 1907).

Après l'indépendance en 1960, l'arachide est demeurée le premier produit d'exportation et donc la première source de devises du Sénégal. Au cours de cette période, alors que la production atteignait la barre d'un million de tonnes, l'objectif de 1200000 t par an apparaissait réaliste. Cependant la période de sécheresse actuelle et la désorganisation progressive de la filière ont conduit à une stagnation de la production nationale autour de 500000 tonnes par an.

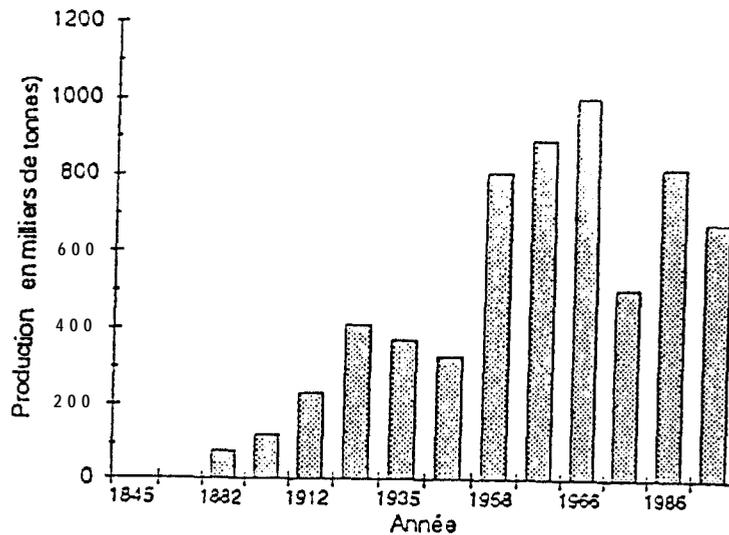


Fig 1.1 Evolution de la production de l'arachide au Sénégal.

Le développement de la culture est étroitement lié à la dynamique des systèmes agraires. C'est dans ce contexte qu'il convient d'analyser les problèmes actuels de la production. Il s'agit de trouver un compromis entre la nécessité d'accroître les productions vivrières céréalières pour l'autosuffisance alimentaire et le maintien de l'arachide comme culture principale d'exportation.

Sires d'étude

1: Louga

2: Bambe

3: Nioko

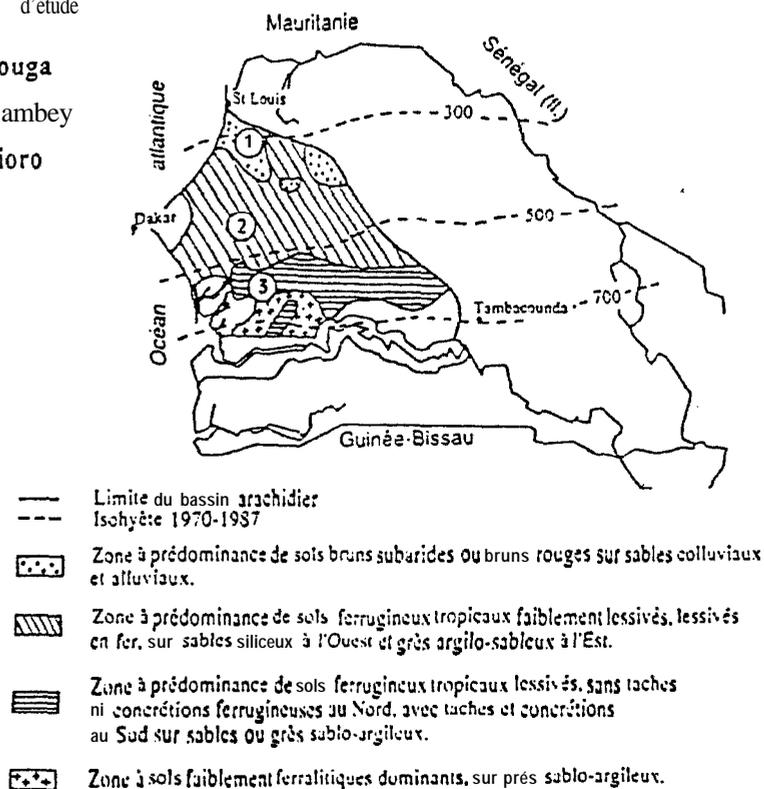


Fig. 1.2 Le Bassin arachidier au Sénégal.

1.1.3. DYNAMIQUE DES SYSTÈMES AGRAIRES À BASE D'ARACHIDE

1.1.3.1. GÉNÉRALITÉS SUR LE MILIEU PHYSIQUE DU BASSIN ARACHIDIER

Cette zone à agriculture essentiellement pluviale s'étend sur 1/3 environ de la superficie nationale, elle concentre 40 % de la population estimée à 7 millions d'habitants.

1.1.3.1.1. Le climat

Du nord au sud du Bassin arachidier, on passe du climat tropical sahélo-soudanien à celui de type soudanien. Le régime pluviométrique monomodal fait intervenir une saison des pluies (ou hivernage) variant de 3 à 5 mois entre Juin et Octobre. Les maxima de **pluviométrie** restent localisés aux mois d'**Août** et Septembre. Cette zone était encadrée par les isohètes 500 et 900 mm jusqu'en 1967, **date d'apparition** des grandes sécheresses. Mais, **entre 1967 et 1985** ces valeurs sont tombées respectivement à 300 et 700 mm (Annerose, 1988; Affholder, 1994). Avec une moyenne annuelle de **28 à 30°C** la température manifeste des écarts plus prononcés pendant la saison sèche (20°C environ) que pendant la saison des pluies. L'humidité relative au cours des deux périodes est respectivement de 30-35 % et de 70-80 %.

1.1.3.1.2. Les sols

Le Bassin arachidier est situé entre les basses vallées des fleuves Sénégal et Gambie. La **couverture** géologique est caractérisée par les dépôts sédimentaires du Continental Terminal mis en **place** à la fin du Tertiaire sous l'action d'un climat sub-aride, en période de rhexistase (P. Michel, 1973).

Les sols identifiés sont en étroite relation avec le modelé. En fait, leur répartition traduit l'évolution **géomorphologique**. Dans le domaine soudanien qui nous intéresse, on observe deux types de sols à sesquioxides répartis comme suit :

- /// sur modelé plat dans le centre-nord et le nord : sols ferrugineux tropicaux peu lessivés. Ce sont des sols sableux dunaires très profonds dépourvus d'horizon B argilique ;
- /// sur modelé en bas plateaux mollement ondulés dans le centre-sud et le sud : sols ferrugineux tropicaux lessivés. Leur profondeur est variable. L'horizon B argilique caractéristique peut présenter des concrétions, **ou** même des indurations. Les cuirasses ferrugineuses généralement formées en profondeur sont affleurantes par endroits sur les plateaux et les glacis. Le mécanisme de leur formation traduit le rôle important joué par le modelé. Ainsi, **sur** les surfaces à faibles pentes, les oxydes de fer résultant de l'altération chimique ou mécanique de la roche-mère sont déposés suite au ralentissement de leur lessivage oblique. Enfin, par endroit on trouve des sols intra-zonaux : vertisols, sols hydromorphes, et sols salins de tannes.

Les sols ferrugineux tropicaux, peu lessivés au nord et lessivés avec ou sans tâches et concrétions **au** sud constituent les principaux sols de culture de l'arachide. La nature inerte de la structure de surface traduit la faible teneur en argile (moins de 20 %) et la nature kaolinitique de cette argile qui n'autorise pas des phénomènes de gonflement et de retrait importants (Nicou et al, 1994). De **nombreux** travaux décrivant les propriétés physiques de ces sols (Nicou et al, 1994; Ruelle et al, 1990) mettent en évidence:

- une texture sableuse avec une faible porosité totale (37 à 43 %)
- une très grande susceptibilité au compactage et la prise en masse au cours du **dessèchement**; ceci en l'absence de développement structural et d'application de contrainte externe
- une faible capacité de rétention en eau
- une capacité d'infiltration variable selon le type sol; la susceptibilité à la **battance** dans le sud affecte la capacité d'infiltration qui augmente la vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique
- une profondeur de sol variable, mais généralement décroissant du nord au sud.

1 .1.3.2. EVOLUTION DES SYSTÈMES AGRAIRES

1 .1.3.2.1. Avant l'introduction de la **culture** de l'arachide

Dans le modèle ancien d'occupation du territoire où l'agriculture manuelle est en vigueur , seuls les sols sableux faciles à travailler sont cultivés. Les cultures de base constituées par le mil , le sorgho, et le haricot niébé sont menées dans un contexte où la jachère favorisant l'intégration de l'élevage et les parcs arborés à base de *Faidherbia albida* au nord ou de *Cordia pinnata* au sud sont bien représentés (Pélissier, 1966).

L'espace pastoral, de collecte de bois ou de cueillette est constitué par les zones boisées qui jouent un rôle essentiel pour l'équilibre stable d'un milieu naturel fragile. Cette stabilité est entretenue par une régénération constante de la fertilité des sols à travers les jachères parfois de longue durée, l'action **bénéfique** du parc arboré dont *A. albida* sur ses propriétés physico-chimiques (Charreau et Vidal, 1965 ; Dancette et Poulain, 1968) et l'apport constant et considérable de fumure organique par les troupeaux.

1 .1.3.2.2. De l'introduction de l'arachide à 1964

L'origine de cette période peut être située dans la seconde moitié du XIX ème siècle quand la colonisation gagne l'intérieur des terres, L'arachide devient alors le principal produit agricole qui à lui seul représentait entre 1860 et 1880 , 50 à 75 % des exportations de l'Afrique Occidentale Française vers la France (Venema, 1978).

L'accroissement des surfaces cultivées en arachide a entraîné un changement notable dans les systèmes agraires où le facteur ethnique a joué un rôle important. C'est ainsi que la pratique de la jachère, étroitement liée au niveau d'intégration de l'agriculture et l'élevage, a diminué plus rapidement dans le système agricole wolof que dans celui **sérère** (Lericollais, 1988 ; Ange, 1991)

Les transformations observées au niveau des assolements se traduisent par un élargissement de la zone réservée au mil à cycle long au dépens de l'espace pastoral. La culture de l'arachide **s'étendant** désormais aux sols plus argileux, la rotation bisannuelle céréale-jachère se raréfie au profit de celle triennale céréale-arachide-jachère. Dans ce schéma la gestion **collective** du terroir permettant de maintenir le milieu en équilibre est rendue difficile, mais demeure **toujours** possible. En effet, tes troupeaux peuvent rester en permanence dans le terroir dans la mesure où le parc arboré **encore** relativement dense fournit le complément fourrager nécessaire pendant la saison sèche. Par **conséquent**, le maintien de la fertilité des sols s'obtient à travers la combinaison de la pratique de la jachère et la restitution de la matière organique grâce à la sédentarisation des troupeaux (Pélissier, 1966; Faye et al., 1985; Lhoste, 1986; Angé et Bruyère, 1986; Lericollais, 1988; Garin et al. 1990)

1.1.3.2.3. La **période** actuelle

Cette période est marquée par la coexistence de facteurs variés :

- z sur le plan démographique, le seuil de peuplement critique estimé à 50-60 habitants au km² est atteint sur l'ensemble du bassin arachidier. Entre 1960 et la fin des années 80, la densité de population rurale est **passée** de 80 à plus de 100 habitants au km² dans le nord (Garin et al, 1990) et de 40 à 70 hb au km² dans le sud (Benoit-Cattin, 1986).
- z au niveau du climat, l'avènement de la grande sécheresse dans le Sahel **à partir** de 1968 a profondément affecté les productions agricoles (Albergel et al., 1985)

La généralisation de la mécanisation en traction attelée a favorisé l'extension des terres de culture. **Dès** 1980 le programme de crédit mis en place par les pouvoirs publics a rendu accessible l'Équipement en chaîne complète à 80 % des unités de productions (Havard, 1987).

La mise en oeuvre de la loi foncière sur le domaine national de 1964 par la réforme administrative de 1972 **fait** que seule l'occupation effective des terres concrétisée par une mise en culture continue par le paysan, devenu simple gestionnaire, peut en empêcher la dépossession et la redistribution.

La combinaison de ces facteurs, provoquant l'abandon de la gestion collective du terroir, conduit à une surexploitation des terroirs, une dégradation de l'espace pastoral et une importante dégradation du milieu. Cette surexploitation provient de la pression **démographique** qui entraîne la disparition de la jachère dans un assolement dominé par la rotation arachide-céréale. L'élevage bovin déjà très affecté par les sécheresses successives est soumis à la transhumance une bonne partie de l'année, ce qui se traduit par une baisse importante de fertilité. On constate en effet, après mise en culture continue, une baisse annuelle de 2% des teneurs en matières organiques (Piéri, 1989).

Des études récentes permettent d'illustrer cette évolution. Ainsi, à Sob dans le nord du Bassin arachidier Garin et al. (1990) ont montré qu'entre 1970 et 1990 les jachères sont passées de 15-20 % à 2-3 % du terroir. Dans la communauté rurale de Kayemor dans le sud, les zones de forêt et parcours qui occupaient 41 % des sols à bon potentiel en 1970 n'en occupent, 13 ans plus tard, que 13 % (Valet, 1985). Dans un bassin versant de 60 ha en cours d'aménagement anti-érosif dans cette zone (Diatta, 1994), cette réserve est pratiquement consommée en 1991.

En résumé, ces systèmes de culture soumis à des conditions climatiques et socio-économiques défavorables sont responsables de la chute de fertilité de ces sols naturellement fragiles, dont l'acidification est liée à la baisse du contenu organique (Piéri, 1989). Par ailleurs, dans le sud du Bassin arachidier, la mise à nu des sols, pendant une longue période de l'année, et sur une surface accrue par le déboisement abusif et par les possibilités offertes par la mécanisation de la culture, a entraîné le développement des phénomènes de ruissellement et d'érosion (Ruelle et al, 1989 ; Sène et Pérez, 1994 ; Pérez, 1994)

1.1.3.3. NECESSAIRE AMELIORATION DE LA MAITRISE DES RENDEMENTS DANS LE BASSIN ARACHIDIER - -

Les statistiques du Ministère sénégalais de l'Agriculture (Fig.1.4) mettent en évidence après 1967, début de l'apparition de la sécheresse dans la zone, des fluctuations importantes dans la production arachidière. En effet de 1967 à 1994 on dénombre en 24 ans, 12 années avec une pluviométrie annuelle inférieure à 600 mm qui coïncident avec des rendements inférieurs à 800 kg/ha. Selon la répartition des pluies au cours du cycle cultural, les effets de la sécheresse sont plus ou moins marqués et les organismes de recherche et de développement qui interviennent dans le Bassin arachidier cherchent à développer les moyens (variétés résistantes à la sécheresse, variétés à cycle court, pratiques culturales) permettant de mieux-stabiliser la production.

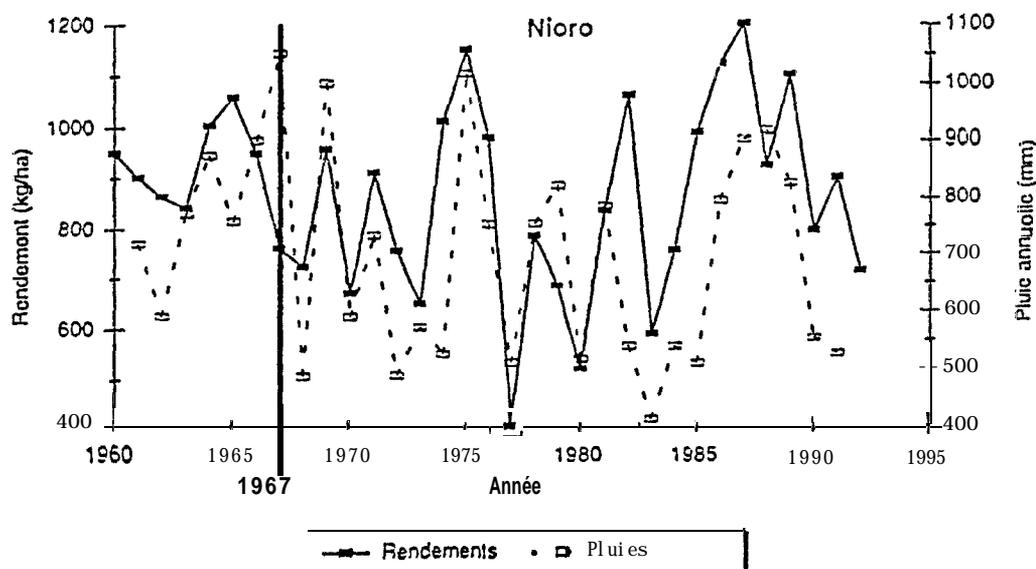


Fig 7.4 Distribution comparées de pluies annuelles et de rendements en arachide dans la région de Kaolack (Nioro) - Sources Statistiques agricoles du Ministère de l'Agriculture. Communication personnelle Schilling-Dimanche (CIRAD).

Ainsi donc, dans ce travail on tentera d'identifier, au cours du cycle cultural et en fonction des conditions climatiques probables, les facteurs physiques qui déterminent l'élaboration du rendement de l'arachide, et d'évaluer si les pratiques culturales envisagées peuvent aider à sa maîtrise.

1.2 IMPORTANCE DES FACTEURS PHYSIQUES LIÉS AU SOL DANS L'ELABORATION DU RENDEMENT DE L'ARACHIDE AU SENEGAL

12.1. CONTEXTE CLIMATIQUE SÉCHERESSE

1.2.1.1. LA SAISON DES PLUIES

En alternance avec une longue saison sèche, la saison des pluies d'une durée de 3 à 5 mois présente un gradient de pluviosité croissant du nord au sud dans le Sahel. Dans le bassin arachidier, compte tenu de la détérioration des conditions pluviométriques actuelles les isohyètes s'étalent en moyenne entre 300 et 700 mm. Celle ci s'accompagne d'une très forte demande évaporative; le potentiel d'évapotranspiration annuel variant entre 1600 et 2200 mm (Fig. 1 .5).

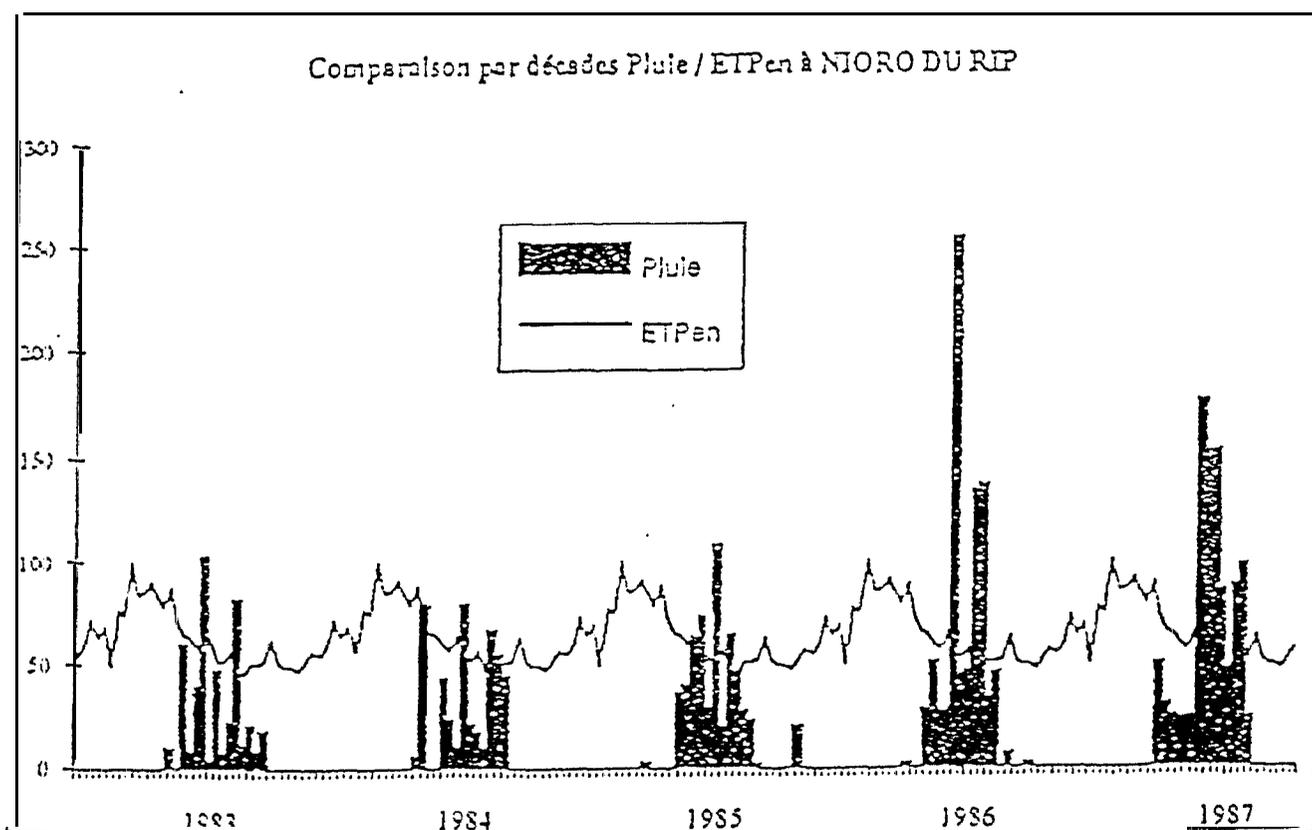


Fig 1.5 Comparaison entre les pluies et la demande climatique (ETP Penman) décennales à Nioro entre 1983-1987. (Sources : Pérez, 1994).

1.2.1.2. L'ÉVOLUTION CLIMATIQUE EN COURS

L'alimentation hydrique en culture pluviale dans le Sahel est reconnu comme étant le facteur limitant principal de la production. Cet aspect a été particulièrement aggravé ces vingt dernières années par une évolution défavorable des caractéristiques de la pluviométrie dans le Bassin arachidier. On observe ainsi :

- un glissement des isohyètes vers le sud (Fig 1.6), et une augmentation des risques de déficit hydrique affectant le comportement des plantes dans les différentes phases de leur développement.
- depuis 1968 un raccourcissement de la saison des pluies et une augmentation du caractère erratique des épisodes pluvieux notamment en début et en fin de cycle de végétation se traduisent par l'occurrence de la valeur décennale sèche (soit 539 mm) six fois entre 1970 et 1990 (Sène et Pérez, 1994). Ils induisent une mauvaise maîtrise de la conduite des cultures.

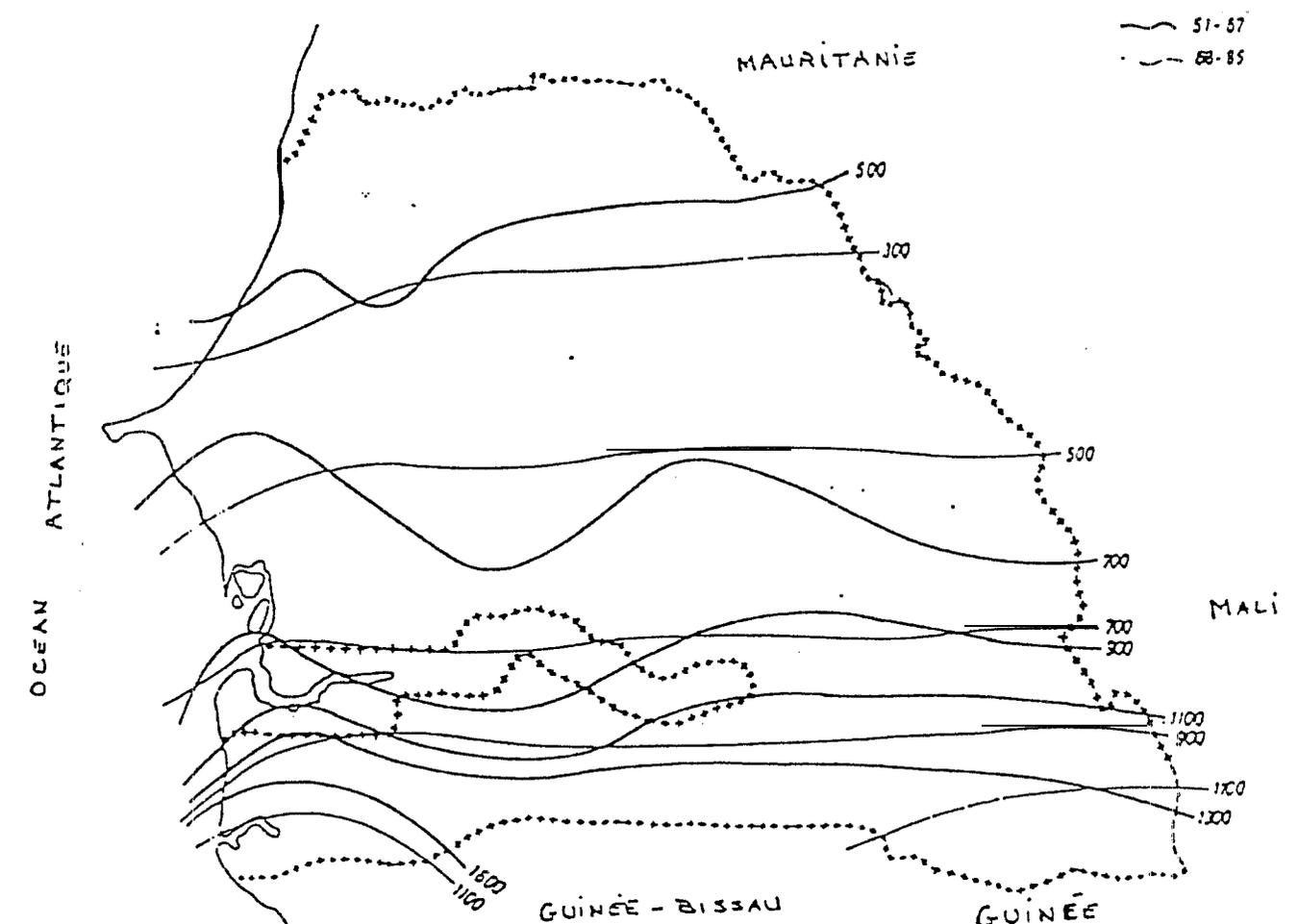


Fig. 1.6 Evolution des conditions pluviométriques au Sénégal de 1951 à 1985 (d'après le service de Bioclimatologie de l'ISRA)

1.22. L'ARACHIDE

L'arachide est une légumineuse qui présente une floraison prolifique et indéterminée relevant d'une structure ramifiée de la plante. Cette floraison s'accompagne d'un taux important d'avortement.

L'arachide présente une spécificité botanique importante ; l'ovaire de la fleur est inséré sur la tige par un très court pédoncule (appelé gynophore). Doué d'un géotropisme positif le gynophore s'allonge très rapidement après la fécondation enfouissant, dans le sol, l'ovaire qui deviendra la gousse (Bouffil, 1951).

En conditions climatiques optimales, la variété est caractérisée par la longueur du cycle, du semis à la maturité des gousses. Cette longueur du cycle est un des principaux critères de sélection variétal pour s'adapter à la durée de la saison des pluies et résister ainsi à la sécheresse.

1.2.2.1. LA PHÉNOLOGIE

1.2.2.1.1 Stades

Pour une bonne analyse du comportement de l'arachide en relation avec les conditions hydriques du sol, il est nécessaire de tenir compte des différentes phases phénologiques (Boote et al., 1982). Bouffil (1951) distingue trois principales phases phénologiques : la germination - levée, la préfloraison, et la phase reproductive qui inclut la floraison, la fructification et la maturation. Boote a détaillé la phase de fructification en différents stades (Fig 1.7).

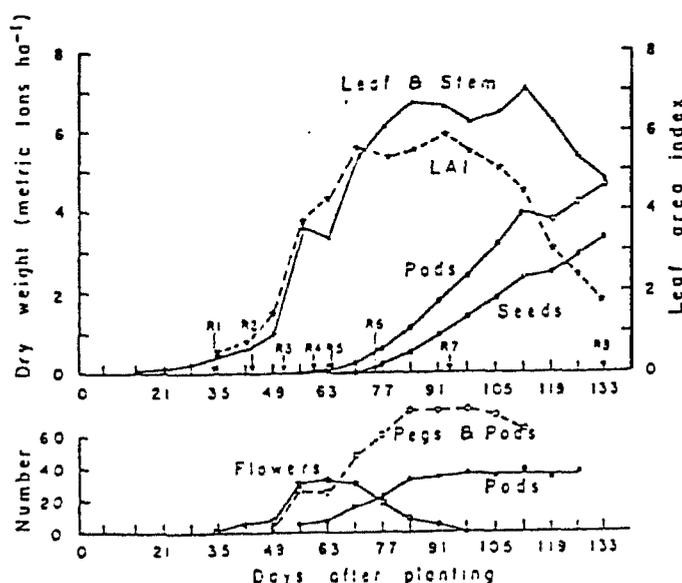


Fig. 1.7 Distribution de matière sèche et développement reproductif de l'arachide en fonction des différents stades (d'après Boote et al., 1982). [pods = gousses ; pegs = gynophores. La signification des stades de R1 à R2 est fournie dans la figure 1.14.]

1.2.2.1.2. La germination et la préfloraison

Des différences existent en ce qui concerne les définitions proposées pour la germination. Ainsi pour les besoins de contrôle de semences, on limite souvent la germination pour une espèce végétale donnée au développement de la radicule. Pour l'arachide, cette perception ne tient pas compte du phénomène de "fausse germination" qui a lieu quand une graine ayant un embryon mort subit une imbibition entraînant la déchirure de tégument et la libération même de la radicule

(Montenez, 1957). C'est pour cette raison que cet auteur étend le concept de germination à l'ensemble des phénomènes aboutissant à la production de plantules normales, et adopte la **définition** botanique de la fonction de germination couvrant toutes les étapes depuis le début de l'imbibition jusqu'à l'étalement des cotylédons constituant les premiers organes actifs de la photosynthèse. Sous cet angle, on peut distinguer les trois étapes morphologiques suivantes :

- rupture des téguments sous la pression de la radicule s'effectuant à l'extrémité de la graine, suivie d'un allongement de la racine principale
- ∞ allongement de l'axe hypocotylé dont la limite avec la radicule est matérialisée par le collet;
- épanouissement des cotylédons qui se fait soit en surface, soit de manière souterraine à faible profondeur. Le caractère hypogé, **épigé**, ou même intermédiaire dépend en général de la profondeur du semis.

La durée de la germination - levée, incluant ces trois étapes, varie de 4 à 12 jours, selon les conditions du milieu. A ces étapes morphologiques, on associe divers phénomènes biophysiques et physiologiques tels que l'imbibition, la respiration, et l'utilisation des réserves de la graine lors de la **germination**. Ainsi pendant la germination et la levée, une bonne disponibilité en eau dans le sol est **nécessaire** pour une imbibition optimale des graines; alors que la période de développement végétatif de **préfloraison** supporte mieux la sécheresse.

1.2.2.1.3. La phase reproductive et /a maturation

La phase reproductive est subdivisée par Boote et al. (1982) en 8 stades phénologiques pour bien **marquer** les variations dans les exigences en eau (Fig. 1.7). En ce qui concerne la fructification ces **travaux** montrent que la sensibilité au déficit en eau est particulièrement élevée lors de l'émission des **gynophores**. On observe, en cas de sécheresse, une baisse du rythme d'émission et donc une diminution du nombre de gynophores émis. Très peu de résultats évoquent un effet de la sécheresse sur la pénétration des gynophores. Cependant, si la maturation et le remplissage des gousses ne semblent pas **particulièrement** affectés par les conditions de sécheresse, le nombre de gousse diminue. On peut donc envisager, en plus de la diminution du nombre de gynophores **émis**, un effet **dépresseur** de la **dessiccation** de surface du sol sur la pénétration des gynophores lors de périodes de **sécheresse** suffisamment prolongées à cette phase du cycle.

Différents critères sont utilisés pour apprécier la maturité des gousses ; ils concernent **principalement** la couleur de l'intérieur de la coque, ou la couleur de l'huile. On admet souvent en conditions tropicales sèches que la durée du cycle est principalement déterminée par la variété. On **définit** alors la maturité physiologique en nombre de jours après le semis (**jas**) correspondant à la **durée théorique** du cycle de la variété utilisée. Cette maturité doit coïncider avec la fin de la saison des pluies, pour des raisons de conditions de récolte et en particulier pour éviter que les **variétés** non dormantes ne germent sur pied.

1.2.2.2. COMPOSANTES DU RENDEMENT

Les composantes du rendement de l'arachide (**Bouffil**, 1951 ; Duncan et **al**, 1978; Cahaner and Ashri, 1974; **Enyi**, 1977; Ketring et al, 1982) sont essentiellement constituées par :

- ∞ la densité de population (nombre de plants par ha) conditionnée principalement par la maîtrise de l'implantation,
- ∞∞ le nombre de gousses par plant, que conditionne le rythme d'émission de gynophores et la réussite de la pénétration des gynophores dans le sol,
- ∞ et le poids des gousses ou des graines déterminées par les conditions de maturation.

Il **convient** de distinguer entre le rendement total de la plante et le rendement **récolte** qui se trouve diminué des pertes à l'arrachage, à la fois en surface et surtout dans le sol (Fig.1.8). Ces pertes souterraines sont d'autant plus importantes que l'humidité du sol est faible au moment de l'arrachage.

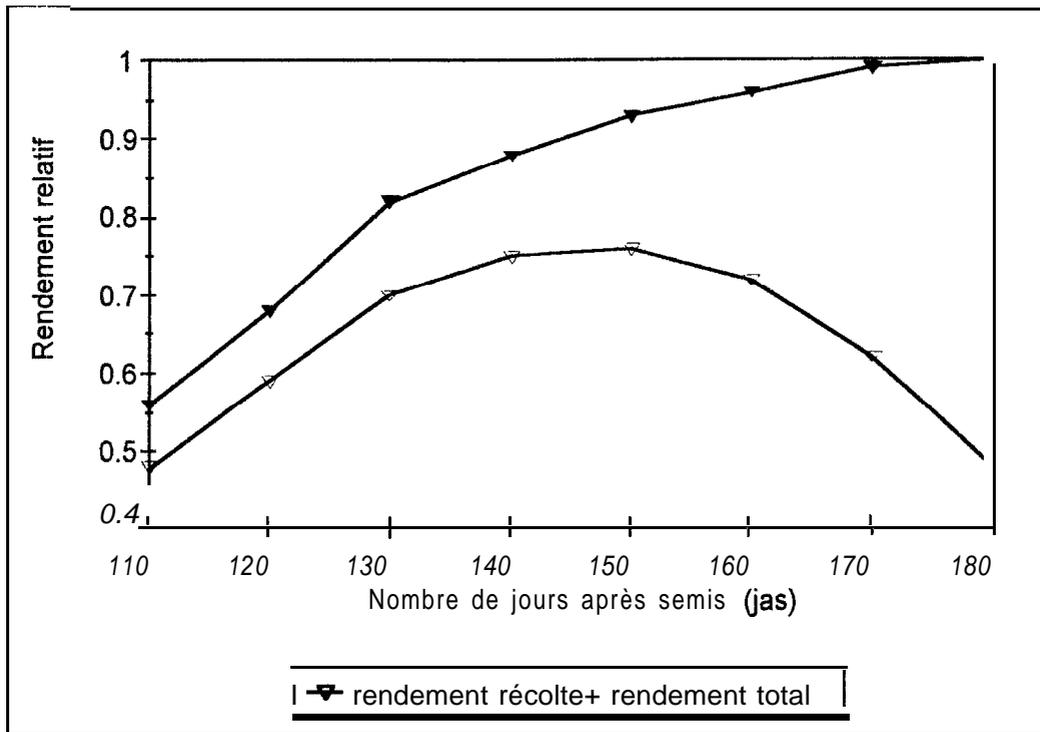


Fig. 1.8 Rendements relatifs de l'arachide en fonction du nombre de Jours Après Semis (jas).
(d'après Young et al., 1982)

1.2.2.3. RÉSISTANCE À LA SÉCHERESSE

Le contexte climatique actuel nécessite une caractérisation précise des risques encourus pour la satisfaction des besoins en eau de l'arachide. Son adaptation à la sécheresse a fait l'objet de nombreuses études selon différentes approches disciplinaires complémentaires.

L'arachide possède une grande capacité de résistance à la sécheresse (Allen et al., 1976). Les principaux mécanismes physiologiques évoqués concernent la régulation des stomates et l'enroulement des feuilles en cas de stress (Allen et al, 1976), mais aussi le développement du pivot racinaire en profondeur (Boote et al, 1982 ; Ashley, 1984 ; Ketring, 1984 ; Chopart, 1980 ; Meisner, 1990).

Taylor et Ratliff, (1974) ont comparé le développement racinaire du coton et de l'arachide en fonction de l'évolution de l'humidité et la résistance mécanique à la pénétration du sol. Les résultats indiquent qu'alors que l'élongation racinaire du coton s'estompe quand la résistance à la pénétration du sol atteint **0,72 MPa**, celle de l'arachide se poursuit jusqu'à une valeur de **1,91 MPa**. L'arrêt définitif de l'avancée du front racinaire en profondeur étant observé dès l'initiation de la formation des gousses, la profondeur maximale atteinte dépend de la variété. Pour les cultivars hâtifs et semi-tardifs (cycle de 90 à 110 j), elle se situe entre 140 et 160 cm (Chopart, 1980 ; Sène 1989) ; alors que pour les cultivars tardifs elle peut atteindre 250 à 280 cm (Robertson et al, 1980 ; Hammon et al, 1978). Toutefois ces mêmes sources affirment que 55 à 80 % des racines sont localisées dans les 50 premiers cm du sol.

Les besoins en eau de l'arachide varient avec la durée du cycle :

- En condition d'alimentation non limitantes, ils se situent entre 370 et 570 mm (Billaz, 1962 ; Metochis, 1990). L'évapotranspiration journalière dans ce cas croît de 1,5-2,5 mm en début de cycle à 6-7,5 mm en pleine phase de fructification, puis décroît à 4 mm environ à la fin du cycle. (Dancette et Forest, 1986 ; Metochis, 1990).

Par contre en cas de sécheresse, la sensibilité de l'arachide à la sécheresse est variable selon les stades phénologiques. Les travaux conduits dans ce sens montrent que l'arachide est plus sensible aux stress hydriques intervenant pendant la période de formation des gousses (Rochester et al, 1984 ; Black et al, 1985 ; Nasgeswara et al, 1988 ; Meisner, 1990 ; Annerose, 1990). Parmi les composantes du rendement, il se trouve que c'est le nombre de gousses par m² qui est le plus affecté, la taille et le poids des gousses ne l'étant que très peu . Ces études montrent par ailleurs que pour des variétés ayant des potentiels équivalents de production, celle à plus petites graines présentent des avantages tant sur le plan du rendement que sur celui de la capacité germinative en cas de sécheresse (Skelton et al, 1971 ; Pallas et al, 1977).

L'intérêt de disposer de variétés résistantes à la sécheresse est bien perçu par les producteurs dans les zones semi-arides. Cela s'est traduit au niveau de la recherche par la définition de différences physiologiques associées à la résistance à la sécheresse. Les expérimentations de criblage variétal ou d'hybrides concernent la germination sous forte pression osmotique, la vitesse de croissance relative de début de cycle, la résistance à la chaleur des plantules ou les relations entre la transpiration et le potentiel foliaire des plantes (Gautreau, 1966). En fonction des contraintes climatiques, les variétés retenues permettent de sécuriser la production.

Dans ce sens, les recherches dans le domaine de la bioclimatologie ont permis de déterminer les besoins en eau de l'espèce tout au long du cycle dans les diverses régions (Dancette, 1983a). Ces travaux se sont appuyés sur la caractérisation de la demande climatique (évapotranspiration potentielle) et sur la détermination des coefficients culturaux d'ordre agronomique. La prise en compte des caractéristiques variétales comme la longueur du cycle et la profondeur d'enracinement , et de la nature du sol définie par sa texture, ses propriétés hydrodynamiques, et sa profondeur ont permis le développement de modèles de simulation du bilan hydrique. Cette caractérisation dynamique des effets de la sécheresse permet de déterminer les taux de satisfaction des besoins en eau tout au long du cycle végétal. Il est ainsi possible de mettre en évidence les périodes de déficit hydrique ou les durées utiles des saisons des pluies. (Forest, 1984 ; Annerose, 1990).

La notion de date et de pluie optimales pour la réussite du semis de l'arachide est introduite en tenant compte des exigences en eau pour la germination et la levée, et du coût élevé des semences.

Les effets des techniques culturales telles que le travail du sol combiné avec les amendements organiques sur l'amélioration de l'alimentation hydrique sont bien connues. (Charreau et Nicou, 1971 ; Cissé, 1986). Elles ont été à l'origine de l'évaluation de la productivité des variétés utilisées et l'identification de leurs comportements morphologiques et phénologiques en relation avec le stress hydrique.

1.2.2.4. LA CARTE VARIÉTALE

Pour s'adapter aux différentes durées de saison des pluies dans le Bassin arachidier, on choisit donc les variétés dont la durée de cycle correspond au mieux aux bornes de la saison des pluies.

Les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse de l'arachide sont bien identifiés sur la base de la dynamique de l'enracinement, la régulation osmotique et la translocation des assimilats en direction des gousses (Annerose, 1990). Ainsi, l'étude du fonctionnement de la plante en conditions sèches aboutit à la mise en évidence de fortes liaisons entre les composantes du rendement et certains critères physiologiques.

Il en a résulté une définition des idéotypes pour les différentes formes de sécheresse, nécessaire à la mise à jour du schéma général de la sélection variétale. Cela s'est traduit par la reformulation de la carte de répartition variétale à travers le bassin arachidier (Khalfaoui, 1988 ;). Les variétés retenues pour les différentes zones associent la précocité et le bon potentiel de production. C'est ainsi qu'au fur et à mesure que l'on se déplace du sud vers le nord, la longueur du cycle de la variété passe de 110 à 90 j, avec naturellement un potentiel de productivité décroissant.

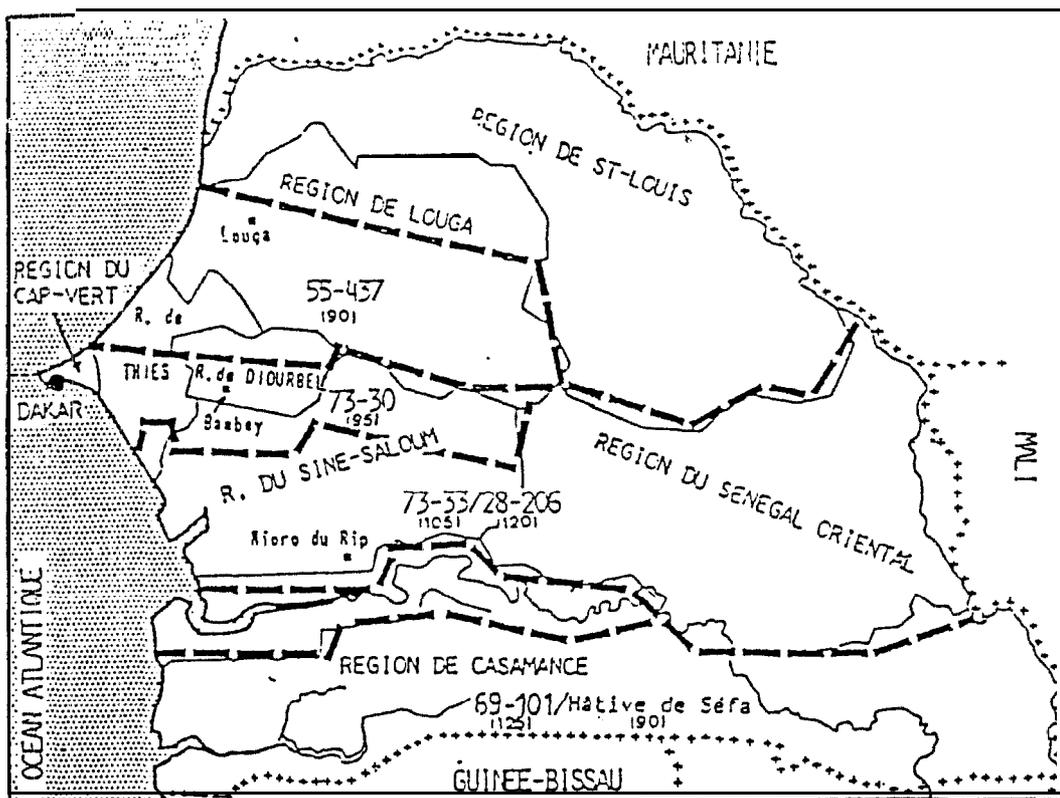


Fig. 7.9 Carte variétale de l'Arachide au Sénégal.
(d'après Khalfaoui 1988 cité par Annerose, 1990)

■■■■ Limites de variétés.
 ——— Limites de régions.
 +++ + Frontières.
 (x).x jours de cycle.

1.2.3. FACTEURS PHYSIQUES DE L'ÉLABORATION DU RENDEMENT

1.2.3.1. IMPLANTATION / CONDITIONS PHYSIQUES

Dans les conditions du Sahel, et en fonction du port et de la longueur du cycle de la variété, les densités de populations optimales recommandées varient entre 120.000 et 160.000 plants/ha (Recommandations IRHO/IRAT de 1963). Or en dehors du problème de qualité des semences et de l'équipement de semis, la réussite de l'implantation est liée aux conditions d'alimentation en eau. Ces dernières dépendent essentiellement de la date et de l'importance de la pluie de semis, ou première pluie utile, mais aussi de la répartition des pluies en début de cycle. La phase de germination et de levée de l'arachide a fait l'objet d'importants travaux (Yarbrough, 1949; Bouffil, 1951; Montenez, 1957), mais peu abordent réellement la réussite de la levée en conditions sèches. Lorsque la sécheresse est intense après une pluie insuffisante on peut observer des échecs spectaculaires du semis. Sur d'autres variétés un certain nombre de travaux (Bruckler et Bouaziz, 1991; Fennech et al., 1977; Hadas et al., 1974; Boiffin et al., 1983) ont montré que pour rendre compte d'un taux et d'une cinétique de germination observées in situ on invoque généralement deux conditions physiques très générales :

- la qualité du contact terre-graine qui dépend essentiellement de la structure du lit de semence et de la taille de la semence,
- l'humidité du sol dans l'environnement immédiat de la semence.

Deux types de processus interviennent dans la germination, ils sont d'ordre physique en ce qui concerne l'imbibition de la semence (Bruckler, 1983; Bouaziz et Bruckler, 1989) et biologique vis à vis de la reprise de la respiration de l'embryon, de sa croissance et de son développement (Montenez, 1957 ; Delecaux, 1987).

Dans le cas particulier des conditions de climat et de sol qui prévalent au Sénégal pour la culture de l'arachide, on peut admettre que la température n'est pas limitante, sauf peut être par excès, et que l'aération non plus n'est pas limitante. L'occurrence de condition d'hypoxie est liée à la présence d'une croûte de battance en surface et à sa durée de saturation en eau (Richard et Guérif, 1988a et b). Même en présence de croûte, il est probable qu'elle soit très rapidement désaturée dans les conditions du bassin arachidier. Les risques de déficience d'oxygène pouvant affecter la germination sont par conséquent faibles à la période des semis.

Hinsi donc, on peut admettre que les conditions d'imbibition régissent, pour une grande part, la germination de l'arachide dans le contexte sénégalais.

1.2.3.1 .1. C'imbibition (Bruckler et Bouaziz 1991)

a, Notion d'absorbant

Tout corps susceptible de fixer une quantité d'eau donnée est un absorbant. Il est caractérisé à un moment donné par la quantité d'eau (teneur en eau) qu'il contient et par les forces de liaison entre les molécules d'eau fixées et l'absorbant (potentiel hydrique). Pour un absorbant on peut définir une relation caractéristique "potentiel-teneur en eau" qui décrit pour chaque teneur en eau l'énergie de liaison de l'eau fixée à l'absorbant (Fig. 1.10).

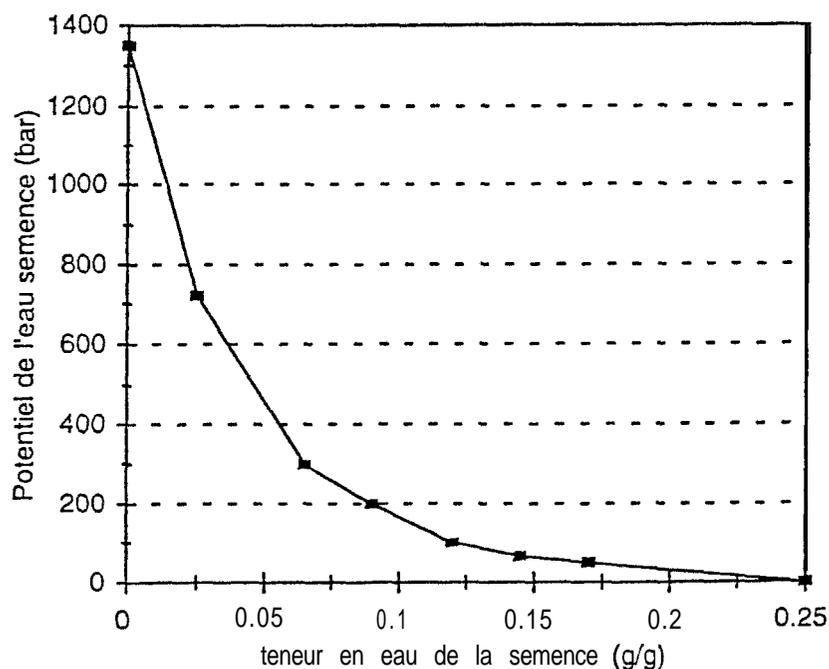


Fig 1.10 Potentiel de l'eau de la semence en fonction de sa teneur en eau (cas du maïs) (d'après Bruckler et al 1991)

b. Cinétique d'imbibition

Lorsqu'on place une semence dans le sol, cela revient à mettre en contact deux absorbants particuliers, chacun étant caractérisé par un relation "potentiel-teneur en eau" spécifique. Le sens et l'intensité des transferts d'un absorbant à l'autre sont déterminés principalement par le sens et l'intensité du gradient de potentiel entre ces deux absorbants. L'eau se déplacera du sol vers la semence seulement si la succion qu'elle exerce vis à vis de l'eau est supérieure à celle qu'exerce le sol à son endroit. La vitesse d'imbibition sera d'autant plus élevée que la différence de potentiel entre le sol et semence est élevée. Pour un potentiel équivalent, l'imbibition en phase vapeur ou en phase

liquide conduit à une même teneur en eau de la semence, seule la vitesse de transfert change (Figl .11). L'imbibition en phase liquide est bien entendu plus rapide.

Bruckler a pu montrer (Bruckler, 1983) que la vitesse d'imbibition d'une semence dépend dans le cas le plus général des surfaces respectives d'imbibition en phases liquide et gazeuse. Il a pu **établir** une relation entre l'état structural exprimé en porosité structurale (Stengel, 1979) et la surface relative de la **semence** humectée en phase liquide. L'augmentation du tassement autour de la semence favorise une augmentation de la surface en contact avec le sol humide et donc l'imbibition en phase liquide.

Dans les sols sableux du Bassin arachidier peu cohésifs et instables, ce facteur ne semble jouer qu'un **rôle** mineur, et on peut admettre que le contact ne peut être que rarement **limité** par un effet structure très marqué.

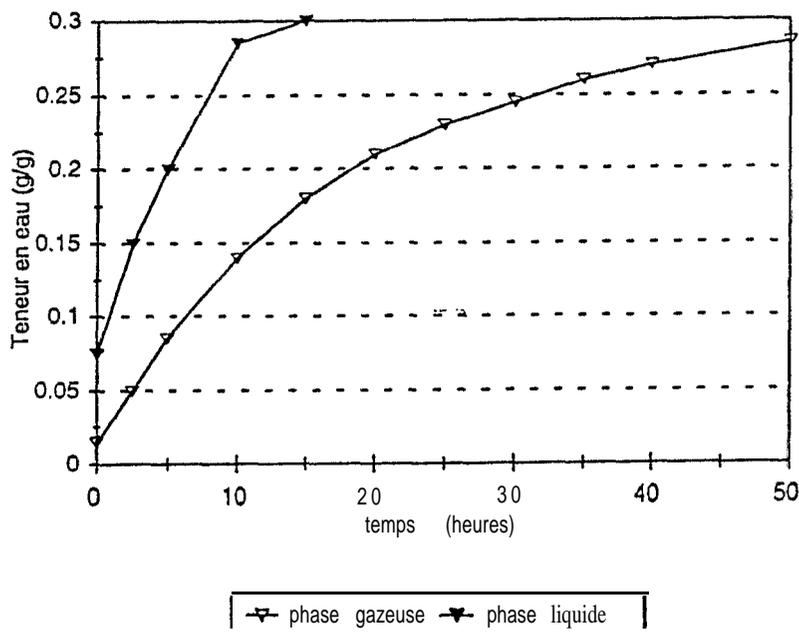


Fig. 1.11 Cinétique d'imbibition de la semence en phases liquide et gazeuse à potentiel nul, cas du Maïs (d'après Bruckler et al., 1991).

c. La pression osmotique

L'étude de l'imbibition en fonction de la pression osmotique obtenue à partir de solutions composées de sels minéraux ou organiques permet d'envisager (Gautreau, 1966) le caractère **sélectif** et semi-perméable de la membrane de la graine de l'arachide. Bien que l'imbibition soit d'autant **plus** ralentie que la pression osmotique est élevée, le taux minimum de gonflement **nécessaire** pour le déclenchement des phénomènes vitaux de la germination est obtenu pour des valeurs de pressions osmotiques pouvant atteindre 3 MPa. L'effet de la pression osmotique est variable selon les variétés. Cette différence variétale est un critère physiologique important utilisé dans la sélection de variétés résistantes à la sécheresse. Gautreau (1966) montre à cet effet que les variétés à grosses graines présentent un taux d'imbibition plus faible, donc un plus bas coefficient de germination.

1.2.3.1.2. La germination et la levée

a. Teneur en eau critique de germination

Pour une **espèce** et pour une variété donnée il existe une teneur en eau critique (et donc un potentiel hydrique critique) au delà de laquelle le déclenchement des processus de la germination **intervient**.

Ceci explique sans doute les différences de valeurs d'humidité pondérale de 37 à 44 % et de 57 à 67 % indiquées respectivement par Bouffil (1951) et Montenez (1957) pour différentes variétés d'arachide.

La germination résulte, après imbibition, de la reprise de la respiration de l'embryon.

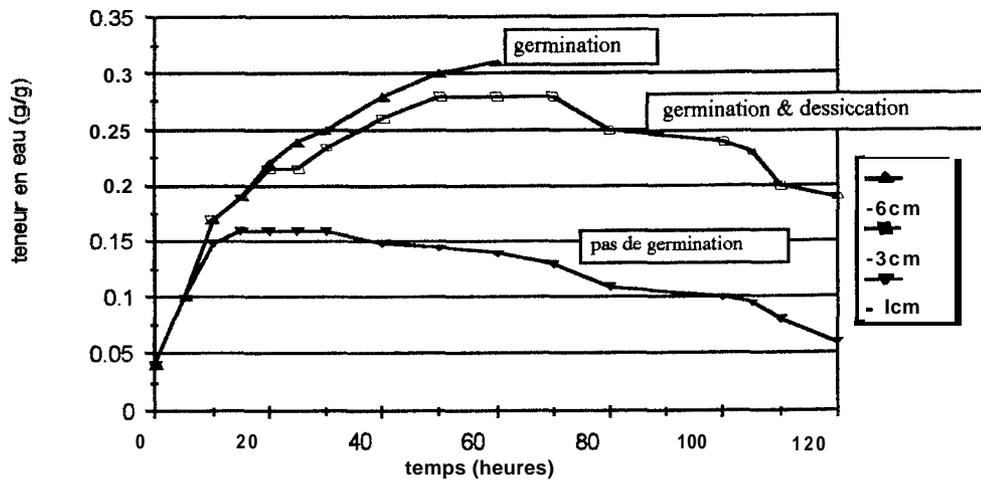


Fig. 1.12 Cinétiques d'imbibition observée pour des semences de maïs placées à différentes profondeurs dans le sol en voie de dessèchement. (d'après Bruckler et al 1991)

Le placement de la semence dans un sol en cours de dessiccation est déterminant dans la réussite du semis. L'imbibition des semences dépend de leur localisation par rapport au profil hydrique, la germination n'intervenant que pour des teneurs en eau du sol correspondant au potentiel critique de la semence. Les résultats concernant le maïs présente Figure 1.12 montrent de surcroît que si la sécheresse persiste après la germination, la survie de la plantule peut être remise en cause.

b. Température du sol et pH

Les courbes de germination et de levée de l'arachide sont caractéristiques d'une plante mégatherme. (Montenez, 1957) Les résultats indiquent que l'intervalle limite pour la germination se situe entre 15 et 41 °C, avec un optimum de 34 °C. Alors qu'entre 5 et 15 °C, la germination est inhibée, le niveau de létalité se situe à environ 54 °C. Dans la gamme retenue, on ne met pas en évidence un effet d'une thermopériodicité traduisant l'action de la fluctuation au cours de la journée de la température.

Enfin pour un optimum de pH entre 4 et 5, la germination de l'arachide exhibe un caractère plutôt acidophile.

c. Les croûtes de battance

Les sols sableux du Bassin arachidier sont instables et peu cohérent à l'état humide. Le développement d'une croûte est fréquent après une pluie, sa dessiccation pourrait créer un obstacle mécanique à l'émergence, Cependant l'arachide présente une plantule dont la crosse est particulièrement vigoureuse et qui parvient à perforer généralement la croûte quand elle existe. Le risque d'apparition d'une croûte sèche faisant obstacle à la levée est lié à la probabilité d'occurrence d'une deuxième pluie significative peu après le semis et de sa dessiccation avant l'émergence. Il semble que ce ne soit pas une des origines les plus fréquentes de diminution de la densité de levée.

1.2.3.1.3. Pratiques *culturales*

Les principaux facteurs qui contrôlent l'aspect physique de la germination sont regroupés dans la Figure 1.13. Les pratiques culturales permettent donc **théoriquement** d'intervenir à trois niveaux :

- Le **travail** du sol permet de jouer sur l'état structural du lit de semence, et donc en partie les caractéristiques hydrodynamiques
- La **technique** de semis permet de contrôler, pour une structure donnée, le placement de la semence, et donc l'humidité au contact de la semence

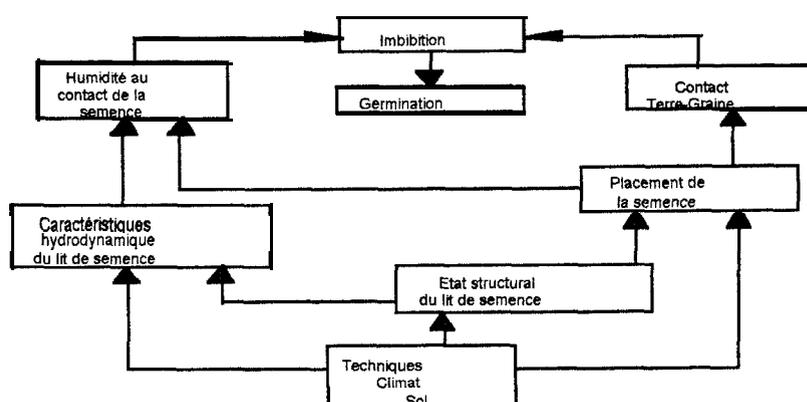


Fig. 1.13 **Rôles** du milieu sur l'imbibition et la germination des semences en conditions sèches Les techniques *culturales*, le climat et le sol interviennent **simultanément** pour déterminer l'**humidité** au contact des semences (d'après Bruckler L. et Bouaziz A., 1991)

Le tableau ci dessous présente l'influence de séquences climatiques alternant des épisodes de pluie et de sécheresse susceptibles d'affecter la germination, en comparant deux techniques de semis, le semoir localisant mieux les semences à une profondeur constante que la **volée**.

Les auteurs montrent que la germination est rapide et groupée dans le cas de la séquence 1 (alimentation hydrique non limitante). L'existence d'épisodes pluvieux alternant avec une sécheresse importante, dans la séquence 2, étale la germination ; le succès du semis est favorisé par un bon placement des semences.

Dans le cas le plus défavorable (séquence 3) la germination est rapide, mais ne concerne qu'une partie des semences. L'importance vis à vis de la réussite de la germination de pratiquer un placement régulier des semences apparaît très nettement.

Climat	Semis	Germination		
		Début (heures)	Fin (heures)	Taux (%)
1] Pluie régulière	Semoir	48	50	100
	Volée	48	56	100
2] Pluie + dessèchement + pluie	Semoir	52	529	100
	Volée	52	529	80
3] Pluie + dessèchement	Semoir	51	58	84
	Volée	51	58	68

Tableau 1.1 : **Rôle** de la séquence climatique et des techniques de semis sur la **cinétique** de germination (cas du **blé**) d'après Bouaziz et Bruckler, 1989.

Dans les conditions de sol ,de climat et d'équipement du Bassin arachidier **sénégalais**,il semble que le placement de la semence soit le facteur que l'on puisse espérer maîtriser le plus facilement. On peut parallèlement tenter de ralentir au maximum le dessèchement du lit de semence en favorisant le développement d'un effet mulch à la surface.

Dans la réalité, on observe pour la phase d'implantation les pratiques suivantes :

Le semis est effectué par l'intermédiaire d'un soc semeur (écartement sur la ligne et profondeur réglables) qui ouvre un sillon et d'une roue plumbeuse qui le referme.

Un sarclage de prélevée ou "radou simple" est effectué dans l'inter-rang, il est destiné à **contrôler** les adventices qui se développent rapidement avec la première pluie de semis. On lui prête un **léger effet** indirect de mulch limitant l'évaporation.

Ce sarclage peut être remplacé par un **sarclo-butage** ou "radou-baligne". Le **sarclage s'accompagne** d'un buttage léger sur la ligne de semis. Il s'agit d'une pratique paysanne pratiquée par environ **10%** des agriculteurs du sud du Bassin qui serait destinée à limiter l'évaporation sur la ligne de semis.

Une nouvelle pratique est proposée par **l'ISRA** et les organismes de développement agricole. Celle ci consiste à localiser les matières organiques (que l'on peut dégager sur l'exploitation) sur la ligne de **semis** tout en la protégeant du ruissellement en l'enfouissant dans la microbutte constituée lors du radou-baligne.

Les effets envisagés concernent la nutrition des plantes et une amélioration de la rétention en eau sur la ligne.

Il n'existe pas de travaux expérimentaux permettant de quantifier les effets de telles pratiques et de valider leur utilisation.

1.2.3.2. LA FRUCTIFICATION

Les étapes de la fructification et de la maturation sont décrites dans le schéma de **Boote** et al (**1982**). Ainsi pour les variétés à cycle intermédiaire par exemple, la fructification comprend la floraison à partir du 30 ème jas, la formation des gousses à partir du 45 ème jas, et la maturation des gousses à partir du 90 ème jas. L'émission des gynophores débute au bout de 10 jours après l'initiation florale. Une période de 50 j est nécessaire après la pénétration des gynophores dans le sol pour la maturation complète de la gousse formée. Par conséquent, la date de pénétration optimale des gynophores se situe vers 70 jas, correspondant au maximum de développement végétatif, mais aussi au maximum de besoins en eau de la culture.

1.2.3.2.1. Principaux facteurs environnementaux

a. Le rayonnement global

A l'inverse de la croissance et du développement végétatif favorisés par les longs jours d'ensoleillement, la phase **de** la fructification est stimulée par les jours courts (**Wynne** et al, 1973). Le potentiel de production est d'autant plus élevé que la période des jours courts coïncide avec l'intervalle entre 36 et 72 jas relatif à la pénétration et au début de formation des gousses.

b. La température et l'humidité relative de l'air

En combinaison avec la photopériode, l'effet de la température sur le comportement de l'arachide **est** variable selon la variété. Pour un régime de température donnée, la fructification décroît quand la **photopériode** augmente. Alors que la température optimale pour le développement est estimée à 30 °C (**Fortanier, 1971**), l'unanimité n'est pas faite concernant celle de la fructification. Les **travaux** existant dans ce sens la situe toutefois entre 25 et 33 °C (**Woods, 1968; Cox, 1974; Ono** et al, 1974). Dans les principales zones de culture de l'arachide, le régime de température présente un écart de 8 à 15 °C entre les maxima diurnes et les minima nocturnes. La fructification dans la gamme ainsi **considérée** est largement favorisée par une humidité relative élevée (**Lee** et al, 1972).

La croissance moyenne journalière des gynophores **décroit** de **0,62 à 0,02** cm quand l'humidité relative passe de 100 à 57 % (Jun and An Ke, 1988).

L'**effet** de la température du sol sur l'arachide, et plus particulièrement sur la fructification n'a pas fait l'objet d'étude approfondie (Boote, 1982). Toutefois, **Ono** et al (1974) indiquent que l'intervalle de température optimale du sol pour la production de gousses se situe entre 31 et 33 °C.

c. Teneur en eau du sol

La **nature** souterraine de la fructification entraîne un double effet de la teneur en eau du sol sur la production. D'abord le stock hydrique dans la zone racinaire détermine la croissance y compris **l'élongation** du gynophore, mais aussi le transfert des produits de la photosynthèse au niveau des gousses en formation. Ensuite dans la couche superficielle du sol où se forme le fruit, la teneur en eau **détermine** la **possibilité** de **pénétration** des gynophores. Les résultats disponibles dans ce sens sont souvent **exprimés** en terme de taux de déficit hydrique par rapport à la capacité de rétention en eau de l'ensemble du profil racinaire (Boote et al, 1982). Ce taux de déficit pendant la période d'émission et de pénétration des gynophores et de formation des gousses affecte principalement le nombre de gousses, mais rarement le pois et la taille de ces gousses (Matlock et al, 1961; **Ono** et al, 1974)

La réduction du nombre de gousses par pied est essentiellement le fait d'une faible teneur en eau de l'horizon de surface. Boote et al (1982) montrent qu'après 4 jours successifs sans apport d'eau, la surface du sol devient trop sèche pour la pénétration du gynophore. Si l'humidité des horizons plus profonds de la zone racinaire est suffisante, Skelton and Shear (1971) confirment la possibilité pour **ces** gynophores de pouvoir pénétrer dans le sol à la suite d'apport d'eau en surface. Ces travaux ne confirment toutefois **pas** la durée de la viabilité du gynophore dans de telles conditions. Le **défaut** de **pénétration** lié au taux de déficit hydrique peut résulter de plusieurs facteurs dont la forte résistance mécanique du sol (Undewood et al, 1971), la faible turgescence racinaire (Allen et al, 1976; Bhagsari et al, 1976) ou même la déficience de l'assimilation en calcium (Skelton and Shear, 1971).

Aussi le dessèchement de la couche superficielle du sol empêchant la pénétration des gynophores en cas de sécheresse est-il souvent invoqué pour expliquer le nombre de gousses produites par ha (Allen et al, 1976; Boote et al, 1976; **Pallas** et al, 1979). Cette hypothèse est fortement confortée par le fait que l'évolution au cours du temps de l'état de surface du sol est étroitement liée à la pluviosité qui détermine l'humidité et donc la résistance mécanique à la pénétration (Maertens, 1964). Les **autres** facteurs dont dépend la résistance mécanique du sol sont bien connus et concernent la **texture**, le système de porosité, la densité apparente (**Guérif**, 1990; Charreau et **Nicou**, 1971)

1.2.3.2.2. Pratiques *culturales*

Les facteurs qui déterminent le nombre de gousses formées sont liés à l'émission et à la croissance des gynophores émis. D'une part, la croissance des gynophores dépend de l'humidité relative. D'autre part, les gynophores émis au niveau des noeuds de rang supérieur ne forment **généralement** pas de gousses en raison de leur élongation limitée et de l'effet inhibiteur des **premières** gousses sur celles plus tardives (Smith, 1954). Pour le contrôle de croissance des **gynophores**, les techniques culturales consistent en la transformation du billon en banquette qui permet une meilleure ventilation de la base des plantes et un accroissement de la distance entre les **gynophores** et la surface du sol. La pénétration des gynophores ainsi retardée permet d'augmenter le nombre de gynophores produisant des fruits (Amir, 1968; Shen-Yu et An Ke, 1988). Cette technique de culture appelée "A n M" permet d'augmenter de plus 20 % le rendement de l'arachide. Mais sur le plan pratique, sa mise en oeuvre nécessitant trois interventions spécifiques est difficilement **envisageable** dans le contexte actuel du bassin arachidier.

1.2.3.3. LA RÉCOLTE

1.2.3.3.1. *Maturation et perte des gousses au soulevage.*

Pour une variété donnée, la maturité de la gousse peut être déterminée par différentes méthodes dites directes dont les principales sont coloration interne de la coque (Young et al, 1982) ou la couleur de l'huile. La méthode indirecte pour une variété donnée et dans un environnement donné consiste à utiliser le nombre moyen de jours entre le semis et la maturation physiologique de la variété, ou longueur du cycle (Sanders et al, 1982). Dans le Sahel, cette longueur de cycle des variétés cultivées varie de 110-120 j au sud à 90 j au nord. En plus de la maturité physiologique, Young et al, (1982) montrent que la date optimale pour le soulevage doit aussi compte du type de sol, de l'humidité du sol et des conditions de séchage. Ainsi les pertes de rendement à la récolte sont d'autant plus importantes que le retard d'intervention par rapport à la date de la maturation physiologique est plus grand et que la teneur en eau de surface du sol est faible.

1.2.3.3.2. *Pratiques culturales*

Dans la situation actuelle de la production de l'arachide dans le Sahel, la maturation puis la récolte interviennent certaines années après un arrêt total des pluies. La prise en masse du sol qui se développe pose le problème de pertes de rendement en gousses à la récolte (Annerose, 1990). La récolte est effectuée en traction animale à l'aide d'un soc souleveur. Celui-ci pénètre plus ou moins profondément dans le sol en fonction de la cohésion du sol et donc de sa teneur en eau. Le volume de sol éclaté détermine donc le volume duquel on pourra extraire les gousses. Cette extraction se fait en exerçant manuellement une traction sur les tiges, qui entraînent le système racinaire, les gynophores et les gousses. Le succès de l'opération résulte conjointement de la résistance en traction de l'ensemble et de la cohésion du sol. Un glanage dans le sol travaillé assure le reste de la récolte. Les "pertes en terre" peuvent donc être importantes si la prise en masse à la dessiccation a eu lieu. Le nombre de socs souleveurs, dans une communauté villageoise, ne permet pas d'assurer la récolte en un temps suffisamment court après la maturité physiologique avant que la dessiccation n'intervienne. Il convient dans ce domaine d'estimer les pertes réelles qu'entraînent les conditions climatiques et le parc matériel actuel.

1.3 OBJECTIF DU TRAVAIL

Pour mieux maîtriser dans le Sahel l'impact des relations climat-sol, soumises à des pluviométries aléatoires, sur la production de l'arachide, il est indispensable de bien analyser la diversité des propriétés hydriques et mécaniques et des comportements des couches de surface du sol lors des phases phénologiques sensibles passées en revue dans ce chapitre.

Après avoir analysé en terme de fréquences les risques de sécheresse, leur distribution dans le cycle cultural, et principalement lors des phases phénologiques sensibles, on s'attachera à éclairer les points suivants:

- Impact et maîtrise des conditions d'implantation de l'arachide : incidence de la sécheresse sur la germination, la levée et le comportement de la plante. Inventaire et évaluation des possibilités offertes par les techniques culturales pour améliorer cette implantation en cherchant à conserver une humidité de surface propice à la germination.
- Impact et maîtrise des conditions de la fructification : influence des conditions d'alimentation en eau et de l'évolution des propriétés hydromécaniques superficielles du sol sur:
 - le rythme d'émission des gynophores,
 - la pénétration des gynophores dans le sol,
 - la réussite de la récolte.

L'approche méthodologique générale est schématisée (fig.1.14).

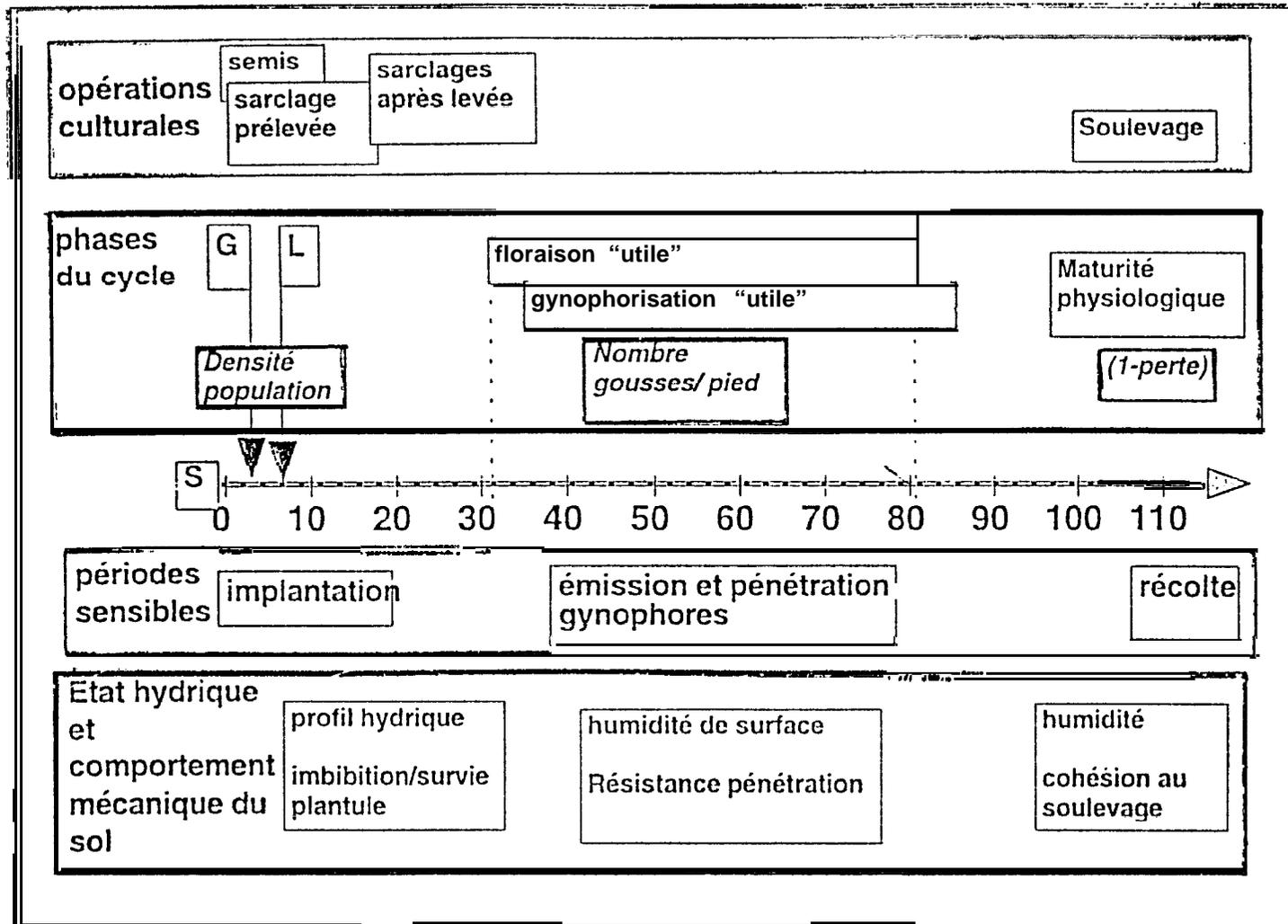


Schéma comparatif:opérations culturales,phases du cycle, périodes sensibles, état hydrique et mécanique du sol.

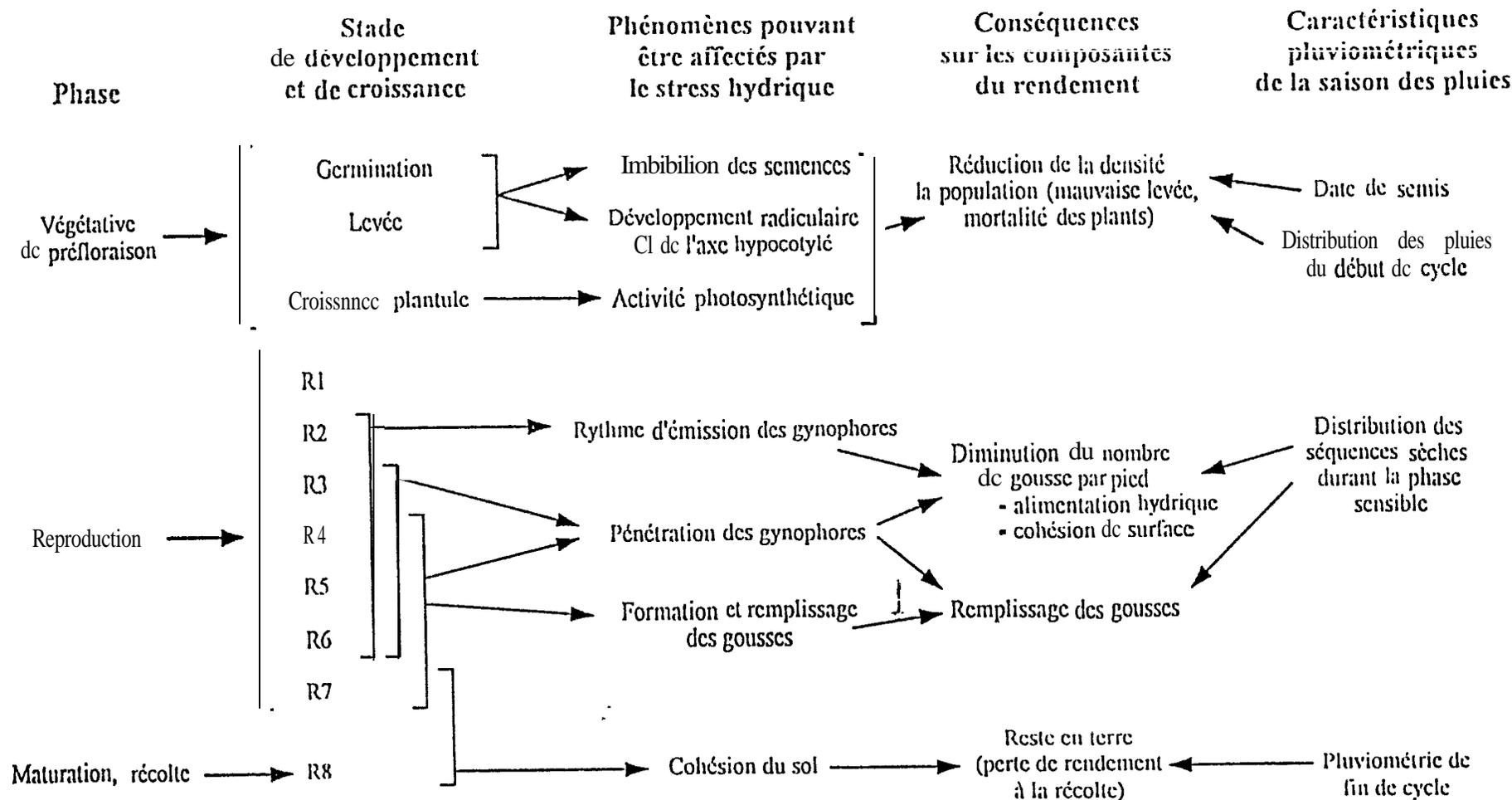


Fig. 1.14. : Rôle du milieu physique sur les composantes du rendement de l'arachide

* description des stades du schéma de Boote (1982)

R1 : début de la floraison ;
 R2 : début de Emission cl de la pénétration des gynophores ;
 R3 : début de la formation des gousses ;
 R4 : fin de la formation des gousses ;

R5 : début de remplissage des gousses ;
 R6 : fin de remplissage des gousses ;
 R7 : début de maturation ;
 R8 : maturation / récolte.

CHAPITRE II :

ANALYSE FRÉQUENTIELLE

DES CONDITIONS PLUVIOMÉTRIQUES

DANS LE BASSIN ARACHIDIER DU SÉGÉNAL

**CHOIX D'UNE DATE DE SEMIS OPTIMALE DE
L'ARACHIDE. CONSÉQUENCES SUR LA FRUCTIFICATION
ET LES CONDITIONS DE RÉCOLTE**

2.1. INTRODUCTION

Le contexte climatique de la culture pluviale de l'arachide en zone tropicale sèche est **caractérisé** par :

- un début erratique de la saison des pluies pour le déclenchement du semis;
- une apparition plus **fréquente** des périodes **sèches** pendant le cycle végétatif, et un arrêt précoce, voire un raccourcissement de durée de la saison des pluies.

Il apparaît nécessaire de procéder à une analyse de caractérisation et de prévision des risques de sécheresse s'appuyant sur les données pluviométriques pluriannuelles et multilocales. Les travaux réalisés dans ce sens mettent à disposition à l'échelle régionale un outil fiable de prise de décision de semis pour une meilleure satisfaction des besoins en eau de la culture (Dancette, 1978).

En **intégrant** cette approche bioclimatologique au concept physiologique, le modèle de simulation du bilan hydrique développé permet de déterminer pour les variétés cultivées dans les différentes zones **écologiques** du bassin arachidier la durée utile de saison des pluies et de prévoir les manifestations de sécheresses en fonction du stade de développement (Annerose, 1990).

L'analyse fréquentielle de la pluviométrie régionale permettant une caractérisation de la **sécheresse** vise la formulation d'hypothèses d'élaboration du rendement de l'arachide dans le bassin arachidier.

2.2. MATERIEL ET MÉTHODE D'ÉTUDE

2.2.1. MATÉRIEL

2.2.1.1. LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude concerne le bassin arachidier du Sénégal (Cf. Fig.1.2).

Sur le gradient Nord-Sud de pluviosité croissante, les trois sites choisis sont Louga, Bambey et Nioro du Rip. Ce choix découle des deux critères suivants :

- une bonne représentativité sur le double plan climatique et pédologique
- la disponibilité au niveau de chacun de ces sites de données météorologiques journalières pour une longue période. Les données pluviométriques allant de 1950 à 1992 sont prises en compte.

2.2.1.2. LA CARTE VARIÉTALE

La distribution des isohyètes met en évidence une augmentation aussi bien de la pluviométrie annuelle que de la longueur de la saison des pluies quand on se déplace du Nord au Sud.

Cela a rendu nécessaire l'établissement d'une carte variétale. Ainsi, les variétés **à** cycle court de 90 jours (variété 55-437) sont destinées aux deux zones Centre-Nord (Bambey) et Nord (Louga), **alors** que les variétés **à** cycle semi-tardif de 105-110 jours (variété 73-33) sont cultivées dans la zone Sud du bassin arachidien (Nioro).

2.2.2. MÉTHODE D'ÉTUDE

2.2.2.1. PRINCIPE

Il s'agit de générer les bornes de cycles végétatifs de l'arachide techniquement acceptables pour chaque site.

A partir des données pluviométriques pluriannuelles, on génère la date de semis, définie comme étant le jour où la pluie enregistrée permet de semer l'arachide. Nous nous appuyerons sur un modèle empirique développé par Annerose (1990) qui permet de décider de semer avec une probabilité de réussite de l'implantation de 90 % un jour j après une pluie P_j .

On compare alors les cycles végétatifs ainsi définis par la date de semis et une durée de cycle liée à la variété aux années climatiques enregistrées sur les trois sites de référence de 1950 à 1992.

En fonction de la variété utilisée, l'analyse des conditions d'alimentation en eau de la culture porte sur la distribution de la pluviométrie pendant les trois phases successives que sont l'implantation, la fructification et la récolte. Il s'agit essentiellement d'évaluer pour chaque phase les conditions de sécheresse.

2.2.2.2. PLUIE DE SEMIS DE L'ARACHIDE

Compte tenu des besoins en eau assez importants pour la germination et de la levée de l'arachide, mais aussi du coût élevé des semences, une pluie minimale de 15 mm est retenue pour le semis (Dancette, 1978).

Annerose (1990) a donc proposé une règle de décision empirique qui permet de choisir une date introduisant deux paramètres en plus de la notion de pluie minimale; il s'agit de la de pluie optimale (PLOPT) pour un jour de semis optimum (JOPT) qui assure pour un site et une variété donnés. une meilleure probabilité de réussite de la culture. Annerose définit une pluie idéale PSEM telle que :

$$PSEM = [\text{Jour} \cdot \text{JOPT}] \cdot \text{SEM} + \text{PLOPT}$$

où Jour est le jour de manifestation de la pluie, et SEM un coefficient de calage.

On ne cumulera la pluviométrie que pour deux jours consécutifs en admettant une évaporation de 5 mm/j.

Ainsi pour chaque site, les facteurs de détermination de la pluie de semis utile sont indiqués au tableau 2.1

SITE	JOPT (jours)	PI OPT (mm)	PMIN (mm)	SEM	
				Jour < JOPT	Jour > JOPT
Louga	1/7	30	15 le 30/07	1,0	-0,909
Bambeyr	20/6	20	15 le 15/07	2,5	-0,167
Nioro	17/6	20	15 le 15/7	2,5	-0,179

Tableau 2.1: Facteurs de détermination de la pluie de semis pour trois sites représentatifs du bassin arachidier. (Sources Annerose, 1990)

Ainsi pour chaque année et pour chaque site, le semis est considéré comme possible à deux conditions :

- la pluie du jour doit être supérieure à PSEM et jamais inférieure à PMIN,
- la pluie du jour ajoutée à celle de jour précédent doit être supérieure ou égale à PSEM + 5 mm et jamais inférieure PMIN.

2.2.2.3. DÉFINITION DU DEGRÉ DE PRÉCOCITÉ DE LA SAISON DES PLUIES

Plus une pluie intervient tôt en saison et plus les risques qu'elle soit suivie d'une période sèche prolongée sont importants. Donc, les exigences du semis en terme de hauteurs de pluie seront d'autant plus importantes que la saison des pluies sera précoce.

Le décalage de 2 à 3 semaines des dates d'apparition des pluies de semis entre le nord et le sud, et la prise en compte des méthodes de détermination de ces dates et hauteurs de pluie de semis optimales permettent de relativiser la précocité des hivernages en fonction des sites. Ainsi les trois types de saison qui ont été retenus et définis sont les saisons de pluie précoce, intermédiaire et tardive.

On définit alors pour chaque site et chaque type de saison des pluies une période pendant laquelle le semis de l'arachide est possible (Tableau 2.2).

A	Précoce	Intermédiaire	Tardive
Louga	1/6-30/6	1/7-25/7	Après le 25/7
Bambey	1/6-30/6	1/7-20/7	Après le 20/7
Nioro	1/6-20/6	21/6-10/7	Après le 10/7

Tableau 2.2 : Type de saisons des pluies (SP)

2.2.2.4. VARIABLES RETENUES POUR LA CARACTÉRISATION DE LA PLUVIOMÉTRIE DES DIFFÉRENTES PHASES DE LA CULTURE,

En fonction du stade de développement et de croissance de la culture, les processus physiques et/ou biologiques affectés par le stress hydrique, et leurs conséquences sur les composantes du rendement de l'arachide peuvent être identifiés (fig.1.14).

Ainsi un certain nombre de variables obtenues à partir des données pluviométriques annuelles ont été définies pour caractériser les conditions d'alimentation en eau au cours des trois phases étudiées.

2.2.2.4.1. Caractéristiques intéressant tout le cycle

- début de la saison des pluies : la date et la hauteur de la pluie de semis identifiées permettent la détermination de la nature de la saison des pluies en utilisant le tableau 2.2.
- les conditions pluviométriques précédant la pluie de semis pour juger du caractère erratique de la saison des pluies.
- le cumul et le nombre de pluies annuelles.
- la date de la dernière pluie pour une détermination de la durée utile de la saison des pluies .

2.2.2.4.2. Caractéristiques pluviométriques de la phase d'implantation

On s'intéresse à la distribution pluviométrique de début de cycle pour l'analyse des conditions hydriques de germination des semences d'émergence et de survie des plantules. Les variables considérées sont les suivantes:

- **durée** entre la pluie de semis et la pluie utile suivante, où la pluie utile est définie comme étant **supérieure à 10 mm**.
- hauteur de la seconde pluie utile.
- cumul et hauteur des pluies à 10, 20, 30 et 40 jours après semis (JAS) pour une description des **conditions** de croissance végétative de préfloraison.

2.2.2.4.3. **Caractéristiques pluviométriques de la fructification.**

Au cours de cette phase, l'accent est mis sur l'analyse des conditions pluviométriques au moment de **l'émission** et la pénétration des gynophores.

Les stades de R2 à R6 selon le schéma de Boote (1982) correspondant à la période entre 40 et 80 **jas** sont ici, considérés, Durant cette période, on s'intéresse à la répartition de la **pluviométrie** en déterminant le cumul et le nombre de pluie. On distingue toutefois deux sous-périodes dont la première est comprise entre 40 et 60 jas et la deuxième entre 60 et 80 jas.

La pénétration des gynophores et la formation des gousses sont particulièrement sensibles au stress hydrique (Boote *et al.*, 1982). La durée de la phase de fructification active est variable selon la variété. La durée de cette phase de plus forte sensibilité est de 30 jours (Billaz et **Ochs**, 1961 ; **Suard** Lu, 1963 ; Klepper, 1973). Cette période est comprise entre 40 et 70 jours après semis pour la variété de cycle court de 90 jours, et entre 50 et 80 jours après semis pour la variété **semi-tardive** de 110 jours. Pour chaque variété et dans la période sensible, on enregistre le nombre de ces séquences de n jours successifs sans pluie et on détermine leur fréquence sur 40 ans. Pour chaque année, on **enregistre** la séquence sèche la plus longue et on détermine la hauteur de la pluie qui la précède.

2.2.2.4. 4. **Caractéristiques pluviométriques de la récolte.**

La maturité physiologique (MP) qui détermine la date de récolte correspond à la longueur du cycle **définie** pour une variété donnée.

Compte tenu de l'échelonnement constaté de cette opération culturale, 3 dates de récolte **ont** été retenues. Il s'agit des dates de récoltes à la maturité physiologique (MP), MP + 15 jours, et MP **+30 jours**.

Pour chaque date , les variables déterminées sont :

- la hauteur de la dernière pluie avant l'intervention,
- le nombre et le cumul de pluie entre deux dates de récoltes,
- la **durée** et les fréquences de séquences sèches avant chaque date de récolte.

2.3. RÉSULTATS

2.3.1. EVOLUTION DE LA PLUVIOMÉTRIE ANNUELLE

Entre 1950 et 1991, l'analyse statistique de la pluviométrie met en évidence une importante variabilité inter annuelle, comme l'indique l'écart entre les valeurs extrême observées (Tableau 2.3)

	Altitude (m)	Latitude	Longitude	CPTOT (mm)		
				Moy	Min.	Max.
Louga	38	15°13"	16°13"	375.3	136.2	865.3
Bambey	20	14°28"	16°28"	586.4	315.9	1253
Nioro	0	14°08"	16°04"	763.3	417.5	1315

Tableau 2.3: Localisation des sites et statistiques sur la *pluviométrie* des 4 dernières décennies

Il existe aussi une nette augmentation de la pluviosité, avec une moyenne allant du simple au double quand on passe du nord au sud du bassin arachidier.

L'avènement de la sécheresse de longue durée à partir de 1968 permet de distinguer deux périodes de 1950 à 1967, et de 1968 à 1991 se différenciant par une diminution de 200 mm de la pluviométrie annuelle (tab.2.4.). Cependant, pour les deux périodes les pics pluviométriques des mois d'août et septembre sont conservés. En fait, la baisse de la pluviosité constatée à partir de 1968 est à relier au retard des manifestations des premières pluies et à la fin précoce de la saison d'une part, mais aussi à l'apparition fréquente de périodes sans pluies. Ce qui se traduit par la diminution du nombre total d'épisodes pluvieux au cours d'un hivernage: de 59 à 50 à Nioro, de 50 à 38 à Bambey et: enfin de 34 à 25 à Louga.

		Louga		Bambey		Nioro	
		CPTOT	NPTOT	CPTOT	NPTOT	CPTOT	NPTOT
1950-1967	Moy.	495,1	34	735,4	50	900,3	59
	Min	303,9	23	460,1	38	598,4	43
	Max	865.3	54	1252,5	63	1315	72
1968-1991	Moy	285,5	25	474,7	38	672,1	50
	Min	136,2	14	315,9	21	417,5	36
	Max	570,6	39	805,5	55	1015,8	68

Tableau 2.4 : Récapitulatif des *statistiques* sur la *pluviométrie* des trois sites pour les deux *périodes* avant et après l'apparition de la sécheresse

2.3.2. ANALYSE DE L'IMPLANTATION DE LA CULTURE DE L'ARACHIDE

L'application des méthodes développées pour la détermination des dates et hauteurs optimales de pluie aux données de base sur les 3 sites étudiés a donné les résultats présentés au tableau 2.5. Les différents paramètres déterminés font état d'une importante variabilité, à l'exception de la date de semis qui présente en outre une distribution normale.

Site	Louga			Bamey			Nioro		
	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.
Nj1mps (j)	29	0	97	24	0	73	18	0	63
Cpps (mm)	14,4	0	36,4	16,6	0	67	13,7	0	59
Psem (mm)	29,2	9,7	63,3	28,5	8,1	75	29,2	10,5	75
Datsem	196	158	228	188	157	221	172	141	204
Dpu (j)	13	1	52	9	1	49	8	1	21
Hpu, (mm)	23,6	9,2	63,1	25,9	8,5	95,5	22,5	8,2	56
Cp10 (mm)	28,5	0	161,2	29,8	0	146	33,2	0	145,5
Cp20 (mm)	67,9	0	278,5	73,6	3	196,1	77,9	2,7	185,5
CP30 (mm)	97,1	0,5	359,8	128,3	4,5	435,6	135,8	28	351,7
Cp40 (mm)	136,4	9,8	382,4	197,4	4,5	488,6	212	44,9	448,8

Tableau 2.5 : Répartition de la pluie en début de saison des pluies

Légende :

- Nj1mps : Durée en jours entre la première manifestation pluvieuse et la pluie de semis.
- Datsem : Date de semis (en jour julien)
- DPU (j) : Durée de la période sans pluie entre la date de pluie de semis et la pluie utile (≥ 10 mm) suivante.
- CP10 : Cumul de pluies durant les 10 premiers jours après semis
- CP 20 : Cumul de pluies durant les 20 premiers jours après semis
- CP30 : Cumul de pluies durant les 30 premiers jours après semis
- CP40 : Cumul de pluies durant les 40 premiers jours après semis
- NPTOT : Nombre total de pluies annuelles
- CPTOT : Cumul pluviométrique annuel

		Louga			Bamey			Nioro		
		Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.
1950-67	Nj1mps	25	0	65	25	1	67	11	0	38
	Psem	29,6	12,6	58,2	27,6	8,1	58,7	30,7	12	60
	Datsem	190	164	219	184	167	221	165	151	182
	DPU	10	1	34	9	1	28	9	1	21
1968-91	Nj1mps	30	0	97	24	0	73	22	0	63
	Psem	28,8	9,7	63,3	29,2	14	75	28,2	10,5	75
	Datsem	200	158	228	191	157	219	176	156	204
	DPU	15	1	52	9	1	49	8	1	19

Tableau 2.6 : Répartition des pluies en début de cycle. en distinguant la période humide (1950-1 967) et la période sèche (1968-1991)

2.3.2.1 DATE ET HAUTEUR DE LA PLUIE DE SEMIS

L'apparition du début de la saison des pluies, suivant le déplacement du front intertropical présente un caractère erratique qui croît du sud au nord. Cela est mis en évidence par la durée relativement longue entre les premières manifestations pluvieuses, communément appelées pluies parasites et la pluie effective de semis (tab.2.5). Pour une pluie de semis moyenne identique et voisine de 30 mm, la date de semis moyenne tombe le 20 juin à Nioro, le 7 juillet à Bamey, et le 15 juillet à Louga.

En distinguant les années humides des années **sèches** au niveau de chaque site (tab. 2.6), on **re marque** aisément que la sécheresse se caractérise par un allongement de la période de manifestations des pluies parasites et par conséquent un retard de la date de semis de l'arachide, la hauteur de la pluie de semis moyenne restant inchangée.

En conséquence de cette typologie, la répartition des 40 à 42 saisons de pluies prises en compte est **présentée** (tab.2.7).

		Types de saison des pluies (SP)			
		Précoce	Intermédiaire	Tardive	Total
L B					
Nouvo Bambey	Nb_cas				

Tableau 2. 7 : Répartition des semis en fonction du type de saison des pluies.

			Précoce	Intermédiaire	Tardive
1950-67	Louga	Nb_cas	6	9	3
	Bambey	Nb_cas	9	8	1
	Nioro	Nb_cas	31	5	0
1968-91					
1	Bambey Louga Nioro	Nb_cas			11

Tableau 2. 8 : **Répartition** des semis en fonction du **type** de **saison** des pluies. Distinction de la période humide (1950-1967) et de la période **sèche** (1968-1991).

La répartition des saisons des pluies des différentes campagnes de culture est variable au sein des trois types ainsi définis. Ainsi, alors que les saisons de pluies intermédiaires représentent partout 40 % des **cas**, du sud au nord les saisons des pluies tardives passent de 8 % des cas à Nioro à 33 % des cas à Louga. Par ailleurs, les saisons des pluies précoces passent de 53 % à Nioro à 24 % à Louga.

En distinguant les années humides des années sèches, la répartition des semis en fonction des types de saison des pluies est présentée au tableau 2.8. Rares pendant la période humide de 1950 à 1967, les semis tardifs se sont accrus au cours de la période sèche. En fait, pour tenir compte de la nouvelle situation climatique constatée à partir de 1968, il a **été** nécessaire de revoir la carte variétale en adaptant les longueurs du cycle.

2.3.2.2 STRUCTURE DES SAISONS DES PLUIES EN DÉBUT DE CYCLE

La caractérisation de la **pluviométrie** de la période qui suit le semis de l'arachide est menée avec la durée en jours entre la date de la pluie de semis et celle de la première pluie utile suivante (**DPU**), les hauteurs de ces pluies, respectivement PSEM et HPU, l'offre moyenne journalière en eau, et le cumul pluviométrique à 10, 20, 30 et 40 jas. Entre ces 2 premières pluies utiles, les pluies parasites **sont prises** en compte. Les statistiques élémentaires de ces grandeurs sont **présentées** (tab.2.5)

La durée de la période sèche **séparant** les 2 premières pluies utiles est très variable au sein des sites, et **des** gros écarts entre valeurs extrêmes (de 50 j environ) existent à Bambey et Louga. La distribution de cette variable n'est normale qu'à Nioro;(fig.2.1)

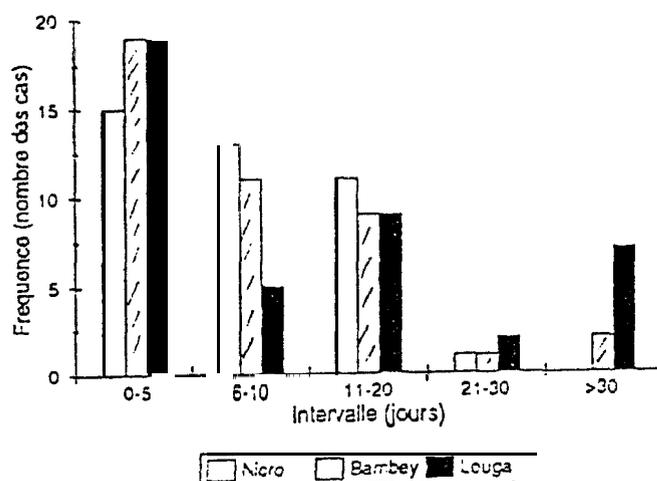


Figure 2.1: Répartition de la durée de la période sans pluie depuis le semis

En moyenne, la durée de la période sèche entre les 2 premières pluies utiles (DPU) passe de 8 j au sud à 15 j au nord. Mais, au cours des dix premiers jours qui suivent le semis, l'offre moyenne journalière en eau qui reste constante et égale à 6 mm/j environ, et de l'ordre de grandeur de l'ETP journalière moyenne .

La hauteur de la première pluie utile après le semis, est identique en moyenne pour les trois sites (entre 22 et 25 mm).

Les relations entre le type de saison des pluies pour chaque site et les variables quantitatives générées à partir des données de base ont fait l'objet d'une analyse de variance (tab.2.9).

	Louga				Bambeby				Nioko			
	Test	Type de SP			Test	Type de SP			Test	Type de SP		
		Préc.	Interm.	Tard.		Préc.	Interm.	Tard.		Préc.	Interm.	Tard.
Datsem	HS	173 a (2)	193 b (2)	215 c (2)	HS	171 a (2)	193 b (2)	213 c (2)	HS	161 a (1)	180 b (2)	200 c (3)
DPU (j)	pn	24	12	10	S	14 b	7 a	7 a	NS	9	10	7
CP10	pn	6,2	32,2	39,9	S	14,7 a	37,9 b	46,5 b	pn	32	34,1	37
CP20	HS	26,5 a (9,1)	64,0 ab (10,8)	101,4 b (18,8)	HS	43,6 a (8,3)	90,0 b (10,7)	106,9 (29,8)	NS	65,6 (9,8)	93,2 (11,2)	81,8 (26,0)
CP30	pn	51,6	101,9	123,6	S	89,4 a	144,4 b	187,5	HS	104,3 a	169,0 b	178,8 b
CP40	S	78,2 a (14,6)	148,7 b (20,0)	162,3 b (24,0)	HS	128,8 a (18,0)	236,7 b (23,0)	256,1 (57,2)	HS	162,0 a (15,2)	276,7 b (18)	217,3 (16,7)
NPTOT	S	31 b (3)	31 b (2)	24 a (2)	NS	44 (2)	43 (2)	41 (4)	NS	55 (2)	55 (2)	41 (6)
CPTOT	pn	422	413	294	pn	604	610	405	pn	807	752	525

Tableau 2.9 : Relations entre le type de saison des pluies et les variables décrivant la pluviométrie de début du cycle de la culture. La valeur entre parenthèses représente l'écart type; effet significatif au seuil de 1 % (**), de 5% (*), non significatif (ns). La distribution de la variabilité n'est pas normale (pn).

Pour les dates de semis, les sites de Louga et Bambey peuvent être distingués de celui de Nioro. Les semis pour les saisons de pluies précoces, intermédiaires et tardives, se font respectivement en moyenne le 20 juin, le 10 juillet, et le 1er août pour le premier groupe, et le 10 juin, le 30 juin et le 19 juillet pour le 2^{ème} groupe (Tableau 2.9).

A Bambey, la durée de la période sèche en début de cycle est d'autant plus courte que la saison des pluies est tardive, alors qu'à Nioro elle n'est pas affectée par le type de saison des pluies. Le cumul pluviométrique en début de cycle augmente généralement de manière significative avec la précocité de la saison, à l'exception de Nioro au 20^{ème} jas où on ne met pas en évidence l'effet du type de saison des pluies.

La saison des pluies précoce augmente les risques que DPU soit grand, et donc les risques d'une faible offre journalière en eau. Ceci est notamment le cas pour le nord du bassin arachidier. Cependant, cette offre en eau moyenne journalière, supérieure ou égale à 3-4 mm/j n'apparaît pas limitante compte tenu des besoins hydriques de la culture en début de cycle.

Cependant, la fréquence d'apparition de périodes sèches supérieures ou égales à 15 j en début de cycle augmente du sud au nord. Sur dix ans, cette période sèche d'au moins 15 j intervient 2, 3, et 4 fois respectivement à Nioro, Bambey et Louga. De plus, les semis sur pluie inférieure ou égale à 20 mm représentent respectivement 33, 36, et 16 % des cas à Nioro, Bambey, et Louga (tab.2.10). Dans ce cas, des périodes sèches de plus 15 j sont observées au niveau de chaque site.

	Nb de cas	Durée de la période sèche après le semis (j)s		
		Moyenne	Minimum	maximum
Louga	7 sur 42	13	4	22
Bambey	15 sur 42	8	1	28
Nioro	13 sur 40	7	1	16

Tableau 2 10 : *Durée des périodes sans pluies après le semis sur une pluie minimale (PSEM inférieure ou égal à 20 mm*

Dans ces circonstances, il se pose le problème de la réussite de l'implantation. Compte tenu de la demande évaporative, le statut de l'eau dans la zone d'emplacement des semences peut être limitant pour les besoins de la germination et de la levée.

Les cumuls pluviométriques à 10, 20, 30 et 40 jas suivent une distribution normale, mais manifestent une forte variabilité inter et intra sites au cours des années. Les conditions pluviométriques de la levée, soit les 10 premiers jours après semis, et pendant le développement végétatif en début de cycle, sont résumées ci-dessous (tab.2.11).

	Louga	Bambey	Nioro
Cumul de pluies			
..... à 40 10j(s) << 100 5mm	15 9 sur 42 42	7 7 sur 42 42	7 sur 40

Tableau 2.11 : *Fréquence des situations de conditions pluviométriques limitantes en début de cycle.*

Deux années sur 10, la levée de l'arachide dépend exclusivement de la pluie de semis pour tous les sites considérés. En ce qui concerne le développement végétatif précédant l'émission des gynophores, les conditions de Louga avec 4 cas sur 10 de cumul pluviométrique inférieur à 100 mm à 40 jas sont 2, et 4 fois plus contraignantes que celles de Bambey et Nioro, respectivement.

2.3.2.3 DISCUSSION ET CONCLUSION SUR LA PLUVIOMÉTRIE DE L'IMPLANTATION DE L'ARACHIDE.

L'analyse des résultats fait ressortir une variabilité importante des conditions d'implantation de l'arachide, aussi bien au niveau de la germination et de la levée qu'en ce qui concerne le développement végétatif en début de cycle.

La sécheresse qui sévit depuis quelques décennies a pour effet de rendre plus aléatoire le début de la saison de culture, mais aussi d'augmenter la fréquence des périodes **sèches** au **cours** du cycle. Les conséquences peuvent ainsi se faire ressentir dès l'implantation, où une densité optimale de **population** est nécessaire pour l'obtention de bons rendements.

Pour une pluie de semis donnée, les semis précoces occasionnent des risques d'augmentation de la **durée** entre le semis et la pluie utile suivante au niveau des sites étudiés. La gestion de ces risques impose de ne semer qu'après une pluie importante en cas de saison des pluies **précoce**, comme **préconisé** par les travaux existants (Dancette, 1978 ; Annerose, 1990).

Cependant, si on admet que dans les conditions climatiques du Sahel, la précocité s'accompagne d'une forte demande évaporative, il est aisé de percevoir l'importance de la dynamique du profil hydrique, et en particulier celle de l'horizon de surface où se trouve localisée la graine de semence. **Ce phénomène** est d'autant plus perceptible qu'il s'agit de sols sableux à très faible **capacité de rétention** en eau, dans lesquels l'importance de la dynamique de l'évaporation du sol nu est bien mise en évidence (Cissé et Vachaud, 1987 ; Metochis, 1993).

Par ailleurs, pour les semis lors des saisons des pluies tardives, l'agriculteur accepte **souvent** le risque de semer après une pluie minimale utile, les périodes sèches même de courtes durées entraînent alors des conditions de levée peu favorables. Dans le bassin arachidier, la fréquence non négligeable d'apparition de période sèche de durée supérieure à 15 jas **révèle** bien la précarité des conditions d'implantation de la culture.

En appliquant l'outil existant de prise de décision de semis, les principaux enseignements dégagés selon les niveaux de **précocité** de la saison des pluies font apparaître la nécessité de la mise en oeuvre de techniques culturales pour limiter l'évaporation.

2.3.3. ANALYSE DE LA PLUVIOMÉTRIE AU COURS DE LA FRUCTIFICATION

Dans la partie relative à l'implantation, la pluviométrie au cours des 40 premiers jour après semis a permis de décrire les conditions d'alimentation en eau précédant la floraison. La fréquence d'occurrence d'une alimentation en eau déficitaire, soit un cumul pluviométrique inférieur ou égal à 100 mm, varie du simple au double entre Niore et Bambey (tab 2.11).

Cependant, dans la grande majorité des cas l'offre en eau est satisfaisante. L'émission **et/ou** la pénétration des gynophores peut être considérée comme principalement dépendante de la pluviométrie au cours de cette phase de fructification.

La période de 40 à 80 jas est considérée pour deux raisons:

- dans le schéma des stades phénologiques définis par Boote (1982) (cf.9 1), le début de l'**émission** des gynophores se situe vers le 40ème jas,
- la phase la plus sensible au stress hydrique d'une durée 30 j s'étend du 40ème au 70ème jas pour la variété de cycle court (90 j), et du 50ème au 80ème jas pour la variété de cycle mi-long de 110 j (Billaz et Ochs, 1961)

Deux **sous-périodes** sont distinguées:

- 1) une sous-période allant de 40 à 60 jas pour décrire la pluviométrie de l'émission et de la pénétration des gynophores, et de début de formation des gousses (stades R2 à R4).

2) une sous-période allant de 60 à 80 jas pour la description du début de remplissage des gousses et du début de la maturation.

Les variables considérées pour chaque sous périodes sont les pluies cumulées (CP) et la répartition ou nombre des pluies (NP)

Lors de la phase de 30 j la plus sensible au stress, on détermine les séquences de n jours successifs sans pluies, La séquence la plus longue dans cette période de 30 j est notée (PSFS).

2.3.3.1. DESCRIPTION DES CONDITIONS PLUVIOMÉTRIQUES DE FRUCTIFICATION

L'analyse porte uniquement sur 2 sites: Nioro et Bambey

Les grandeurs considérées suivent en général une loi de distribution normale. Le nombre de pluies enregistrées au cours de ces deux périodes n'est pas corrélé au cumul pluviométrique précédant l'émission des gynophores, sauf à Nioro pour la première période de 40 à 60 jas (Annexe 2). Par ailleurs, il existe une forte relation entre le nombre de pluies et la date de semis au niveau des 2 sites.,

La période sans pluie la plus longue déterminée entre le 50 et le 80 ème jas dont la distribution est aussi normale est significativement corrélée à la date de semis et au cumul pluviométrique enregistré dans cette période, mais est indépendante à la pluviosité antérieure de début de cycle sur les deux sites,

La distribution de cette pluviométrie est présentée au tableau 2.12.

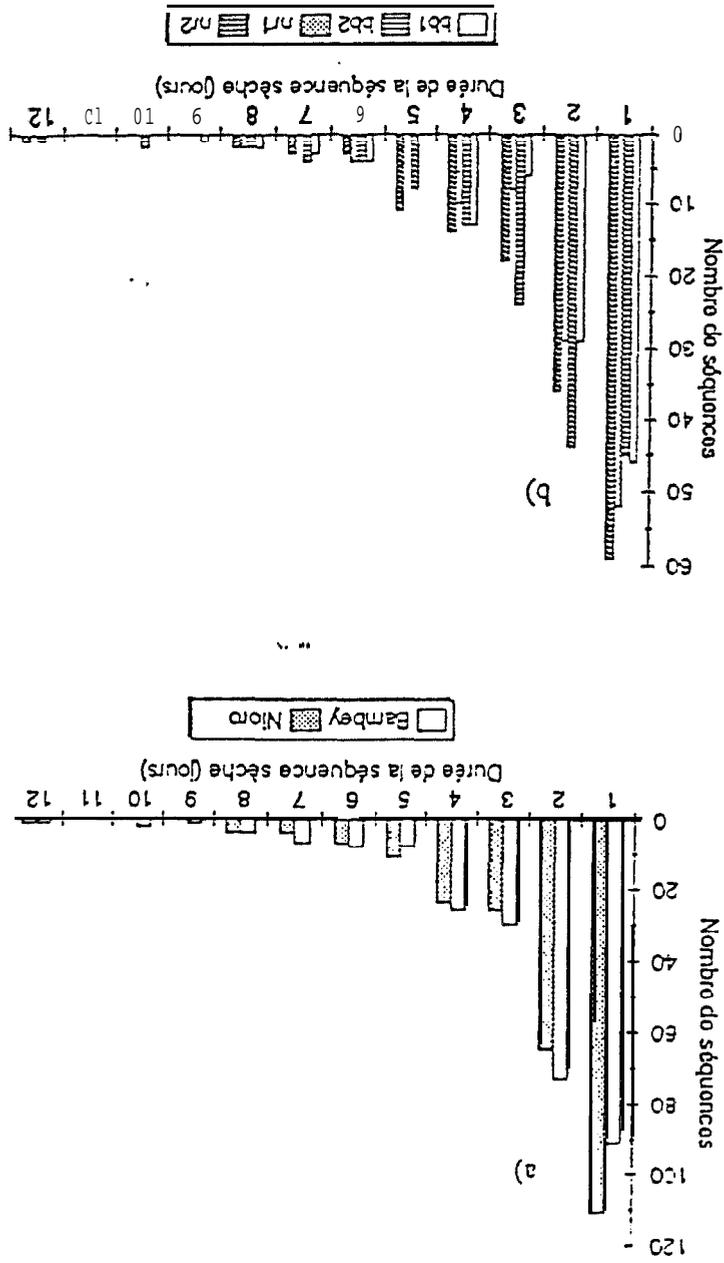
	Bambey			Nioro		
	Moy.	Min	Max	Moy.	Min	Max
NP4060 (j)	9 ± 3	2	16	10 ± 3	2	15
CP4060 (mm)	133,0 ± 81,3	3,7	319,7	163,3 ± 66,8	22	340,1
NP6080 (j)	8 ± 4	2	16	10 ± 4	2	18
CP6080 (mm)	129,7 ± 84,2	14	328,3	165,8 ± 107,8	15,5	566,2
PSFS (j)	7 ± 3	3	17	5 ± 2	1	12
HPAPS (mm)	11,6 ± 13,5	0,4	59,7	11,3 ± 9,3	1,3	42,2

Tableau 2.12 : Distribution de la pluviométrie au cours de la fructification. Le nombre après le signe +/- représente l'écart-type associé à la moyenne.

NP4060 : Nombre de pluies entre 40 et 60 jours après le semis (jas)
 CP4060 : Cumul de pluies entre 40 et 60 jas
 NP6080 : Nombre de pluies entre 60 et 80 jas
 CP6080 : Cumul de pluies entre 60 et 80 jas
 PSFS : Période sans pluie la plus longue entre 40 et 70 jas à Bambey et 50 et 80 jas à Nioro
 HPAPS : Hauteur de la pluie précédant la période sans pluie la plus longue.

Les valeurs relativement élevées tant au plan du cumul qu'à celui du nombre des pluies s'expliquent par le fait que cette période correspond en général au pic pluviométrique d' août et septembre. En moyenne, il pleut 1 jour sur 2 environ pendant la période de la fructification sur les 2 sites. Ceci pourrait porter à croire qu'un dessèchement de la couche de surface du sol empêchant la pénétration des gynophores est en moyenne très peu probable. Mais, si on considère la période de plus grande sensibilité au déficit hydrique, la durée de la séquence de jours successifs sans pluie grandeur varie entre 1 et 12 j pour une moyenne de 5 j à Nioro, et entre 3 et 17 j pour un moyenne de 7 j à Bambey.

Figure 2.2 : Fréquence des séquences de jours successifs sans pluie au cours de la période sensible. Site de Bambeï et Nioro : a) pour toute la période de 1950 à 1991 et b) en distinguant la période humide de la période sèche et Nioro en cours de la période humide 1950-1967, et b2 et n2 pour Bambeï et Nioro lors de la période sèche 1968-1991.



2.3.3.2. DISTRIBUTION DES PÉRIODES SÈCHES PENDANT LA FRUCTIFICATION

Pour Bambey et Nioro, la répartition de la durée des périodes sèches séparant 2 pluies consécutives est présentée (fig.2.3). Elle porte sur 42 ans à Bambey, soit une période totale de 1260 j, et sur 40 ans à Nioro, soit une période totale de 1200 j.

Pour chaque site, la décomposition du nombre total de jours sans pluie en séquences est présentée au tableau 2.13. On remarque que les épisodes sans pluie d'au moins 5 jours sont fréquents (30% du nombre total de jours sans pluie sur les quatre décennies). Ils interviennent au moins une année sur deux dans chacun des sites,

Site	Cumul de jours sans pluies	Pourcentage des séquences sans pluies		
		1-2j	3-4 j	> 4 j
Bambey	641	37	30	33
Nioro	564	41	30	29

Tableau 2.13 : Répartition du nombre total des jours sans pluie en séquences dans la phase sensible pour la fructification. Période 1950-91 à Bambey et Nioro.

La sécheresse à partir de 1968 semble avoir accentué cet aspect. En effet, entre 1950 et 1967, les épisodes sans pluies supérieurs 4 j sont observés 9 années sur 18 à Bambey et 6 années sur 16 à Nioro, alors que pendant la sécheresse de 1968 à 1991, ils sont observés 14 années sur 24 sur chacun des deux sites.

2.3.3.3. INFLUENCE DU TYPE DE SAISON DES PLUIES SUR LA PLUVIOMÉTRIE LORS DE LA FRUCTIFICATION

Le tableau 2.14 présente l'analyse de variance des variables climatiques importantes pour la fructification en fonction du type de saison des pluies.

	Bambey				Nioro			
	Test	Type de saison des pluies			Test	Type de saison des pluies		
		Préc.	Interm.	Tard.		Préc.	Interm.	Tard.
NP4080	NS	8 ± 1	9 ± 2	9 ± 7	**	8 ± 1	11 ± 1	10 ± 2
CP4060	NS	121,1 ± 20	147,6 ± 18,9	134,4 ± 36,6	*	108,9 ± 13,4	164,7 ± 15,4	186,6 ± 35,5
NP6080	**	10 ± 1	8 ± 1	3 ± 1	**	11 ± 1	11 ± 1	3 ± 2
CP6080	**	184,1 ± 16	114,2 ± 15	24,7 ± 26,9	*	199,5 ± 21,8	146,5 ± 25	33,0 ± 21,0
PSFS	**	6 ± 1	6 ± 1	12 ± 1	**	5 ± 0	5 ± 0	9 ± 1

Tableau 2.14 : Relation entre les variables décrivant les conditions pluviométriques de la fructification et le type de saison des pluies. Moyenne ± écart-type.

Les types de saison des pluies se différencient significativement selon les variables décrivant la pluviométrie des 2 sites, sauf pour le nombre et le cumul des pluies entre 40 et 60 jas à Bambey. Pour les saisons des pluies précoces et intermédiaires le cumul pluviométrique est compris entre 250 et 300 mm en 20 pluies environ. Il devrait permettre une satisfaction des besoins en eau de l'arachide; l'offre en eau journalière étant comprise entre 6,3 et 7,5 mm/j, soit de l'ordre de grandeur de l'ETP moyenne journalière. Au cours de l'épisode 60-80 jas, la saison des pluies tardives est particulièrement sèche comparée aux 2 autres saisons des pluies. Le déficit important à la capacité de Mention sur l'ensemble du profil racinaire pourrait expliquer un plus faible niveau de rendement que des conditions de l'état de surface restrictives à la pénétration des gynophores.

La période sans pluie la plus longue est significativement plus importante pour les saisons des pluies tardives que pour celles précoces ou intermédiaires sur les 2 sites. En l'absence de

problèmes d'alimentation en eau, ce qui est plus plausible pour les saisons des pluies précoces **et intermédiaires**, la période sans pluie la plus longue est en moyenne de 5 j à Nioro et de 6 j à Bambey.

2.3.3.4 Conclusion sur l'analyse de la pluviométrie lors de la fructification

En conclusion, lors de la fructification, l'analyse de la **pluviométrie** permet de tirer les résultats principaux suivants:

- 1) le **déficit** hydrique au début de la fructification peut être observé **même** pour les saisons des pluies **précoces**. En cas de saison des pluies tardive, l'alimentation hydrique est déficitaire, en particulier durant la période allant de 60 à 80 jas. Ce constat permet d'émettre l'hypothèse qu'un ralentissement du rythme de l'émission des gynophores par le déficit hydrique peut être la cause d'une faible production de gousses
- 2) dans la période, d'une durée de 30 j, de plus grande sensibilité à la sécheresse de l'arachide, on a observé au niveau des deux sites une fréquence élevée d'apparition de séquences sèches sans pluie d'une durée d'au moins 5 jours. Ceci pose le problème de la possibilité de la pénétration **dans** le sol des gynophores formés. Le caractère aigu de cet aspect dépend **de** la cinétique de dessiccation du profil hydrique et de la mise en place d'une couche de forte cohésion **à** la surface du sol. Cet aspect sera analysé plus loin.

2.3.4. ANALYSE DE LA PLUVIOMÉTRIE LORS DE LA RÉCOLTE

Pour une variété donnée, les conditions hydriques caractérisant la fin de son cycle déterminent non seulement la quantité de gousses mures, mais aussi les conditions d'intervention lors de la récolte. Compte tenu de la main-d'oeuvre et de l'équipement disponibles, et des autres travaux simultanés de récolte des céréales, on observe à partir de la maturité physiologique un étalement de la date de **récolte** de l'arachide. Les dernières interventions de récolte de l'arachide sont effectuées **entre** 3 et 5 semaines après la maturité physiologique (Sène, 1987).

En considérant par exemple 3 dates de récoltes:

- première date de récolte à la maturité physiologique MP (**Rec1**),
- deuxième date de récolte 15 jours **après** MP (**Rec2**),
- troisième date de récolte 30 jours après MP (**Rec3**)

Pour chaque date de récolte, on détermine :

- (i) la durée de la période sèche et la hauteur de la dernière pluie avant et après MP.
- (ii) le nombre et le cumul de pluies entre **Rec1** et **Rec2** et entre **Rec1** et **Rec3**, pour les conditions de soulèvement aux 2^{ème} et 3^{ème} dates de récolte.

Les variables considérées sont :

- la durée en jours de la période sans pluies avant **Rec1** (**NJS1**)
- la hauteur de la dernière pluie avant **Rec1** (**HP1**)
- la durée en jours de la période sans pluie après **Rec1** (**NJS2**)
- la hauteur de la première pluie suivant **Rec1** (**HP2**)
- nombre de pluies entre **Rec1** et **Rec2** (**NP1**)
- cumul des pluies entre **Rec1** et **Rec2** (**CPI**)
- nombre de pluies entre **Rec1** et **Rec3** (**NP2**)
- cumul des pluies entre **Rec1** et **Rec3** (**CP2**)

2.3.4.1 Distribution de la pluviométrie en fin de cycle de la culture

L'échelonnement de la date de récolte à partir de la maturité physiologique (MP) entraîne des variations dans les conditions d'intervention telles que **montrées** ci-dessous (Tableau 2.15). La maturité physiologique intervient à 90 et 110 jas respectivement à Bambey et Nioro. La durée de la période sans pluie avant et après la maturité physiologique est très variable entre les deux sites et **au sein même** des sites au cours du temps. Des pluies sont enregistrées après la maturité physiologique; mais elles deviennent de plus en plus rares entre les deux dernières dates de récoltes.

Durant la période **sèche (1968-91)**, les valeurs des différentes variables semblent confirmer le raccourcissement des saisons des pluies par rapport à la période humide (Tableau 2.16).

		Bambey			Nioro		
		Moyenne	Min.	Max.	Moyenne	Min.	Max.
Rec1	NJS1 (j)	5	0	27	5	0	20
	HP1 (mm)	13,5	0,3	43,9	10,3	0,5	46,3
	NJS2 (j)	9	0	30	12	0	30
	HP2 (mm)	10,6	0	68,5	9,6	0	61,3
Rec2	NP1 (j)	3	0	8	3	0	11
	CP1 (mm)	33,5	0	115,5	27,8	0	189,8
Rec3	NP2 (j)	4	0	12	3	0	15
	CP2 (mm)	44,3	0	146,8	36,8	0	228,8

Tableau 2.15. *Distribution des pluies par rapport aux trois dates de récolte. Période 1950-1991*

Période	Récolte		Bambey			Nioro		
			Moyenne	Min.	Max.	Moyenne	Min.	Max.:-
1950-67-	Rec1	NJS1 (j)	4	0	23	2	0	6
		HP1 (mm)	18	0,3	43,9	7,6	0,7	25,8
		NJS2 (j)	5,1	0	30	6	0	30
		HP2 (mm)	16,1	0	68,5	17,3	0	61,3
	Rec2	NP1 (j)	4	0	8	4	0	11
		CP1 (mm)	48,1	0	115,3	52,3	0	189,8
	Rec3	NP2 (j)	5,4	0	12	5,3	0	15
		CP2 (mm)	63	0	127,9	69,5	0	228,8
1968-91	Rec1	NJS1 (j)	6	0	27	8	0	20
		HP1 (mm)	10,1	0,4	38	12,1	0,5	46,3
		NJS2 (j)	12	0	30	15,9	1	30
		HP2 (mm)	6,5	0	39	4,5	0	45
	Rec2	NP1 (j)	2	0	7	2	0	5
		CP1 (mm)	22,6	0	112,9	11,5	0	45
	Rec3	NP2 (j)	3	0	9	2	0	8
		CP2 (mm)	30,2	0	146,8	15,1	0	70,9

Tableau 2.16 : *Distribution des pluies par rapport aux trois dates de récolte. Distinction de la période humide 1950-67 et de la période sèche 1968-91*

A l'inverse des paramètres décrivant les conditions **pluviométriques** d'implantation et de fructification active, ces variables ne suivent pas en général une distribution normale, sauf pour le nombre de pluies entre la 1^{ère} et la 3^{ème} date de récolte sur les deux sites et le nombre de jours sans pluie avant la 1^{ère} récolte à la maturité physiologique à Nioro.

L'analyse de la **variance** des paramètres décrivant les 2^{ème} et 3^{ème} dates de récolte en fonction des types de saison des pluies est présentée (tab.2.17).

Toutefois, l'incidence du type de saison des pluies sur les conditions de récolte semble bien se dégager. En particulier, les phénomènes de développement de la prise en masse commencent à prendre de l'ampleur à partir des saisons des pluies intermédiaires.

Ils sont exacerbés par l'avènement de la grande période de **sécheresse** où le bouclage du cycle de la culture pour les saisons des pluies tardives se fait en général dans des conditions d'alimentation hydrique déficitaires. En moyenne, 13 et 16 jours secs consécutifs avant la maturité physiologique sont respectivement dénombrés à Bambey et Nioro.

	Bambey				Nioro			
	Saison des pluies				Saison des pluies			
	Test	Précoce	Interm.	Tardive	Test	Précoce	Interm.	Tardive
NJS1 (j)	pn	3	5	13	*	2 a	7 b	16 c
NP1 (j)	pn	5	2	0	pn	4	1	0
CP1 (mm)	pn	48,5	30,7	0	pn	47,9	6,6	0
NP2 (j)	**	6 a	3 b	0 c	pn	6	1	0
CP2 (mm)	pn	67,9	37,1	0	pn	65,1	6,6	0

Tableau 2.17 : Relation entre le type de saison des pluies et les conditions **pluviométriques** de la récolte de l'arachide. Effet significatif à 1%(**), et à 5%(*); la distribution de la variable n'est pas normale(pn).

Pour les saisons des pluies précoces et même intermédiaires, des pluies sont enregistrées entre les dates de récolte. Par contre, pour les saisons des pluies tardives, il y a absence de pluie depuis la maturité physiologique.

Il apparaît que pour les 2 premières dates de récolte au moins, le nombre relativement important de pluies enregistré au cours de 17 années sur 40 permet d'envisager des interventions sans contraintes. Pour la 3ème date de récolte, les conditions de récolte peuvent être considérées comme suffisamment restrictives pour entraîner des pertes de rendement dues à un développement plus ou moins important de la prise en masse (tab.2.18).

	Rec1		Rec2		Rec3	
	NJS1 > 10		NJS2 > 15		NJS2 > 21	
	Bambey	Nioro	Bambey	Nioro	Bambey	Nioro-
...	156	208	2410	13	2560	2760

Tableau 2.1b' : Durée de la période sans pluie précédant la récolte.

Les risques plus faibles enregistrés à Bambey s'expliquent par l'utilisation de variété à cycle court (90 jours), alors que des variétés à cycle long (110 jours) sont utilisées à Nioro.

En moyenne, la période sèche supérieure à 15 j avant l'intervention de la récolte représente 8, 28, et 64 % des cas respectivement pour les 1ère, 2ème et 3ème dates de récolte. Il est important de noter qu'à l'exception de l'année 1962 à Bambey, toutes les années où il n'a pas été enregistré de pluies à partir de la maturité physiologique tombent dans la période de sécheresse, soit après 1967.

De plus, ces conditions supposées non favorables pour la réussite de la récolte ne sont jamais, observées pour les saisons des pluies précoces, sauf pour 1972 à Bambey.

2.3.4.2 Conclusion sur l'analyse de la pluviométrie en fin de cycle

Il ressort de cette analyse que la durée de la période sans pluie avant la récolte au niveau des deux sites est étroitement liée au type de saison des pluies; la saison des pluies tardives étant caractérisée par un arrêt précoce des pluies qui intervient souvent avant la maturité physiologique. L'analyse de la pluviométrie de fin de cycle souligne la forte probabilité d'intervention à la récolte quand le sol est **desséché** en surface.

Comme pour les conditions de pénétration des gynophores, les conditions hydriques de **récolte dépendent** de la cinétique de **dessiccation** du profil et de développement de la cohésion. Cependant, l'augmentation de la demande évaporative en fin de saison des pluies entraîne une accélération du **processus**.

Le type de **sol**, à travers la texture, joue un rôle important dans le processus de dessèchement du profil après l'arrêt des pluies. Le développement de la cohésion, lié au dessèchement du sol, est d'autant important que la texture du sol est fine (Charreau et **Nicou**, 1971).

2.4. CONCLUSION SUR L'ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES CONDITIONS PLUVIOMÉTRIQUES AU COURS DU CYCLE DE LA CULTURE DE L'ARACHIDE

A partir du choix de la date de semis de l'arachide basé sur un outil existant de prise de **décision**, l'analyse des conditions pluviométriques de la culture a été réalisée pour une période de **40 ans** sur trois sites représentatifs du gradient Nord-sud du bassin Arachidier. En mettant l'accent sur **les** phases d'implantation, de fructification et de maturation-récolte, les résultats de l'analyse ont permis de mettre en évidence une typologie régionale très marquée des saisons des pluies. La distribution des pluies au cours du cycle de la culture est étroitement liée à la précocité de la saison des pluies.

- Lors de l'implantation, le risque d'occurrence de période **sèche** prolongée est d'autant plus important que la saison des pluies est précoce. Si la pluie de semis lors d'une saison des pluies **précoce** est suffisante pour assurer une densité de levée satisfaisante, il reste qu'une longue période sans pluies peut entraîner une baisse de cette densité due à la mortalité des plants. En revanche, en cas de saison des pluies tardive, il est probable de rencontrer des problèmes de **levée** liés à une déficience de germination; la pluie de semis déclenchant le semis pouvant être minimale.
- Pendant la fructification, le déficit hydrique est observable quel que soit le type de saison des pluies. Mais, il est particulièrement marqué pour les saisons des pluies tardives. La fréquence élevée d'apparition des séquences sèches sans pluies d'une durée d'au moins de 5 jours permet d'émettre l'hypothèse de conditions de pénétration restrictives des gynophores dans le sol.
- En fin de cycle, le niveau de précocité détermine les conditions de maturation de la culture. Le retard **d'intervention** à la récolte à partir de la maturité physiologique augmente les risques d'intervention quand l'horizon de surface du sol est desséché, et donc les risques de pertes de rendement en gousses liés au développement de la cohésion du sol.

CHAPITRE III :

IMPLANTATION DE L'ARACHIDE

3.1. INTRODUCTION

Dans un contexte de sécheresse persistante affectant le pouvoir d'achat des producteurs, la réussite de l'étape initiale de l'implantation de l'arachide est d'autant plus souhaitable que le pouvoir multiplicateur normal des semences est faible. L'obtention d'une densité optimale de la levée dépend de nombreux facteurs évoqués au chapitre 2. En ce qui concerne le sol, si d'une part, la teneur en eau, l'aération et la température sont des facteurs déterminants de cet optimum, de l'autre la formation d'obstacles **mécaniques**, comme la croûte de **battance** a également une influence (Arndt, 1965; Unger, 1984; Souty et Rode, 1994). Toutefois si une longue période sèche suit le semis, alors la formation d'une croûte de **battance** avant la levée est très peu probable. Dans ce cas, la germination et la levée, et même la croissance de la plantule sont exclusivement sous la dépendance des autres facteurs comme la teneur en eau du sol.

Dans le chapitre précédent, nous avons bien mis en **évidence** l'importance de l'alimentation en eau en début de cycle, ceci en raison de la sécheresse. Le semis de l'arachide étant réalisé au début de la réhumectation du profil (début de la saison des pluies) suite à une longue saison sèche, le stock initial dépend *a priori* de l'importance de l'épisode pluvieux ayant lieu au semis. La date et la hauteur optimales de pluies de semis ont été définies par **Dancette** (1976) et **Annerose** (1990).

Pour une pluie de semis donnée (quantité d'eau tombée au moment du semis), la diminution de la teneur en eau du sol est déterminée par la demande évaporative du sol nu avant l'émergence des **plantules**, et par le **prélèvement** d'eau de ces plantules après émergence. Or cette évaporation du sol nu suite à une pluie est rapide et d'autant plus importante que l'humidité de surface est plus grande (**Cissé et Vachaud**, 1987; **Bruckler et Bouaziz**, 1993). Ainsi, pour des bonnes conditions de levée, il apparaît nécessaire de mettre en oeuvre des techniques culturales aptes à promouvoir une conservation de l'eau dans la zone de placement des semences. A ce propos, **Bristow** (1986) a mis en évidence les mécanismes physiques par lesquels le travail du sol, et particulièrement le buttage effectué en humide juste après une pluie, permet de réduire le taux d'évaporation de surface.

En ce qui concerne l'impact **éventuel** d'une gestion du profil **cultural** sur l'implantation de l'arachide, nos connaissances sont limitées. Le sarclage à plat de prélevée, tel qu'il est pratiqué par les producteurs du bassin arachidier, pourrait s'avérer trop superficiel pour donner lieu à un **mulch** artificiel dont l'effet profiterait à la levée. En revanche, le sarcla-buttage de prélevée adapte aux **pratiques** culturales en vigueur, et permettant d'apporter de la terre fine sous forme de butte sur la ligne de semis pourrait jouer ce **rôle**.

L'objectif de cette étude est double :

- (i) Analyser les conséquences sur l'implantation de l'arachide d'une sécheresse précoce en relation avec la hauteur de pluie minimale de semis retenue pour les différents types de saison des pluies (**précoce**, intermédiaire, tardif)
- (ii) Analyser l'impact des techniques d'aménagement du lit de semences sur la réussite de l'implantation de l'arachide sous l'effet de la sécheresse située au début du cycle de développement de la culture.

3.2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

3.2.1. CARACTÉRISTIQUES DU DISPOSITIF

3.2.1.1 LE SITE

L'adéquation nécessaire entre les objectifs poursuivis par l'étude et la **représentativité** des situations rencontrées incite à la mise en oeuvre d'un dispositif en milieu réel spécifiquement adapté. Ainsi, pour contrôler les apports d'eau aussi bien sur le plan de la **quantité** que sur celui de la période sèche **prolongée** en **début** de cycle, une expérimentation en saison sèche ou contre-saison a

été mise en place. La pluie de semis a été obtenue par irrigation par aspersion. La station agronomique de Nioro-du-Rip (cf. Fig. 1.2.) a été choisie pour abriter l'essai sur un précédent de jachère. Le site est constitué par un sol ferrugineux tropical lessivé. Selon la carte de **Piéri (1969)**, il est intermédiaire entre les sols rouges colluviaux de bordure de buttes et les sols bruns à taches et concrétions.

a) Le *climat*

Durant l'expérimentation de Janvier à Avril 1993, les conditions climatiques ont **été** décrites en utilisant les données journalières de la station météorologique sur place : l'humidité relative, la **température**, la demande évaporative (évaporation Bac Classe A). Ces conditions particulières de culture de l'arachide ont été comparées à celles de la saison des pluies. Pour cela, les données **climatiques** relatives à l'implantation des 3 dernières saisons des pluies ont été recueillies et analysées.

La culture de l'arachide est conduite pendant la saison des pluies qui s'étend généralement de Juin à Octobre dans le sud du bassin arachidier. Les caractéristiques climatiques moyennes observées **lors** des trois dernières saisons des pluies (de 1990 à **1992**) sont présentées à la figure 3.1. Le régime **pluviométrique** au cours de cette période est décrit au chapitre 2. La température pendant la saison des pluies variant entre 22 et **32°C** présente une amplitude beaucoup plus faible que celle **observée** pendant la saison sèche. L'humidité relative augmente régulièrement pour atteindre un maximum voisin de 100% en Août et Septembre, avant de décroître par la suite en fin de saison des pluies. **L'évaporation** potentielle décroît de 10 mm/j environ au début de la saison des pluies à **5-6 mm/j** à mi-cycle.

L'expérimentation conduite pendant la saison sèche est caractérisée par des conditions climatiques **différentes**. L'évolution des principaux paramètres climatiques de la période d'expérimentation (saison sèche de l'année 1993) est présentée en figure 3.2. En raison de l'absence totale de pluies, on observe en particulier au cours de la journée :

- des écarts de température très importants, avec des maxima atteignant souvent **40°C**
- des valeurs **d'humidité** relative assez faibles variant en moyenne entre 25 et 65%
- une forte évaporation pouvant dépasser 10 mm/j

Toutefois, la période de la phase d'implantation de l'arachide maquant la fin de la saison sèche ne présente de différence importante que pour l'humidité relative, par rapport à celle de l'expérimentation. La conduite de l'essai en plein champ en contre-saison se justifie par la nécessité de **contrôler** les apports d'eau. Les fortes contraintes climatiques qui **prévalent** au cours de cette **période** devraient permettre de mieux extérioriser les effets des traitements étudiés.

b) Les *caractéristiques physiques et chimiques du sol*

Les caractéristiques physiques et chimiques du sol ont été déterminées sur l'ensemble des **parcelles** élémentaires constituant le dispositif (Cf. Paragraphe **3.2.1.2**), c'est-à-dire 3 séries de 9 **parcelles**. Les prélèvements à la tarière ont été effectués à trois cotes : 0-10 cm, 10-20 cm et **20-40cm**.

● La texture du sol

L'analyse granulométrique a été menée suivant la méthode suivante : à partir d'échantillons de 20 g de sol, on procède d'abord à la destruction de la matière organique par attaque à chaud à l'eau oxygénée. Ensuite les agrégats sont dispersés à l'aide du pyrophosphate de sodium. Par sédimentation **et** tamisage, d'un côté on sépare les fractions constituées par l'argile et le limon, et de l'autre les sables subdivisés en deux classes : sables fins et grossiers.

Les **résultats** sont **présentés** au tableau 3.1. Le sol de texture à prédominance sableuse présente un taux d'argile de **4,5 %** en surface et qui augmente en profondeur. Cette évolution traduit le lessivage des éléments fins qui caractérise ce type de sol. Sur l'épaisseur de sol considérée, les taux de limon grossier et de sable grossier varient très peu, respectivement de 13 à 14% et de 26 à 28%.

L'importance relative du limon grossier et du sable fin (>60 %) explique la grande susceptibilité de ces sols à la battance et à la prise en masse (Nicou et al, 1993 ; Ducreux, 1984).

Horizon	Argile (%)	LF (%)	LG (%)	SF (%)	SG (%)
	0-2 μ	2-20 μ	20-50 μ	50-200 μ	200-2000 μ
0-10 cm	4,4 \pm 0,5	2,3 \pm 0,3	13,8 \pm 1,4	52,1 \pm 2,0	27,1 \pm 1,7
10-20 cm	5,6 \pm 0,9	2,8 \pm 0,4	13,7 \pm 1,6	50,2 \pm 1,6	27,4 \pm 1,6
20-40 cm	8,8 \pm 1,5	4,4 \pm 0,8	13,0 \pm 1,2	47,7 \pm 2,3	26,1 \pm 1,2

Tableau 3.1 : **Caractéristiques texturales** du site de Nioro. LF = Limons fins; LG = limons grossiers; SF = sables fins; SG = sables grossiers . Moyenne \pm écart-type

- Caractéristiques chimiques

Pour chacun des éléments analysés, la méthode utilisée est présentée au tableau 3.2.

	Taille échantillon	Méthode utilisée
pH eau et KCl	sol/solution = 1,25	pHmètre
Azote total	1 g de sol	dosage au phénate alcalin
Carbone total	5 g de sol	oxydation par bichromate de potassium et
Phosphore assimilable	5 g de sol	méthode Olsen modifiée Dabin
Bases échangeables et CEC	5 g de sol	méthode au cobaltihexamine

Tableau 3.2 : **Méthodes** d'analyse physico-chimique pour la caractérisation du site d'essai

Les résultats d'analyse chimique du sol sont présentés dans le tableau 3.3. Les caractéristiques sont homogènes pour tous-les éléments déterminés, sauf pour le phosphore assimilable. Cette hétérogénéité, plus prononcée pour l'horizon 20-40 cm, traduit un effet de précédent cultural (culture maraîcher-e bénéficiant d'une fertilisation intensive).

Horizon	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
pH eau	6,5 \pm 0,5	6,1 \pm 0,3	5,7 \pm 1,3
pH KCl	5,8 \pm 0,6	5,3 \pm 0,4	4,9 \pm 0,7
C (%)	3,1 \pm 0,8	2,6 \pm 0,6	2,1 \pm 0,6
N (%)	0,3 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1
C/N	11,5 \pm 1,7	12,5 \pm 1,9	11,4 \pm 1,7
P (Olsen) μ g/kg	106,9 \pm 71,4	94,7 \pm 51,6	69,1 \pm 78,0
Ca (cMole kg ⁻¹)	1,3 \pm 0,5	1,2 \pm 0,5	1,1 \pm 0,6
Mg (cMole kg ⁻¹)	0,4 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1
Na (cMole kg ⁻¹)	0,010 \pm 0,008	0,006 \pm 0,003	0,012 \pm 0,008
K (cMole kg ⁻¹)	0,088 \pm 0,042	0,094 \pm 0,083	0,062 \pm 0,033
S (cMole kg ⁻¹)	1,8 \pm 0,5	1,6 \pm 0,5	1,7 \pm 0,7
T (cMole kg ⁻¹)	2,5 \pm 0,5	2,4 \pm 0,6	2,4 \pm 0,6
S/T (%)	70,3 \pm 9,5	67,0 \pm 9,5	67,6 \pm 11,8

Tableau 3.3 : **Caractéristiques chimiques** du sol du site d'expérimentation. S : somme des bases échangeables; S/T(%) : taux de saturation des bases. Moyenne \pm écart-type.

Le résultat de l'analyse chimique met en évidence la pauvreté chimique du sol. Le pH diminue avec la profondeur. Les valeurs de pH correspondent à des situations variant de faiblement acide en surface à moyennement acide à 40 cm de profondeur. Le taux de matière organique, estimé à partir de la teneur en carbone, varie entre 0,4 et 0,6 %, ce qui est très faible. Le rapport C/N de 11 à 13 est indicatif d'un processus de minéralisation nette de la matière organique, favorisé par les conditions climatiques en vigueur. La faible valeur de la CEC pour les horizons de surface résulte des teneurs faibles en argile et en matière organique.

Si l'on se réfère aux critères de classification disponibles pour les sols ferrugineux tropicaux, le sol du site d'essai peut être considéré comme chimiquement pauvre. La teneur en azote total est bien en dessous du seuil critique de pauvreté de 0,75 ‰ défini par Boyer (1982). Toutefois, la teneur en P assimilable supérieure à 70 ppm sur les 20 cm de surface semble adéquate (Morant, 1991). De même, le pH généralement supérieur à 5,5 ne présente pas de risque de toxicité aluminique qui constitue le stade ultime de la dégradation chimique d'un sol en culture continue (Morant, 1991).

Sur le plan physique, Piéri (1989) a défini un indice de stabilité de la fertilité physique du sol comme étant le rapport entre la teneur en matière organique et la somme des taux d'argile et de limon fin. La valeur moyenne de cet indice calculée pour le site d'étude variant entre 7 et 9 permet de le classer parmi les sols à risque élevé de dégradation physique. En culture continue, la perte annuelle de matière organique estimée à 2 % sur les sols ferrugineux tropicaux entraîne ainsi une augmentation de la sensibilité à l'érosion.

En résumé, le site d'essai est très représentatif des sols supportant les cultures d'arachide dans le sud du bassin arachidier. Toutefois, la teneur relativement élevée de quelques éléments, tels que P et Ca, semble être un indice d'amélioration foncière liée aux conduites d'essai en station.

3.2.1.2 CARACTÉRISTIQUES DES TRAITEMENTS ÉTUDIÉS

a) Les pluies de semis

Pour obtenir une probabilité de réussite de semis de 90%, des travaux en bioclimatologie ont permis de définir les hauteurs de pluie optimales en fonction de leurs dates d'occurrence. Ainsi, trois pluies de semis ont été considérées pour simuler chacun des types de saison des pluies identifiés dans le sud du bassin arachidier :

- 15 mm pour une saison de pluie tardive (P1)
- 30 mm pour une saison de pluie intermédiaire (P2)
- 45 mm pour une saison de pluies précoce (P3)

La modulation de la hauteur de pluie de semis selon la précocité de la saison traduit la nécessité de tenir compte du risque d'occurrence d'une période sèche d'autant plus élevé que la saison est précoce. Pour une meilleure régularité de l'apport d'eau, l'irrigation au sprinkler est faite la nuit pour éviter l'effet du vent, et selon une intensité suffisamment faible pour limiter le ruissellement.

Pour les différentes hauteurs de pluie de semis retenues, un jeu de 6 pluviomètres de surface a été installé pour une analyse de l'homogénéité de l'apport d'eau. Aussitôt après irrigation et juste avant le semis, il a été procédé à la détermination de la répartition du front d'humectation et des stocks hydriques initiaux à 50 cm de profondeur. Pour chaque pluie de semis, on a considéré 9 répétitions. Pour chaque série qui correspond à une pluie de semis, les caractéristiques de l'irrigation sont présentées au tableau 3.4. La pluie visée n'a pas été obtenue dans le cas de la série P3 où 37 mm ont été apportés au lieu des 45 mm désirés.

Série	Pluie visée (mm)	Pluie obtenue (mm)	Front d'humectation (cm)	Stock hydrique (mm)
P1	15	16,9 ± 0,7	13,3 ± 0,9	25,5 ± 0,3
P2	30	29,8 ± 1,1	19,5 ± 1,3	36,8 ± 1,9
P3	45	37,1 ± 0,3	23,7 ± 1,9	48,9 ± 1,4

Tableau 3.4 : Caractéristiques de l'irrigation pour chaque série. Moyenne ± écart-type.

Schéma de l'opération de semis

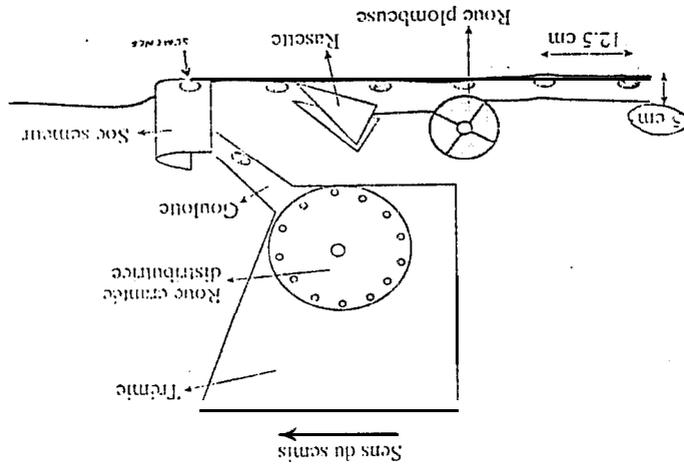
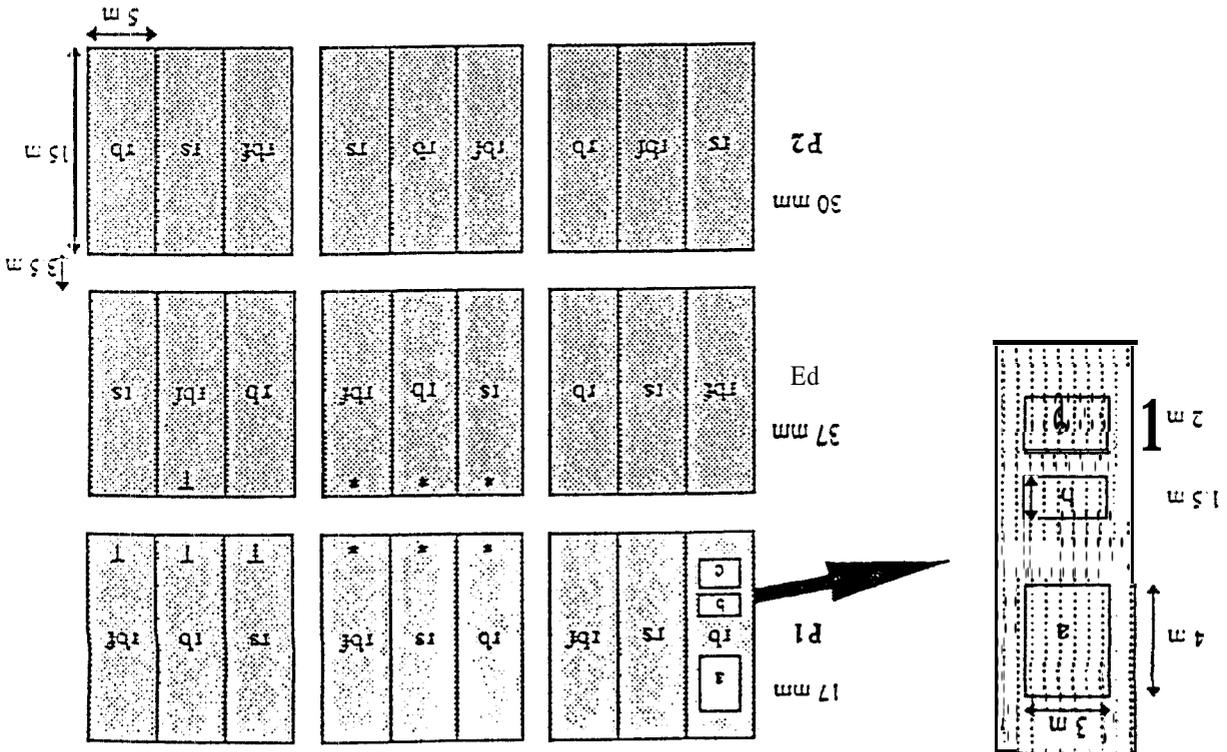


Figure 3.3 : Plan du dispositif expérimental

- * : prélèvement racinaire
- T : thermocouple
- P1 : 17 mm, pluie tardive
- P2 : 30 mm, pluie intermédiaire
- P3 : 37 mm, pluie précède
- rb : radou baligne
- rs : radou simple
- rbf : radou baligne avec enfouissement fumier

- a : suivi de la densité de population (non destructif)
- b : suivi hydrique (destructif)
- c : suivi de la matière sèche aérienne (destructif)



b) Aménagement du lit de semences

Les acquis des recherches ont montré l'effet positif de l'aménagement du profil cultural sur les composantes du rendement de l'arachide. Ainsi, le travail en sec à la dent (ou au courtier) en courbe de niveau améliore l'infiltration des eaux des premières pluies. Ceci se traduit par une avancée plus rapide du front d'humectation (Sène et Garin, 1989).

Par ailleurs, le sarcla-buttage de prélevée permet une meilleure conservation de l'eau dans le profil pouvant se répercuter sur la qualité de l'implantation de l'arachide (Juncker et Sène, 1990). De plus, il permet d'envisager l'apport de matière organique par enfouissement localisé sur la ligne de semis. Par conséquent, les risques de pertes de la fumure dus au ruissellement sont limités.

Sur ces sols soumis à la culture continue, les effets d'apports de matières organiques comme le fumier ou le compost sont bénéfiques aux bilans hydriques et minéraux, ainsi qu'aux rendements de l'arachide (Cissé, 1986). A défaut de modifier les propriétés de rétention et de transfert hydriques, le fumier apporté à faible dose améliore l'enracinement de la culture. Cela se traduit par une meilleure valorisation de l'eau et des éléments minéraux.

La reproductibilité de ces techniques à effet positif sur les composantes du rendement constitue un critère essentiel de choix. Ainsi, pour chacune des trois pluies de semis retenues, les trois traitements considérés sont les suivantes (3 répétitions par traitement) :

- le témoin "paysan" consiste en un semis mécanique en ligne et par traction animale, suivi d'un sarclage à plat de prélevée, ou *radou simple* (RS)
- le semis est suivi d'un sarcla-buttage de prélevée, ou *radou baigne* (RB)
- le semis est suivi d'apport localisé sur la ligne de semis de fumier enfoui grâce à un sarcla-buttage de prélevée (RBF). La dose d'apport de fumier est de 5 t/ha.

La variété d'arachide utilisée est la variété 73-33, semi-tardive de 105 jours de type Virginia à port érigé. Elle a un potentiel de production de 2,5 à 3 tonnes de gousses par ha. Depuis 1986, elle remplace dans la zone la variété 28-206 qui est de même type botanique et de potentiel de production comparable, mais a un cycle plus long de 10 jours environ. Ce changement est lié aux effets de la sécheresse. Les semences traitées au fongicide ont donné un taux de germination de 98 % selon un test classique. Sur chaque parcelle élémentaire (5 m sur 15 m), le semis porte sur 10 lignes.

c) Dispositif et conduite de l'essai

Le dispositif qui découle des différents traitements étudiés est présenté en figure 3.3. Les trois séries considérées correspondent chacune à une pluie de semis et sont de dimension 46 m sur 15 m. Elles sont séparées entre elles par une allée de 3,5 m de large, dans laquelle a été réalisée la caractérisation de la profondeur de semis. Chaque série est subdivisée en 3 blocs de 15 m sur 15 m comportant chacun 3 parcelles élémentaires correspondant chacune à un des 3 traitements "préparation du lit de semence". Ces traitements sont randomisés au sein d'une série.

Sur ce dispositif, les opérations culturales sont réalisées comme suit :

- aussitôt après irrigation, le semis de l'arachide est réalisé en ligne au semoir et en traction équine. L'écartement entre les lignes est de 50 cm. L'utilisation d'un disque de 30 crans pour la variété utilisée donne lieu à un écartement sur la ligne de 13,5 cm, soit une densité théorique de 348.000 plants par ha. Le soc du semoir est réglé pour une profondeur de semis moyenne de 4-5 cm. Ainsi chaque parcelle élémentaire de dimension 15 m sur 5 m comporte 10 lignes de semis. Pour une bonne régularité du semis et des sarclages suivants, on procède à des lignes continues sur les parcelles alignées des 3 séries.
- les sarclages sont effectués aussitôt après le semis et les apports de fumures. Ces derniers sont constitués par l'engrais classiquement utilisé, soit 150 kg par ha de 8-1 8-17 (soit 12-27-25) sur toutes parcelles d'une part, et par le fumier sous forme de "poudrette" apporté à 5 t par ha uniquement sur RBF.
- un désherbage manuel est fait par la suite, à la demande, pour éviter la concurrence pour l'eau.

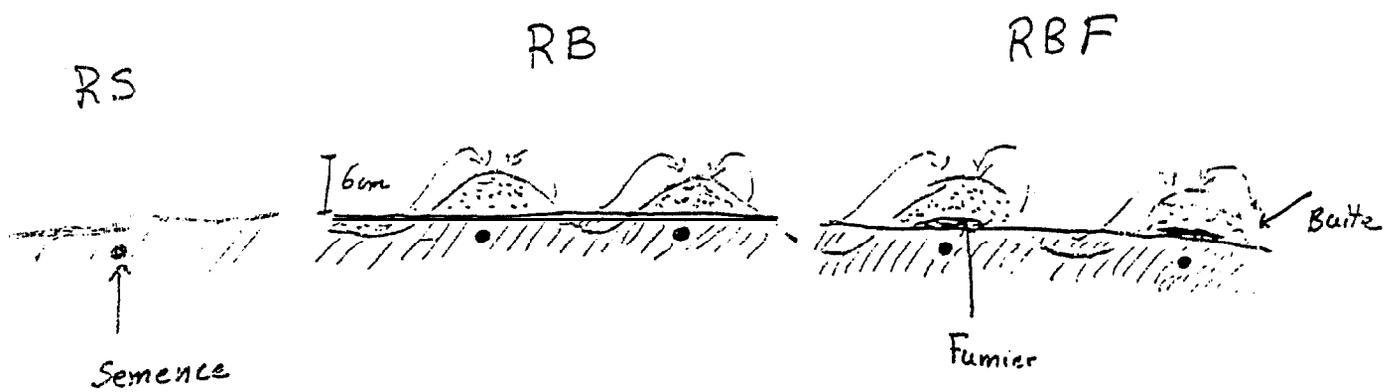


Schéma descriptif des traitements.

X2.2. CONTRÔLES ET MESURES RÉALISÉES À LA MISE EN PLACE DE L'ESSAI

3.2.2.1 CARACTÉRISATIONS PHYSIQUES

a) Structure du sol

Sur les sols tropicaux, Braudeau (1988) a développé une méthode retractométrique de l'analyse structurale. Celle-ci a été mis en oeuvre dans un certain nombre d'études (Boivin, 1991; Mapangui, 1992; Colleuille, 1993). La méthode est utilisée pour la caractérisation structurale des parcelles d'expérimentation (Cf. Annexe 1).

La figure 3.4 montre qu'en surface (horizon 0-15 cm), le retrait mesuré est faible, ce qui met en évidence l'existence d'un horizon de surface à structure dégradée. En ce qui concerne l'horizon 15-35 cm, le retrait mesuré est plus important, donc à ce niveau, le sol est un peu plus structuré.

b) Rugosité de surface

Un profilographe à aiguilles a été utilisé pour évaluer la rugosité de surface du sol avant et après le semis et les sarclages. Il est constitué d'un cadre métallique comportant 37 tiges régulièrement espacées de 2.5 cm, verticales et de même longueur. Ces tiges reposent sur la surface du sol et donc elles en épousent la forme du micromodelé. Leur dénivellation est ainsi enregistrée à l'aide d'une feuille de papier millimétré ajustée sur le cadre.

Le modelé de surface est déterminé avant et après la mise en oeuvre des traitements. Après le semis, les trois sarclages de prélevée sont distingués sur chaque pluie de semis. Les indices de rugosité moyens (IR) ainsi que les dénivellations moyennes extrêmes sont déterminés pour les différents traitements. (tabl. 3.5).

	Pluie. de semis	Traitement	IR	Dénivellation maximale (cm).	Dénivellation minimale (cm)
Avant irrigation		Témoin	7,1 ± 2,1	0,5	-2,1
Après irrigation	P1	RS	10,9 ± 2,4	1,4	-3,0
		RB	20,6 ± 2,9	4,6	-2,8
	P2	RS	12,8 ± 2,3	2,0	-4,0
		RB	21,1 ± 1,0	4,5	-3,6
	P3	RS	9,8 ± 1,1	1,3	-2,9
		RB	25,7 ± 2,8	6,3	-3,6

Tableau 3.5 : Modelé de surface résultant des sarclages de prélevée. Moyenne ± écart-type.

Avant l'irrigation les dénivellations enregistrées varient en moyenne entre -2 et 0,5 cm. Ce micromodelé de surface résulte en partie du désherbage manuel effectué lors de la préparation du site d'essai. Ce travail en sol sec a donné lieu à une couche superficielle pulvérulente d'environ 0,5 cm d'épaisseur. Après la mise en oeuvre des traitements, les petites buttes façonnées sur la ligne de semis par RB ou RBF accentuent l'ondulation en surface par rapport au sarclage à plat. L'indice de rugosité varie du simple au double quand on passe de RS à RB.

Avant irrigation, trois répétitions par série sont considérées, alors qu'après la mise en oeuvre des traitements, trois répétitions par type de sarclage de prélevée et par série sont prises en compte. L'analyse de données fait appel à l'utilisation d'indices synthétiques :

(i) indice de Kuipers (1957) qui est égal à l'écart-type des relevés, soit la formule :

$$IR_k = 10m^{-1} \sum \left[\left(n^{-1} \sum (x_i - \mu)^2 \right)^{1/2} \right]$$

où m = nombre de répétitions;
 n = nombres de tiges;
 x_i = côte en cm mesurée pour la tige i;
 μ = moyenne des côtes

(ii) indice d'Allmaras (1966), qui est lié à IR_k par la formule : $IR_A = \log(IR_k)$. Cet indice présente l'avantage d'avoir un pouvoir discriminant élevé, mais aussi l'inconvénient de ne pas avoir une signification physique très précise, Pérez (1994) montre que IR_k dépend principalement de la dénivellation maximale mesurée, contrairement à un autre indice (Boiffin, 1984) qui est sensible à la pente.

Le sarclage donne lieu à deux types de microrelief. Il s'agit d'une surface quasi-plane à ondulation visible mais peu prononcée correspondant au témoin, et une surface à ondulation marquée en raison de la présence des buttes sur les lignes de semis de 2 traitements.

c) Densité apparente

Juste avant la mise en place de l'essai, un densitomètre à membrane a été utilisé en sol sec à raison d'un profil par parcelle pour la détermination de la densité apparente. Les échantillons ont été prélevés à 3 niveaux : 0-10, 10-20 et 20-40 cm. L'obtention du volume, puis du poids sec de l'échantillon de sol permet de calculer la densité apparente sèche en $g.cm^{-3}$.

Les valeurs moyennes de masse volumique des 3 horizons superficiels sont présentées au tableau 3.6. Elfes correspondent à des porosités totales variant entre 36 et 41 %. Il semble donc que les conditions de porosités sont limitées pour un bon développement racinaire (Blondel, 1965; Nicou et Thirouin, 1968).

Horizons	Masse volumique (g/cm^3)
0-10 cm	1,62 ± 0,02
10-20 cm	1,62 ± 0,03
20-40 cm	1,58 ± 0,06

Tableau 3.6 : Masse volumique du sol du site d'essai. Moyenne ± écart-type.

3.2.2.2 CARACTÉRISATIONS HYDRIQUES ET HYDRODYNAMIQUES

a) Caractéristiques hydrodynamiques du sol

Les caractéristiques hydrodynamiques pour un horizon de sol donné concernent les relations entre la teneur en eau (θ en cm^3/cm^3) d'une part, et d'autre part, la pression de l'eau (h, en mb) et la conductivité hydraulique (K, en mm/j). Le sol du site a fait l'objet d'une caractérisation hydrodynamique par la méthode du drainage interne jusqu'à une profondeur de 3 m (Baret, 1980). Les données tensiométriques obtenues par cet auteur ont été utilisées pour déterminer la courbe h(6), ou courbe pF, pour la côte 10 cm, complétées par les données de laboratoire pour les pressions plus faibles.

La relation entre la teneur en eau (6) et le potentiel hydrique (h) ainsi établie prend en compte uniquement les conditions humides du sol (fig. 3.5). Cette étude met en évidence l'existence d'un important écoulement gravitaire en partie dû à des fentes de retrait observables en profondeur sur des profils ouverts. La réserve utile du sol est respectivement de 40 et 60 mm à 30 cm et 50 cm de profondeur.

Sur des **échantillons** de surface (0-10 cm), la courbe **pF** a été déterminée en laboratoire (fig. 3.6). Pour une densité apparente de **1,6**, les valeurs de **h** correspondant aux fortes teneurs en eau sont comparables à celles obtenues **in situ** par **Baret** (1980). Par ailleurs, les teneurs en eau à la capacité au champ (**pF2**) et au point de flétrissement permanent sont respectivement de 0.13 et 0.025 **g/g**.

L'**évaporation** du sol nu est essentiellement liée à l'humidité de surface, compte tenu de la faible variabilité de la demande évaporative en saison sèche (Fig. 3.7). La relation entre la conductivité hydraulique (**K**) et θ est donnée par la formule proposée par **Vauclin** (1980) :

$$K/K_0 = (\theta/\theta_0)^B$$

avec **K** : conductivité (**mm/j**)

K₀ : conductivité hydraulique en régime permanent (**mm/j**)

θ₀ : humidité du sol en régime permanent, estimée à **0,28 cm³/cm³**

B : paramètre d'ajustement

Pour le site d'étude, l'utilisation de la teneur en éléments (%A + L) permet de paramétrer **K₀** et **B**, θ_0 étant considéré comme l'humidité à saturation soit **0,28 cm³/cm³** (**Vauclin et Imbemon, 1980** - Tabl. 3.7). Le domaine de validité de cette relation ne concerne que les sols à faibles teneurs en argile + limon (A+L).

Horizon	%A+L	B	K ₀ (m/s*10 ⁶)
10-30 cm	6-12,5	9,67	9,4-13,4
50 cm	12,5	6,65	11,3-14,4

Tableau 3.7 : **Estimation** des paramètres de la relation entre **conductivité** hydraulique et teneur en eau des horizons de surface du site (d'après **Bar-et, 1980**)

c) profil hydrique à sec (avant irrigation)

Les mesures hydriques sont faites selon la méthode gravimétrique, compte tenu du grand nombre de points à prélever et de la précision requise pour les mesures de **surface**. Les déterminations de l'humidité pondérale (**w**, en **g/g**) et de la densité apparente (**d_a**, **g/cm³**) permettent d'accéder à l'humidité volumique (θ , en **cm³/cm³**) par horizon prélevé, et au stock hydrique (**S**, **mm**) pour une profondeur donnée. Les calculs sont faits selon les formules ci-dessous :

$$w = (M_h - M_s) \cdot M_s^{-1}$$

$$\theta = w \cdot \gamma_d = w \cdot d_a \cdot \rho_w$$

$$S = 100 \cdot \sum \theta_i (Z_i/10)$$

avec **M_h** et **M_s** : poids humide et sec de l'échantillon (**g**), respectivement

w : teneur en eau pondérale

θ : teneur en eau volumique

ρ_w : masse volumique de l'eau (**g/cm³**)

γ_d : densité apparente **sèche**

S : stock d'eau (**mm**)

Z_i : épaisseur de l'horizon considéré (**cm**)

L'humidité pondérale est obtenue par prélèvement à la tarière pour les tranches de sol 0-5, 5-15, 15-25, 25-35, 35-45 et 45-55 cm. La connaissance des caractéristiques hydrodynamiques et de la capacité de rétention du sol (**Baret, 1980; Cissé et Vachaud, 1990**) permet de se limiter à cette profondeur, compte tenu des volumes d'eau d'irrigation à apporter.

L'utilisation de l'ensemble de ces paramètres permet de caractériser l'état hydrique du sol avant la mise en place de l'essai, notamment l'humidité volumique par couche de sol et le stock hydrique à

sec déterminé à 55 cm de profondeur (Tabl. 3.8). Le prélèvement de sol intervient environ 4 mois après l'arrêt des pluies. Par conséquent, le profil après la fin de la saison des pluies est pratiquement desséché : cela est d'autant plus marqué que le site n'a pas été désherbé après la saison des pluies (Nicou et Chopart, 1971). L'eau stockée dans le profil, soit 10 mm en moyenne, ne participera que très faiblement à l'alimentation de la culture.

Horizon	$\theta(\text{cm}^3/\text{cm}^3)$	stock moyen d'eau (mm)
0-5 cm	$0,0012 \pm 0,000$	$0,06 \pm 0,06$
5-15 cm	$0,005 \pm 0,001$	$0,50 \pm 0,40$
15-25 cm	$0,014 \pm 0,002$	$1,40 \pm 0,50$
25-35 cm	$0,02 \pm 0,003$	$2,00 \pm 0,30$
35-45 cm	$0,027 \pm 0,004$	$2,70 \pm 0,40$
45-55 cm	$0,033 \pm 0,005$	$3,30 \pm 0,60$
stock moyen sur 55 cm	-	$9,93 \pm 1,50$

Tableau 3.8 : stock moyen d'eau dans le profil à la fin de la saison des pluies sur le site d'implantation de l'essai (12 répétitions pour chaque mesure). Moyenne \pm écart-type.

3.2.2.3 Profondeur de semis

La profondeur de placement de la graine a été analysée dans l'intervalle séparant les séries entre elles. Aussitôt après le semis et juste avant le sarclage, une détermination de la profondeur de semis a été réalisée sur un nombre total de 60 graines réparties au hasard en bordure des parcelles. Pour chaque pluie de semis, 20 semences sont ainsi considérées. La distribution de la profondeur de semis indique une valeur moyenne comparable quelle que soit la hauteur de pluie (Tab. 3.9).

Profondeur moyenne (mm)	Répartition des graines par couche de sol		
	10-20 mm	20-30 mm	>30 mm
17 mm	2	3	15
30 mm	1	2	17
37 mm	2	1	17

Tableau 3.9 : Variation de la profondeur de semis

3.2.3 MESURES RÉALISÉES AU COURS DE L'ESSAI

3.2.3.1. CONDITIONS CLIMATIQUES

Durant l'expérimentation de Janvier à Avril 1993, les données horaires de la station météorologique installée sur le site ont été : l'humidité relative, la température, la demande évaporative (évaporation Bac Classe A).

3.2.3.2 SUIVI DU COMPORTEMENT PHYSIQUE DU SOL

a) Profil hydrique

On considère pour ce suivi l'humidité volumique, le front d'humectation, et le stock en eau jusqu'au front d'humectation. Les prélèvements gravimétriques se font à raison d'un profil par parcelle et par date de prélèvement (1, 3, 6, 9, 14, 21, 30 et 42 jours après semis), et dans une zone exclusivement réservée aux échantillonnages destructifs (Fig. 3.3). Pour un suivi assez fin des conditions hydriques au voisinage de l'emplacement de la graine, mais aussi dans la zone de croissance de la racine, les tranches de sol très fines de 2 cm d'épaisseur à prélever ne s'accrochent pas avec l'utilisation classique de la tarière (figure 3.8). Ceci explique l'utilisation du couteau de peintre permettant d'obtenir les tranches d'épaisseur désirée.

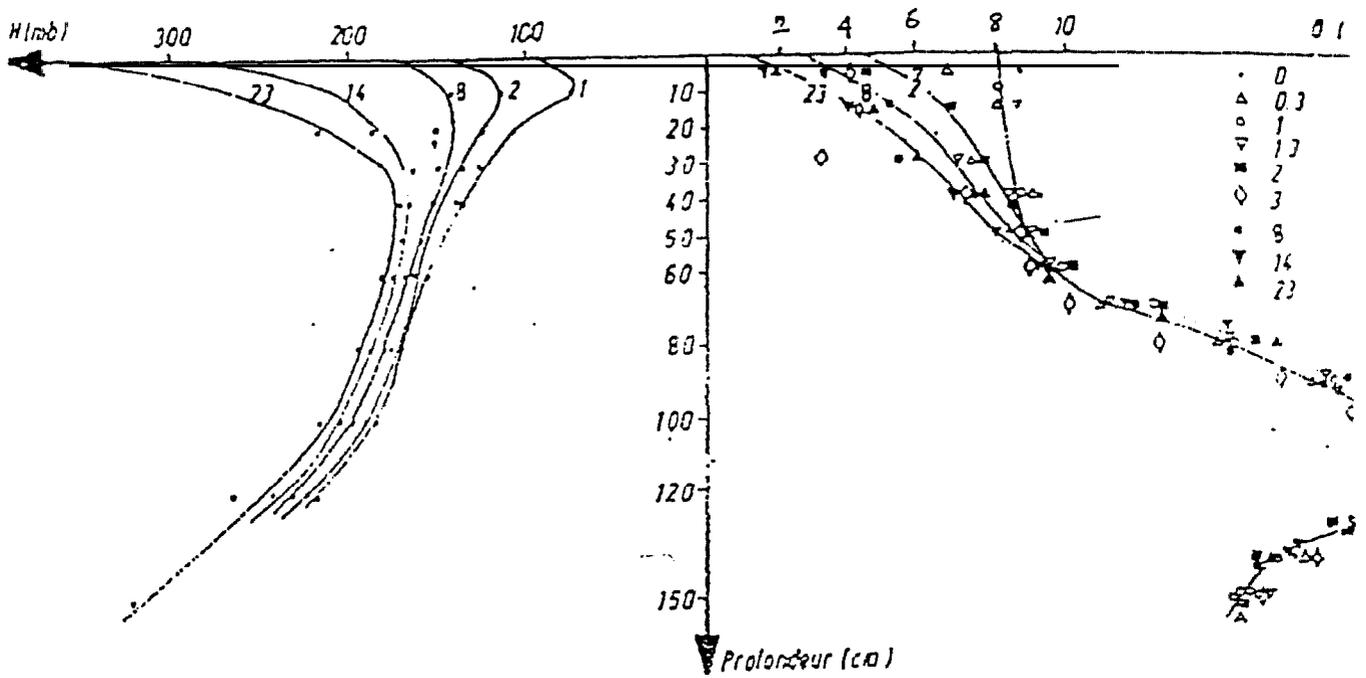


Figure 3.5 :Relation entre la teneur en eau du sol et le potentiel hydrique dans le profil en évaporation naturelle (Baret, 1980)

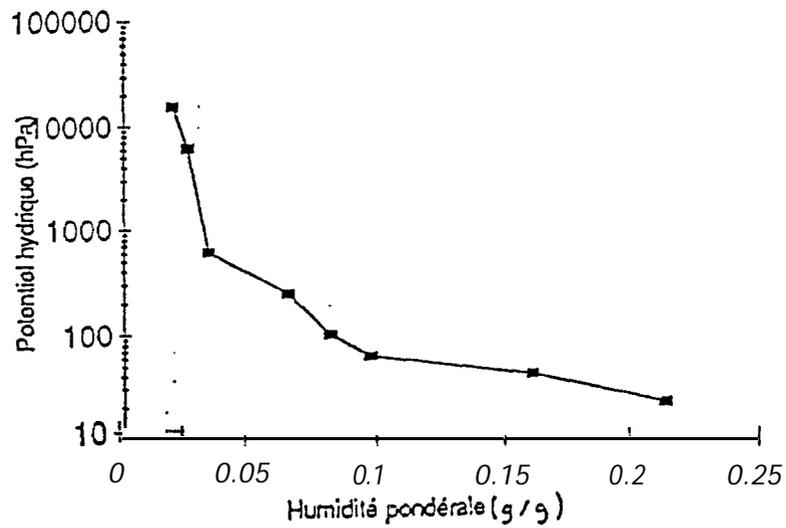


Figure 3.6 : Relation entre le potentiel (h en hPa) et humidité pondérale pour l'horizon 0-10 cm.

A partir de 10 cm de profondeur, les prélèvements gravimétriques sont réalisés tous les 5 cm au moins ou en-dessous du front d'humectation. A chaque date de prélèvement, l'humidité volumique pour chaque couche et le stock hydrique dans le profil sont déterminés.

Entre deux dates de mesure, la consommation d'eau par la plante (ETR) est déterminée à partir de l'équation générale du bilan hydrique :

$$P+I-D-R+\Delta S=ETR(mm)$$

Avec :

P : Pluie enregistrée entre deux dates
 I : Irrigation apportée
 D : Drainage en-dessous de la zone racinaire
 R : Ruissellement
 ΔS : Variation de stock
 ETR : Evapotranspiration

Les échantillons sont pris sur la ligne de semis pour bien mettre en évidence l'effet de la butte par rapport au sarclage à plat. Alors que les 4 premières mesures décrivent l'évolution du profil hydrique pendant la phase de germination et de levée, les autres périodes de prélèvements permettent d'analyser la croissance et le développement de la plantule.

b) Evolution de la température du lit de semences

A l'aide de thermocouples reliés à une centrale d'acquisition, le suivi de la température du lit de semences a été réalisé sur quelques parcelles des 2 séries correspondant à 17 et 37 mm de pluie de semis (Fig. 3.4). Il s'agit pour la première série d'une répétition de chaque traitement, et pour la deuxième d'une répétition de RB uniquement. Pour ces parcelles instrumentées, les profondeurs de placement des thermocouples sont au nombre de 2 pour RS (5 et 10 cm).

3.2.3.3 SUIVI DES CARACTÉRISTIQUES DU PEUPEMENT

a) Comportement de l'arachide en début de cycle

Le comportement de l'arachide au cours de son implantation et son développement végétatif de début de cycle sont analysés en relation avec les disponibilités hydriques dans le profil du sol. On réalise donc un couplage des suivis des paramètres de comportement de la plantule avec celui des teneurs en eau et de stocks hydriques du sol sur les différents traitements.

Pour les prélèvements destructifs on mesure le poids de matière sèche, le contenu relatif en eau de la plante, l'enracinement.

b) Densité de peuplement et taux de recouvrement

Ce suivi est réalisé sur une partie réservée aux observations non destructives sur chaque parcelle du dispositif. La densité de population à partir de l'émergence ou levée est déterminée par comptage sur une surface de 12 m² délimitée sur chaque parcelle. Au cours du temps ce comptage permet de quantifier le taux de mortalité des plantes lié à l'alimentation en eau. Les valeurs sont exprimées en nombre de plants par ha. Ce suivi a été réalisé à 7, 30 et 45 jours après semis.

Le taux de recouvrement du sol par la culture est déterminé à 3 dates (7, 30 et 45 jours après semis) grâce à une grille de notation carrée de 1 m² ayant des mailles carrées de 5 cm de côté. La grille est positionnée 3 fois sur une parcelle pour estimer le taux moyen de recouvrement. Les indices 0, 0,5 et 1 sont utilisés selon que le recouvrement de la maille par la végétation est nul, partiel ou total. A partir de 400 relevés, le taux de recouvrement pour une répétition est calculé comme suit :

$$TR (\%) = 0.25 (0.5M1 + M2)$$

avec M1 : nombre de mailles affectées de la valeur 0.5
M2 : nombre de mailles affectées de la valeur 1

Ces parties réservées aux observations non destructives nous ont également permis de contrôler l'initiation florale.

c) Croissance des parties aériennes

Le poids de matière sèche

Le poids de matière sèche est déterminé sur toutes les parcelles à 14 et 30 jours après semis en récoltant sur un mètre linéaire les plants d'arachide. Ces plants sont comptés, puis séchés à l'étuve à 80°C pendant 24 h avant d'être pesés. La grandeur analysée concerne le poids de matière sèche par unité de surface (g/m²)

Le contenu relatif en eau (CRE)

C'est une grandeur physiologique sensible au stress hydrique (Annerose, 1990; De Raïssac, 1992). Sa mesure est recommandée à partir du stade 3 feuilles, Ainsi la détermination a eu lieu aux dates suivantes : 14, 21, 30, 42, 56 jours après semis.

A l'aide d'un emporte-pièce, on prélève 4 disques foliaires sur chaque parcelle. Le prélèvement est effectué sur une foliole de la 5ème feuille à partir du sommet de la plante. La période d'échantillonnage au cours de la journée correspond à la plus forte demande évaporative, soit entre 12h et 15h. Aussitôt prélevé, le disque est enveloppé dans de la paraffine pour conserver son humidité. En utilisant une balance de précision, on détermine :

- le poids frais (PF)
- le poids turgescents (PT), obtenu en réhydratant le disque pendant 2h dans de l'eau distillée
- le poids sec (PS), après séchage à l'étuve du disque pendant 24h à 80°C

Le calcul du CRE d'un disque est fait selon la formule :

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

d) Croissance racinaire

Deux types de détermination ont été réalisés :

- jusqu'à la levée (4 à 7 jours après semis), des sondages simplifiés sont effectués pour déterminer la vitesse d'avancement du pivot racinaire, en relation avec le front d'humectation. Ces observations ont été réalisées sur le traitement RS pour les deux séries pluie de semis de 15 et 45 mm. Sur chacune des deux répétitions suivies, la longueur moyenne de la racine est déterminée par rapport à la mesure sur 6 graines.
- après la levée, on utilise la méthode des prélèvements globaux à 14 jours après semis pour déterminer la masse sèche racinaire en fonction du traitement. Deux profils racinaires pour RS et RB ont été réalisés sur les séries 15 et 45 mm. La méthode consiste à découper un monolithe en parallélépipède rectangle, de volume $0,5 \times 0,5 \times \text{FH}$ m³ (FH = profondeur du front d'humectation en m). Le monolithe est centré sur 2 ou 3 pieds d'arachide. Ensuite, le prélèvement est effectué par tranche de 2 cm pour la couche 0-10 cm, puis par tranche de 5 cm jusqu'au front d'humectation. L'extraction des racines est faite à l'aide d'un tamisage sous eau des échantillons prélevés. Enfin, le séchage à l'étuve à 70°C pendant 48h des racines ainsi séparées de la terre permet après pesée de déterminer la masse racinaire.

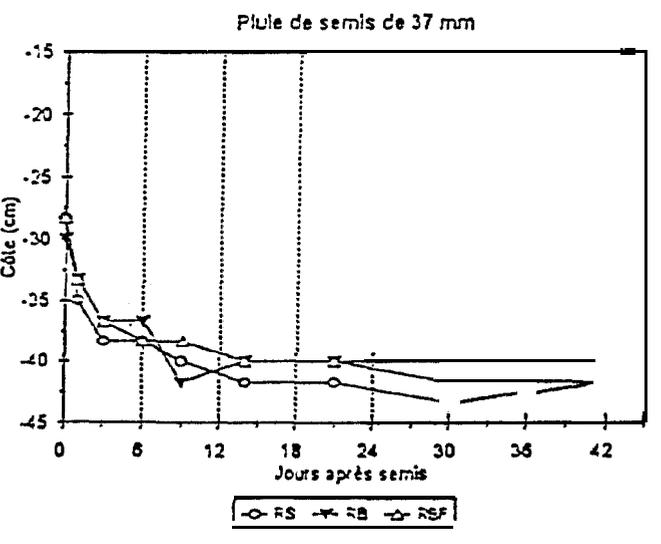
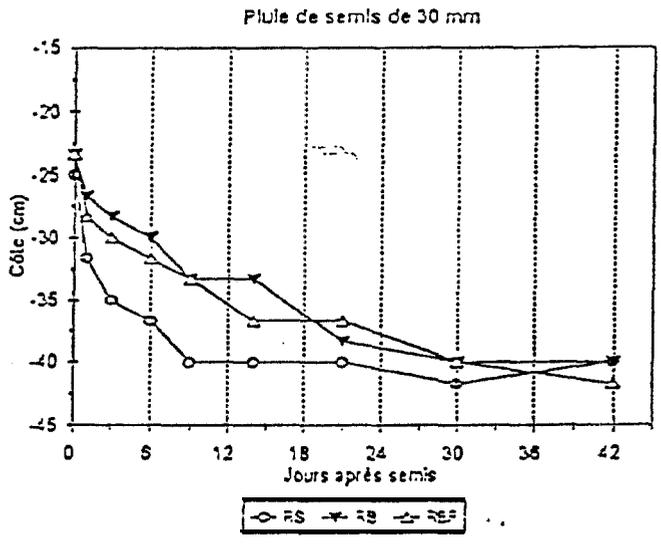
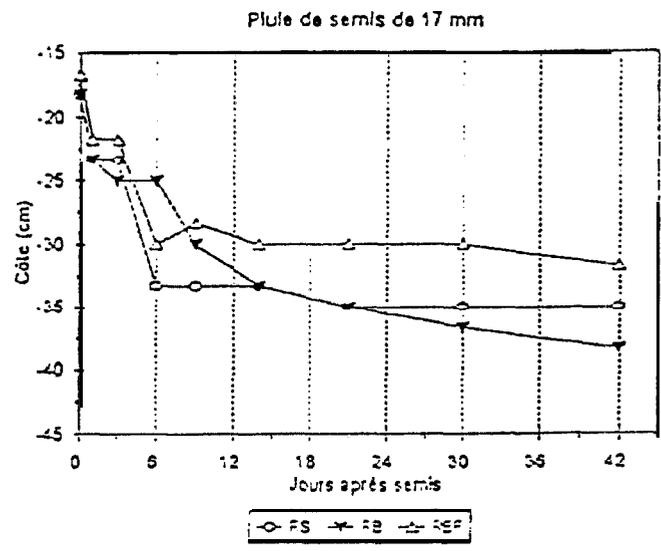


Figure 3.9 : Front d'humectation au cours du temps. Nioro, 1993

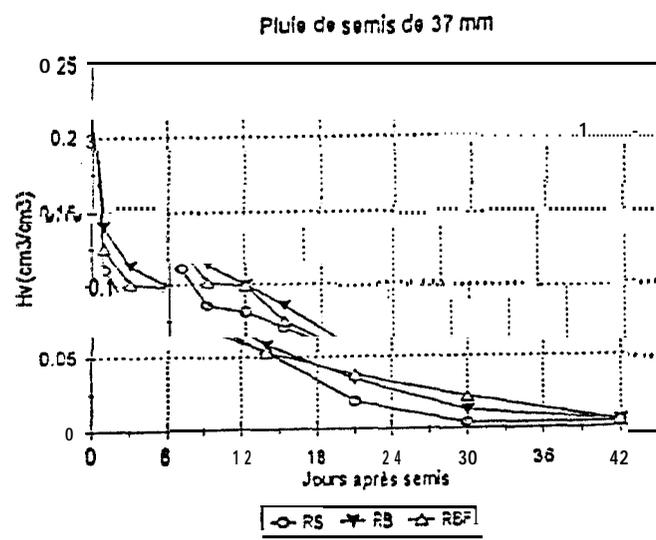
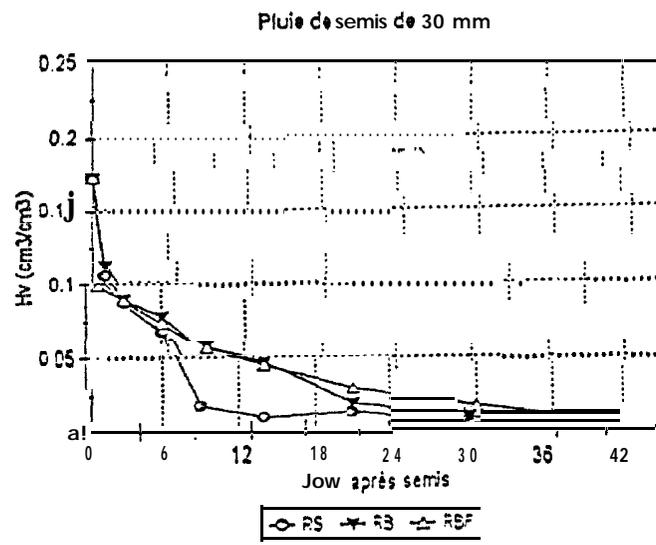
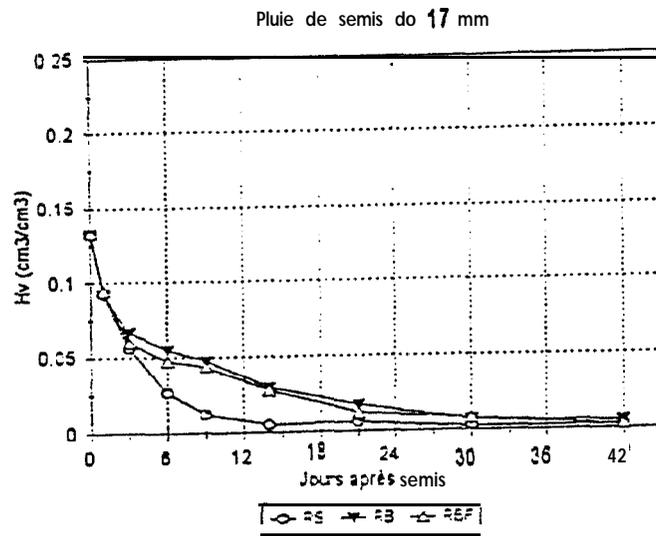
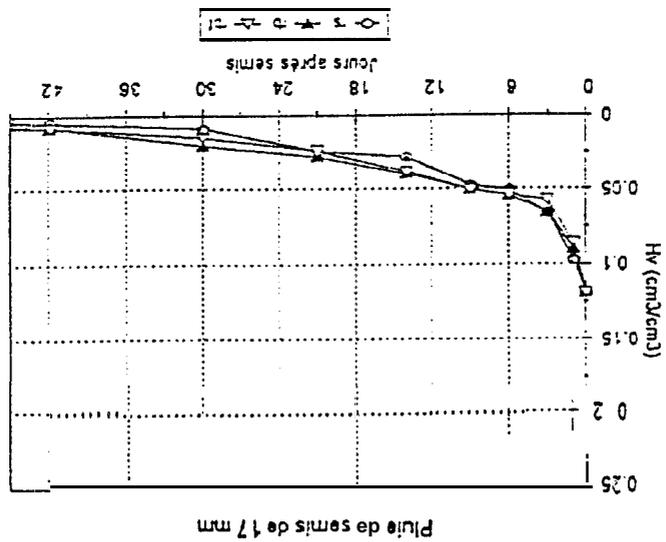
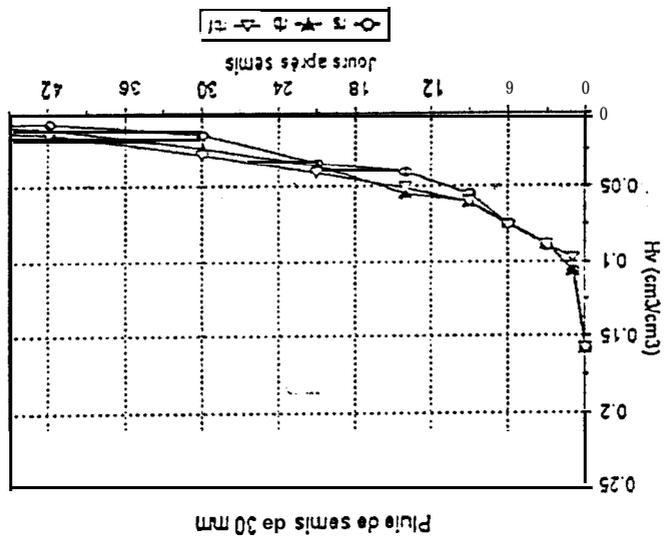
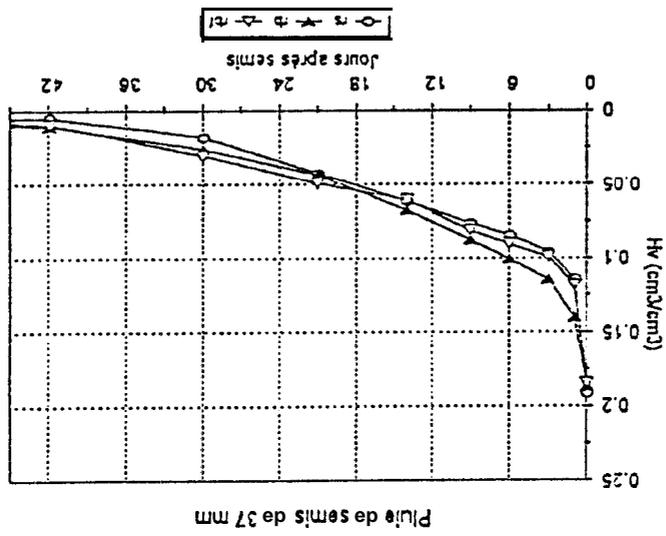


Figure 3.10 : Evolution de l'humidité volumique. Horizon 2-4 cm. Nioro 1993.

Figure 3.11 : Evolution de l'humidité volumique. Horizon P-10 cm, Nioro 1993.



3.3. RESULTATS

3.3.1. INFLUENCE DE LA PLUIE DE SEMIS ET DES TYPES DE SARCLAGES SUR LES PARAMÈTRES HYDRIQUES ET THERMIQUES DU SOL

En condition de sécheresse en début de cycle, les deux termes de l'équation du bilan hydrique de la culture donnée au chapitre précédent sont pour une date considérée, le stock d'eau dans le sol et l'évapotranspiration de la culture. Le suivi par prélèvement gravimétrique de l'humidité jusqu'au front d'humectation du profil selon un pas de temps suffisamment court permet de déterminer la variation de stock entre deux dates de mesures, et par conséquent de suivre l'évolution de la consommation de l'eau par la culture. Pour chacune des hauteurs de pluie de semis étudiée, l'influence du type de sarclage de prélevée est analysée.

3.3.1.1 EVOLUTION DES PROFILS D'HUMIDITÉ

a) le front d'humectation

Pour chaque pluie de semis, la figure 3.9 présente l'évolution du front d'humectation au cours du temps en relation avec le type de sarclage de prélevée

Environ trois heures après l'irrigation et juste avant le semis et la mise en oeuvre des sarclages de prélevée, le front d'humectation moyen est à 15, 23 et 29 cm de profondeur respectivement pour les apports d'eau de 17, 30 et 37 mm.

Après la mise en oeuvre des traitements étudiés, on observe une descente progressive du front d'humectation sur l'ensemble des parcelles. Ainsi au 6ème jour après semis (jas), il atteint respectivement et en moyenne 30, 35 et 38 cm pour les pluies de 17, 30 et 37 mm. Il atteint son maximum vers le 30ème jas, soit 34 cm pour 17 mm, 40 cm pour 30 mm et 42 cm pour 37 mm. Par conséquent, pendant la durée de l'expérimentation le suivi hydrique par prélèvement gravimétrique jusqu'au front d'humectation autorise une détermination relativement aisée des termes du bilan hydrique de la culture.

L'influence du sarclage de prélevée est variable, en particulier pour les 2 hauteurs de pluies les plus faibles. le front d'humectation descend plus rapidement à la suite du sarclage de prélevée traditionnel simple (RS) qu'à la suite des sarclo-buttages de prélevée (RB et RBF). Ainsi à 9 jas, pour les pluies de 17 et 30 mm, la différence de front d'humectation entre ces deux types de sarclage atteint en moyenne 7 cm. Toutefois, vers le 21ème jas, les profondeurs de front d'humectation pour tous les types de sarclage de prélevée sont identiques sauf sur RBF pour la pluie de semis de 17 mm. En général les fronts d'humectation les moins profonds sont observés sur le traitement RBF. L'apport de matière organique sous forme de poudrette a tendance à ralentir la descente du front d'humectation. Ceci est particulièrement vérifié à partir du 5ème jas pour la plus faible pluie de semis.

b) L'humidité du sol

• L'humidité de surface

Pour une analyse fine des conditions hydriques de la germination et de la levée, l'horizon de surface, correspondant à la zone de placement des semences a fait l'objet de prélèvements par tranche de sol de 2 cm. En moyenne, les semences sont placées à une profondeur de 3 à 4 cm de la surface (Cf. chap. 3.3.3.1 .a). Toutefois, la racine nouvellement émise à partir de cette profondeur à la suite de la germination se développera selon les conditions hydriques offertes par l'horizon immédiatement sous-jacent.

Les figures 3.10 et 3.11 présentent l'évolution de l'humidité volumique dans les tranches de sol de 2-4 et 4-10 cm, respectivement. L'apport d'eau par irrigation, assimilé par la suite à la pluie de semis, détermine la teneur en eau initiale. Ainsi, pour le site de Nioro, les humidités moyennes juste avant le semis sont de 0,133, 0,177 et 0,221 cm³/cm³ pour les pluies de semis de 17, 30 et 37 mm,

respectivement. Pour chacune de ces pluies de semis, le dessèchement au cours du temps du profil, et plus particulièrement de l'horizon superficiel est bien mis en évidence.

Cependant, le sarclage de **prélevée** simple (RS) et les **sarclo-buttages** de prélevée (RB et RBF) de l'autre ont des comportements distincts. En effet, à partir de 1 jas pour la pluie de semis de 37 mm, et de 3 jas pour 17 et 30 mm, le dessèchement est plus accentué pour RS que RB ou RBF.

Ainsi, dans la période précédant l'émergence (0 à 7 jas), l'évolution moyenne de l'humidité de la tranche de surface 2-4 cm en fonction des types de sarclages indiquent les valeurs ci-après :

- semis après pluie de 17 mm : l'humidité volumique passe de 0,133 à 0,021 **cm³/cm³** sur RS et à 0,045 **cm³/cm³** sur RB ou RBF;
- semis après pluie de 30 mm : ces valeurs passent de 0,177 à 0,070 **cm³/cm³** pour tous les types de sarclage de prélevée;
- semis après pluie de 37 mm : elles varient entre 0,211 et 0,080 **cm³/cm³** pour RS et entre 0,221 et 0,100 **cm³/cm³** pour RB ou RBF

Toutefois en ce qui concerne la pluie de semis la plus faible, soit 17 mm, il semble qu'au cours des 3 premiers jours qui suivent le semis, la localisation du fumier sur la ligne de semis **accélère** le processus de dessèchement de l'horizon de surface par rapport au sarcla-buttage simple.

Pour chacune des pluies de semis, les écarts des valeurs d'humidité volumique entre les types de sarclage s'amplifient généralement au cours du temps à partir de 1 jas pour atteindre un maximum de 0,04 à 0,05 **cm³/cm³** entre 6 et 14 jas. Par la suite, ces écarts se resserrent quand les humidités sont déjà très faibles. A 21 jas, elles sont comprises entre 0,01 et 0,03 **cm³/cm³** pour les pluies de semis de 17 et 30 mm, et entre 0,025 et 0,05 **cm³/cm³** pour 37 mm de pluie de semis.

• *L'humidité du sol sur l'ensemble du profil*

Pendant une période de 45 jours, les dix dates de prélèvements considérées permettent de **décrire**, en fonction du sarclage, pour chaque pluie de semis, l'évolution du profil d'humidité du sol jusqu'au front d'humectation. En plus des teneurs en eau initiales en sec avant et en humide juste après l'apport d'eau, le suivi de la phase de la germination à la levée concerne les 3 dates de prélèvements (1, 3 et 6 jas). Les autres prélèvements effectués à 9, 14, 21, 30, et 42 jas permettent de décrire les conditions d'alimentation en eau des plantes au cours de leur développement végétatif de début de cycle.

L'évolution de la teneur en eau dans le profil est présentée aux figures 3.12, 3.13 et 3.14 pour les pluies de semis de 17, 30, et 37 mm, respectivement. Avant l'apport d'eau d'irrigation le profil contient très peu d'eau. En effet la teneur en eau varie de moins de 0,01 **cm³/cm³** en surface à seulement 0,03 **cm³/cm³** à 50 cm de profondeur. Après cet apport d'eau, et dès la mise en oeuvre des traitements, ces figures mettent en évidence une évolution très rapide du profil d'humidité.

Tout d'abord, quelle que soit la pluie de semis considérée, il apparaît dès le lendemain du semis une très forte diminution de l'humidité des 20 premiers centimètres du sol. Cette diminution de l'ordre de 50% amène les valeurs d'humidité à une moyenne de 0,08, 0,10 et 0,13 **cm³/cm³** respectivement pour les pluies de semis de 17, 30 et 37 mm. Par la suite, il apparaît à partir de l'horizon 6-8 cm une diminution plus lente de l'humidité du profil au profit d'une redistribution en profondeur de l'eau. La descente du front d'humectation ainsi observée est d'autant plus perceptible que la pluie de semis est importante,

Au cours de cette première période, on remarque un dessèchement très rapide de la tranche 0-4 cm sur RS par rapport aux deux **sarclo-buttages**. Ainsi sur cette épaisseur de sol à 1 jas, RS a perdu plus de 70% de sa teneur initiale, alors que RB et RBF en conservent encore plus 50%. Entre 3 et 14 jas, à l'exception de l'horizon de surface 0-10 cm sur RS, les valeurs de teneurs en eau sont comparables pour les différents types de sarclage pour une pluie de semis donnée.

En fait, dans la tranche de sol 10-40 cm et pour toutes les pluies de semis, les sarclages de prélevée ne présentent pas d'effets statistiquement différents, malgré une tendance apparente pour

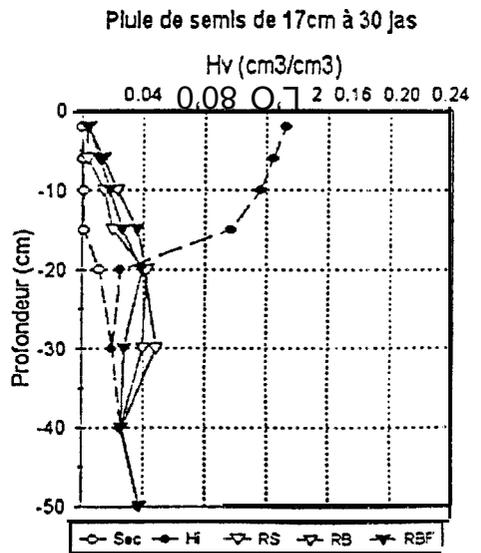
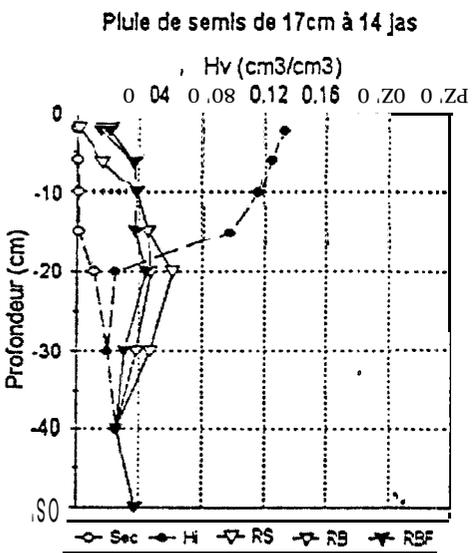
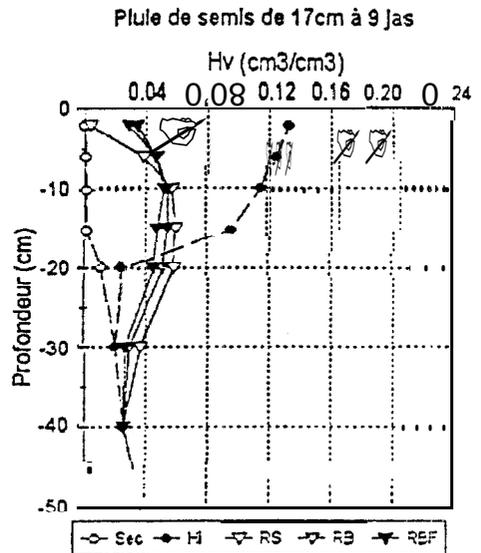
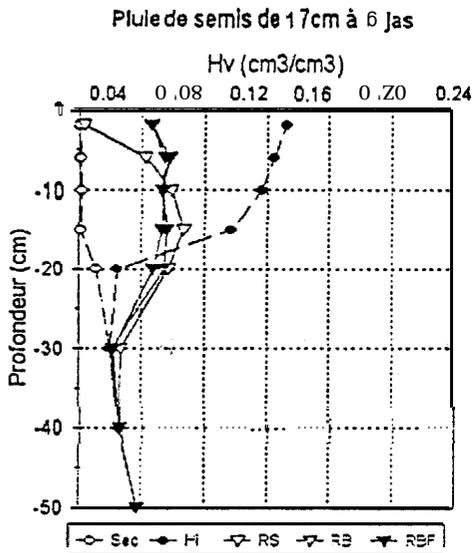
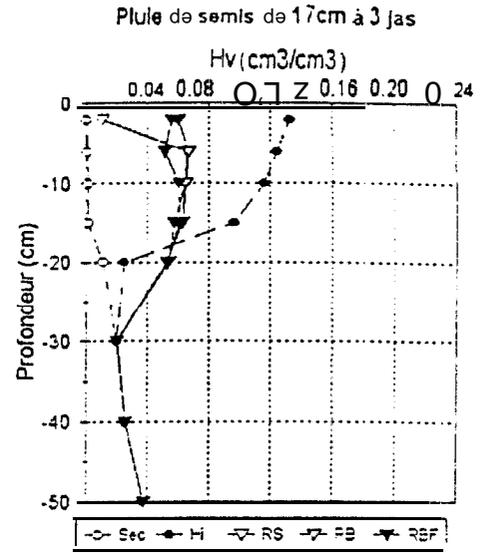
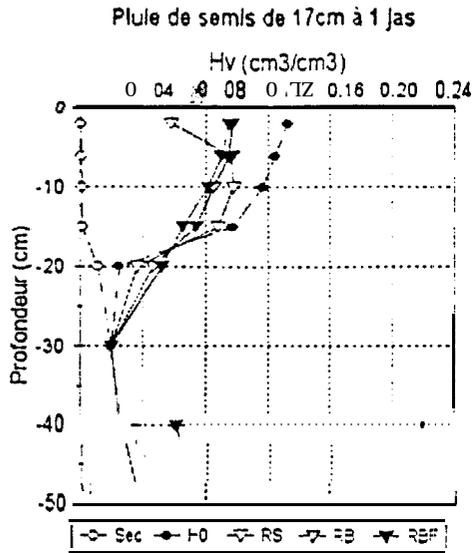


Figure 3.12 : Evolution du profil hydrique en fonction du type de sarclage.
Pluie de semis de 17 mm (P1).

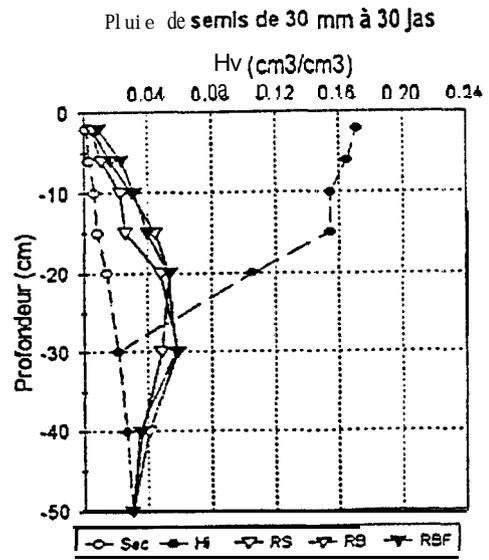
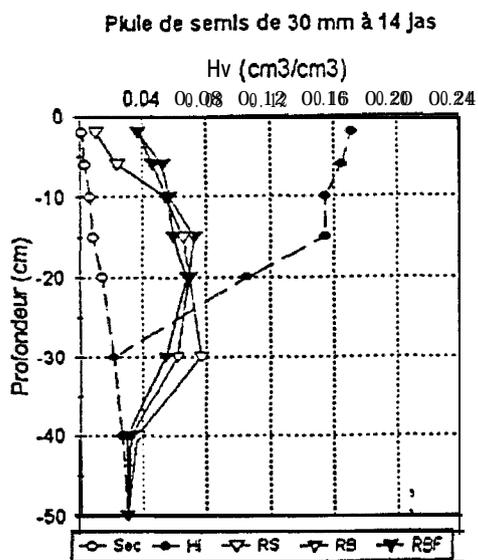
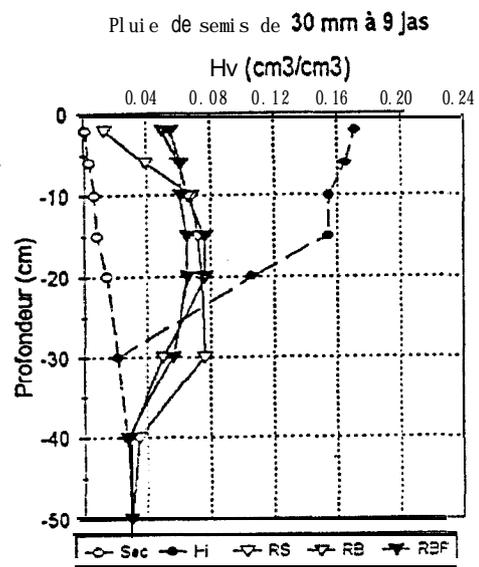
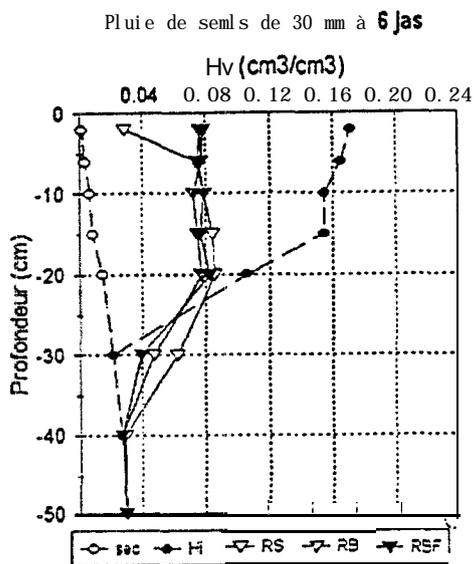
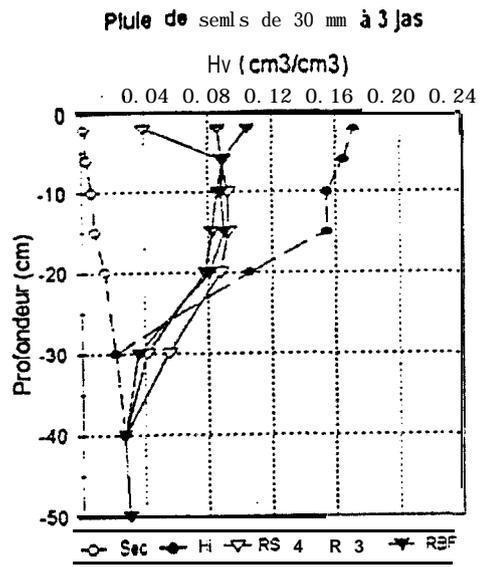
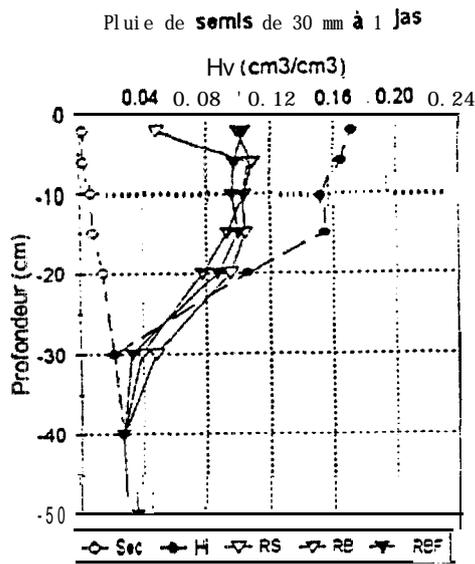
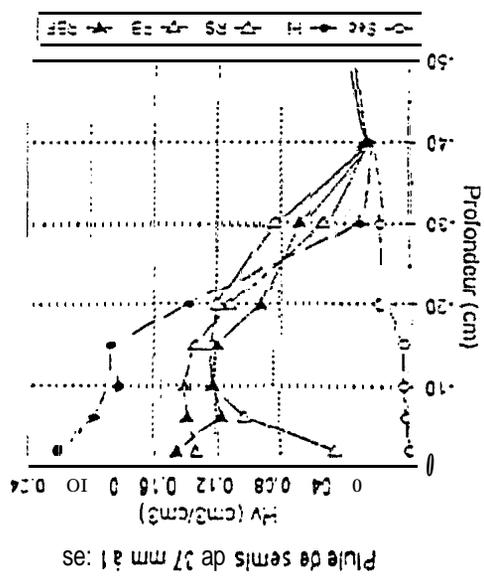
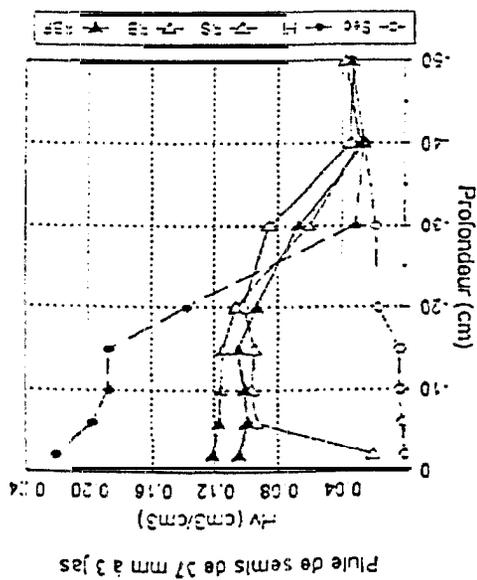
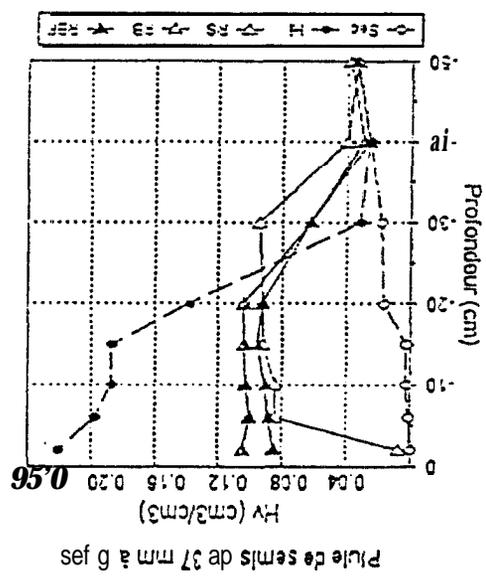
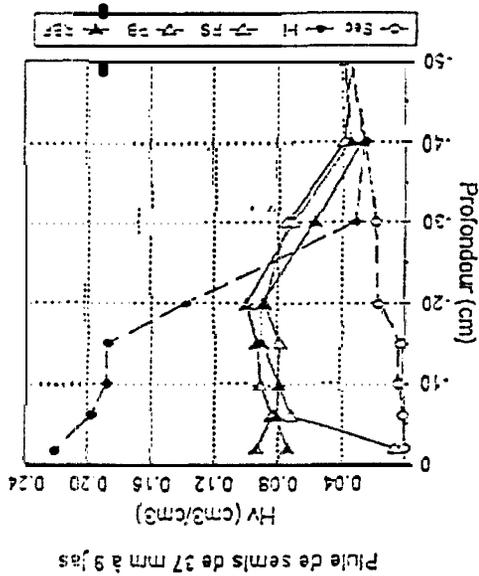
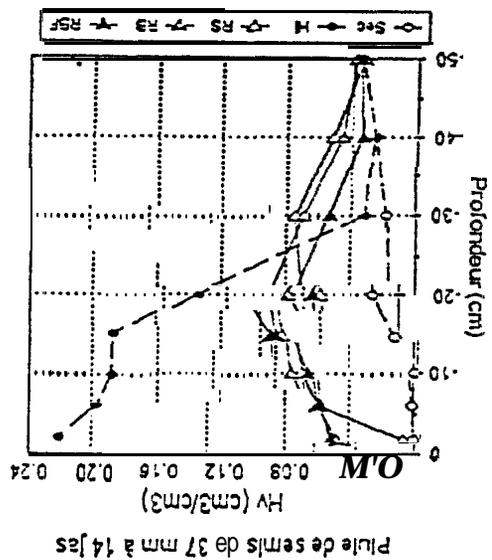
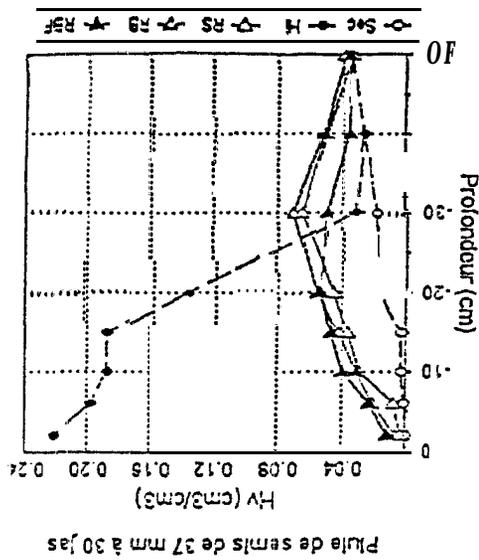


Figure 3.13: Evolution du profil hydrique en fonction du type de sarclage.

Figure 3.14 : Evolution du profil hydrique en fonction du type de sarclage



RS de stocker plus d'eau en profondeur. Dans ces conditions, les humidités volumiques varient comme suit :

- de 0,060 à 0,045 **cm³/cm³** pour les semis après la pluie de 17 mm,
- de 0,090 à 0,060 **cm³/cm³** pour les semis après la pluie de 30 mm,
- de 0,110 à 0,090 **cm³/cm³** pour les semis **après** la pluie de 37 mm.

A partir de 14 jas, la vitesse accrue de dessèchement du profil traduit l'augmentation des besoins en eau de la cultures dont le développement **végétatif** a atteint le stade de 3 feuilles.

3.3.1.2 LES STOCKS HYDRIQUES

La cote de **50** cm vers laquelle tend le front d'humectation pour la plus grande hauteur de pluie de semis a été retenue pour le calcul des stocks hydriques. Leur évolution moyenne en fonction des types de sarclage de prélevée est **présentée** pour chaque hauteur de pluie (Fig. 3.15).

Comme pour les humidités volumiques, les stocks diminuent très rapidement au cours des **trois** premiers jours qui suivent le semis. Cette diminution de stock dans cette période est d'autant plus importante en valeur absolue que l'apport d'eau est élevé (Tableau 3.10). Ce **résultat** met en **évidence** la grande influence de l'offre en eau de surface sur l'évaporation en sol nu.

Ultérieurement, entre 3 et **21** jas, il y a un ralentissement dans **l'évolution** des stocks hydriques dans le profil. Mais cette évolution, relativement lente au cours du temps, semble être sous la dépendance de la hauteur de pluie de semis. En effet, il apparaît bien que la pente générale de l'allure de l'évolution du stock augmente avec la pluie des semis.

Pluie de semis (mm)	Stock initial (mm)	Diminution de stock (%)	
		0 à 1 jas	0 à 3 jas
17	25,5 ± 0,3	12	22
30	36,8 ± 1,9	18	23
37	48,9 ± 1,4	21	26

Tableau 3.10 : Diminution du stock hydrique au cours des 3 premiers jours **après** semis

Enfin, à partir du **21^{ème}** jas, la vidange du stock d'eau dans le sol jusqu'à 12-15 mm est à nouveau relativement rapide.

L'analyse de la **variance** des valeurs de stock est effectuée aux différentes dates pour chaque pluie de semis. Elle ne met pas en évidence un effet significatif du type de sarclage de prélevée sur **les** stocks déterminés, à l'exception de la mesure à 14 jas pour le semis **après** 37 mm de pluie. Pour cette situation précise le stock obtenu pour RB est significativement plus important que celui pour RS.

A l'exception des stocks mesurés pour la pluie la plus faible, une forte variabilité des stocks est observable dans la période d'évolution du régime de l'eau dans le sol. En ce qui concerne la série à 30 mm, le **phénomène** apparaît en particulier pour RB et, dans une moindre mesure, pour REF. Cela résulte en fait de la plus faible quantité d'eau apportée sur chacune de la troisième répétition de ces deux traitements, du fait de l'arrêt momentané du fonctionnement d'un asperseur.

Au cours de la période totale considérée, soit de 0 à 60 jas, le stock hydrique moyen varie comme suit :

- de 25 à **12,5** mm pour le semis **après** la pluie de 17 mm,
- de 37 à 16 mm pour le semis après la pluie de 30 mm,
- de 48 à 13 mm pour le semis après la pluie de 37 mm.

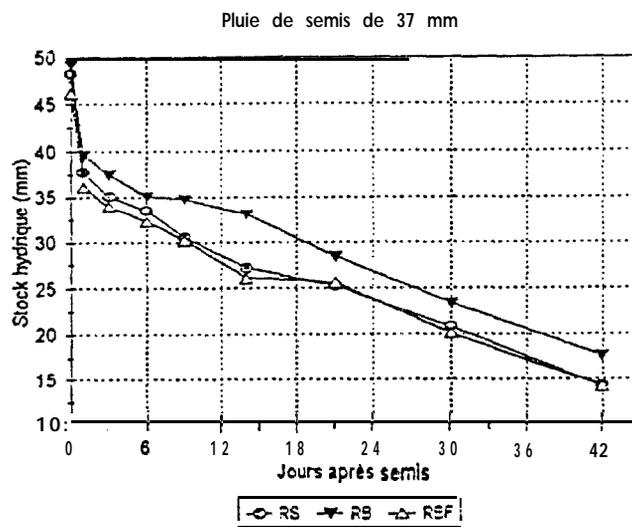
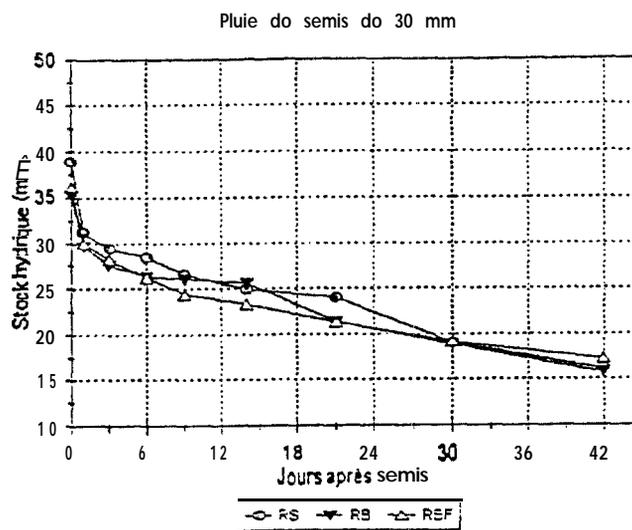
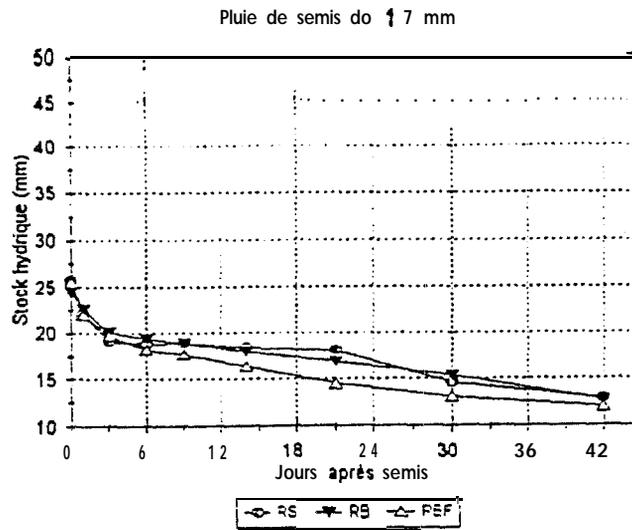
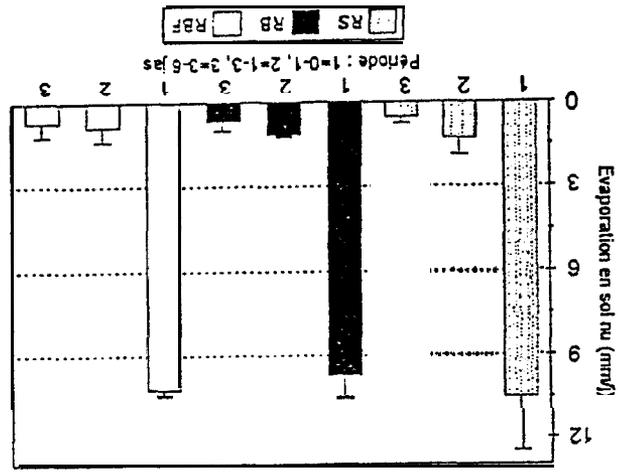
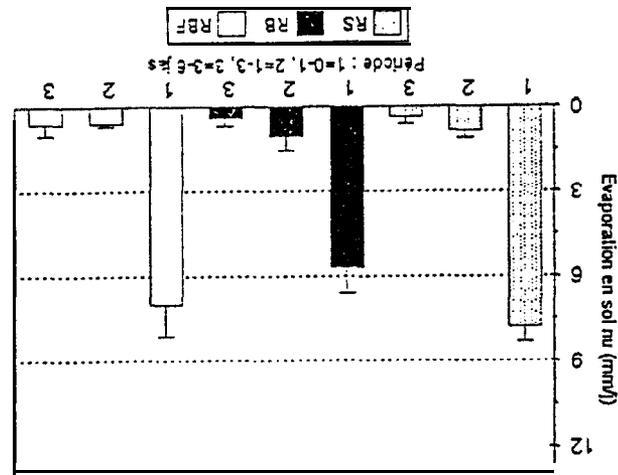


Figure 3.15 : Evolution du stock hydrique en fonction du type de sarclage pour chaque pluie de semis.

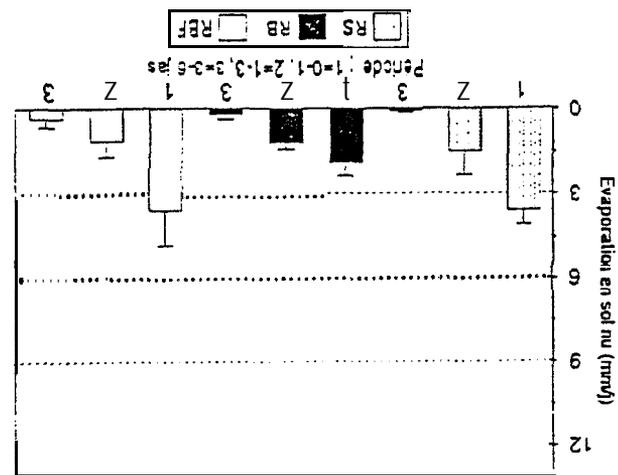
Figure 3.16 : Evaporation du sol nu au cours de la germination-levée.



Pièce de semis de 37 mm



Pièce de semis de 30 mm



Pièce de semis de 17 mm

3.3.1.3. EVOLUTION DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION

Les deux phases avant et après la levée de l'arachide ont été distinguées en ce qui concerne le profil de dessèchement au cours de l'expérimentation. La première correspond à l'évaporation en sol nu, alors que la deuxième concerne l'évapotranspiration du peuplement cultivé.

a) Evaporation en sol nu

Au cours des 6 premiers jours suivant les apports d'eau d'irrigation et précédant la levée, le sol est nu. L'application de l'équation du bilan hydrique aux 3 périodes respectives de 0 à 1, 1 à 3 et 3 à 6 jas permet de cerner la dynamique de l'évaporation sur l'ensemble des parcelles.

Pour chacune des pluies de semis, cette évolution en fonction du type de sarclage de prélevée est présentée en figure 3.16. En tenant compte des conditions climatiques recueillies pendant la période correspondante, il apparaît clairement une forte intensité de l'évaporation au début de cette période. Toutefois, son importance est d'autant plus grande que la hauteur de la pluie de semis est grande.

En moyenne, l'évaporation au bout de d'une journée après l'épisode pluvieux passe du simple (3,5 mm) au triple quand l'eau apportée augmente de 17 à 37 mm. Par la suite, elle diminue fortement. Là aussi, l'ampleur de la diminution enregistrée croît avec l'apport d'eau. Ainsi, par exemple pour 17 mm de pluie, la baisse sensible n'est observée qu'à la fin de la 3^{ème} période.

L'analyse de variance effectuée par période pour chaque pluie de semis ne révèle pas d'effet significatif du sarclage, à l'exception de la première période (0-1 jas) et pour les deux pluies les plus faibles, mais seulement au seuil de 10 %. Pour ces deux pluies, RB permet de conserver l'eau dans le profil en début de cycle. Lors de cette période, ce traitement procure par rapport à RS ou même RBF une réduction de l'évaporation respectivement de 80 et 35 % pour les pluies de semis 17 et 37 mm. Le comportement observé pour RBF est en général similaire à celui de RS. L'absence d'effet du sarclage à ce stade pour la pluie de 37 mm semble traduire l'offre relativement importante d'eau en surface conditionnant l'évaporation.

Le tableau 3.11 présente le cumul de l'évaporation du sol nu, c'est à dire lors de la période précédant l'émergence des plantules d'arachide. En définitive, le volume d'eau mobilisé par évaporation avant la levée correspond environ à 38, 32, et 39 % pour les pluies de semis de 17, 30, et 37 mm, respectivement.

Il apparaît que RS et RBF présentent un comportement similaire quelle que soit la hauteur de la pluie de semis. Par contre, RB semble d'autant plus efficace pour préserver l'eau dans le profil que la hauteur de la pluie de semis est plus faible.

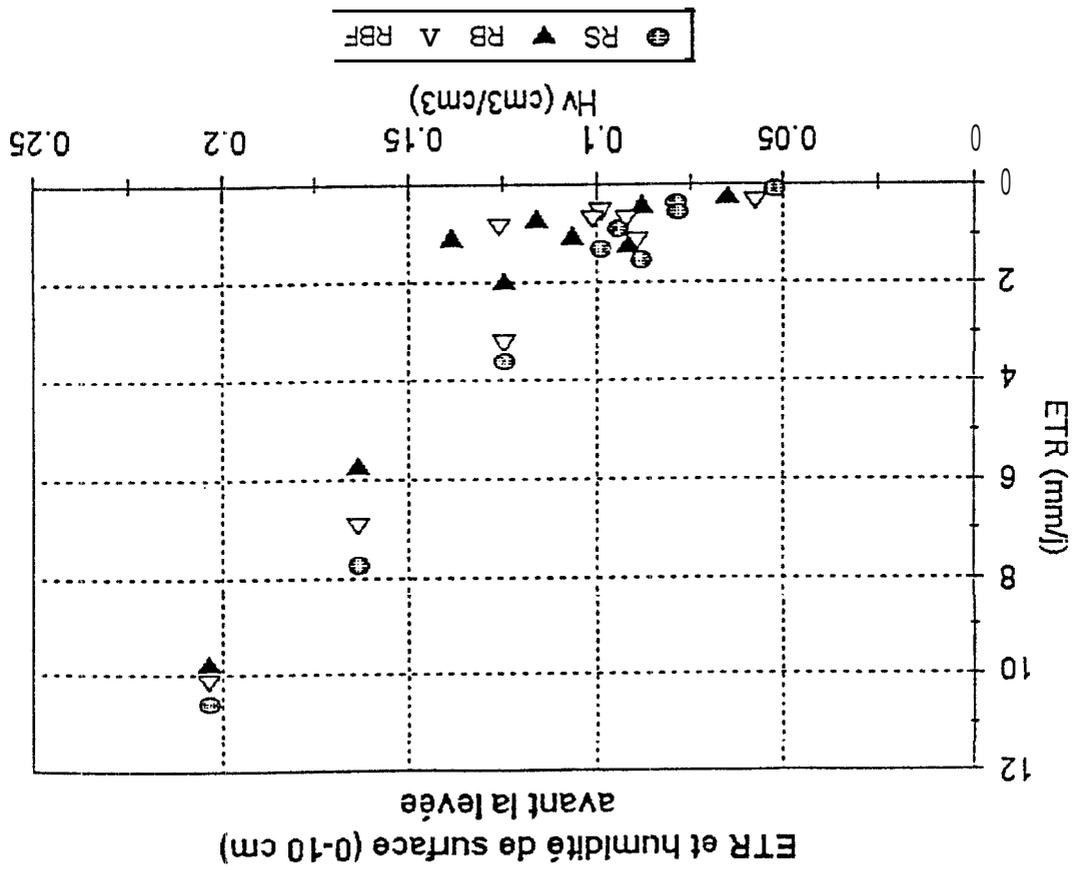
Pluie de semis, mm	Evaporation, mm		
	RS	RB	RBF
17	7,0 ± 2,5	5,1 ± 1,3	7,2 ± 2,4
30	10,3 ± 1,9	8,5 ± 1,4	10,1 ± 0,6
37	14,8 ± 3,8	13,9 ± 0,8	14,4 ± 2,2

Tableau 3.11 : Cumul de l'évaporation en sol nu avant la levée (0-6 jas). Moyenne ± écart-type.

b) L'évapotranspiration après la levée

En conséquence de l'évolution des profils d'humidité et de stock hydrique décrite précédemment, les résultats d'analyse de l'ETR sont présentés pour deux périodes : la première entre 6 et 21 jas et la deuxième entre 21 et 42 jas (Figure 3.16). Il apparaît bien que l'ETR moyenne journalière augmente avec la pluie de semis. De l'ordre de 0.2 mm/j pour le semis après la pluie de 17 mm, elle atteint 0.6 mm/j pour celle de 37 mm.

Figure 3.17 : Relation entre l'humidité volumique de surface (0 - 10 cm) et l'ETR avant la levée de l'arachide



Quand on passe de la première à la deuxième période, on note un maintien voire une légère augmentation de l'ETR, à l'exception de RBF pour les deux plus faibles pluies de semis. L'effet de l'apport de fumier semble se traduire par une forte mobilisation de l'eau quand celle-ci n'est pas limitante.

Pour chaque pluie de semis, l'analyse de la **variance** effectuée montre que seul RBF améliore l'ETR de façon significative par rapport à RS lors de la première période.

Sur l'ensemble de la période allant du semis jusqu'au 42ème jour, la quantité d'eau mobilisée sous forme d'évapotranspiration en fonction du type de sarclage de prélevée croît avec la pluie de semis (Tableau 3.12). Par rapport aux stocks initiaux, ces lames d'eau quel que soit le type de sarclage **considéré**, sont comprises entre 70 et 75 % pour les pluies de semis de 17 et 30 mm, et entre 82 et 87 % pour la pluie de 37 mm. La différence assez maquée entre les deux plus faibles pluies d'une part et la pluie de 37 mm d'autre part, semble refléter un phénomène autre que la seule **différence** des besoins en eau liées aux densités de levée observées (cf. chapitre ci-après).

Pl, semis	RS		RB		RBF	
	0-42 jas	Proportion	0-42 jas	Proportion	0-42 jas	Proportion
17	12,8 ± 0,7	71	11,8 ± 2,0	71	13,6 ± 1,3	75
30	22,7 ± 3,3	75	19,5 ± 2,0	73	19,1 ± 1,1	70
37	33,9 ± 1,4	87	32,3 ± 2,0	82	32,0 ± 2,3	84

Tableau 3.72 : Evapotranspiration totale sur la période de 0 à 42 jas. Moyenne ± écart-type.

3.3.1.4 HUMIDITÉ DE SURFACE ET ÉVAPOTRANSPIRATION DE LA CULTURE

Lors du fonctionnement en sol nu, on a déterminé l'évaporation moyenne journalière relative à chacune des périodes 0-1, 1-3, et 3-6 jas. Ces valeurs sont mises en relation avec l'humidité volumique de l'horizon 0-10 cm déterminée sur toutes les parcelles le jour même du semis, puis à 1 et 3 jas, respectivement.

Pour chaque type de sarclage, les mesures effectuées pour les trois pluies de semis testées sont regroupées. Ainsi les 27 couples de mesures par type de sarclage de prélevée permettent de disposer d'une large gamme de valeurs aussi bien pour l'humidité volumique que pour l'évaporation en sol nu pour la période considérée. L'analyse effectuée pour chaque traitement permet de préciser la nature de la relation, ceci compte tenu des résultats de l'analyse obtenus. L'étude de cette relation est faite au moyen de régression. De fortes corrélations sont généralement observées **entre** l'ETR moyenne journalière et l'humidité de l'horizon superficiel 0-10 cm. Les valeurs R sont respectivement de 0.85, 0.72, et 0.76 pour RS, RB, et RBF.

L'évaporation moyenne journalière augmente avec l'**humidité** de surface (figure 3.17). Le **sarclage** de prélevée à plat, et dans une moindre mesure l'enfouissement de matière organique par le **sarcla-buttage** de prélevée **accélèrent** le dessèchement par **évaporation** de l'horizon de surface, comparés au sarcla-buttage de prélevée seul. En effet après une intense évaporation aussitôt après le sarclage, correspondant à une humidité de surface maximale, les résultats obtenus indiquent une évolution plus ralentie sur les sarcla-buttages que sur RS. Cela est confirmé par une humidité de **surface** plus élevée observable dès le lendemain de la pluie pour les sarcla-buttages par rapport au sarclage simple.

3.3.1.5 LA TEMPÉRATURE DU LIT DE SEMENCE

a) Evolution au cours du temps

Le suivi de la température du lit de semence concerne 4 parcelles élémentaires. Il s'agit d'une **répétition** de chacun des 3 types de sarclages de prélevée après le semis sur la pluie de 17 mm et d'une répétition de pour le semis après la pluie de 37 mm.

On considère deux profondeurs pour RS (5 et 10 cm) et 3 pour RB et RBF (0, 5 et 10 cm). Les contraintes d'instrumentation n'ont pas permis de disposer de répétition pour ce suivi. Aussi, les valeurs obtenues ne peuvent-elles pas prétendre **décrire** de façon rigoureuse le régime thermique du lit de semence. Pour les dates correspondant à **1, 3, 6, 9, et 14** jas, les mesures en continu sont disponibles de **10h à 18h** durant la journée.

A l'échelle de la journée entière, l'amplitude ainsi que la moyenne thermiques déterminées à 0, 5, et 10 cm de profondeur sont présentées en fonction du type de sarclage (tableau). Pour chaque profondeur, l'amplitude thermique, supérieure à **20°C**, est du **même** ordre de grandeur que celle de l'air ambiant, sauf pour l'horizon 0 cm de placement de la matière organique de RBF où elle est beaucoup plus grande. Cet écart de température entre les valeurs extrêmes est deux fois plus important que celui observé pendant la saison des pluies.

En **référence** à la température maximum de l'air, l'évolution de la température aux différentes cotes considérées est présentée (figure 3.18). Le type de sarclage n'affecte pas l'évolution de la **température à 5 et 10 cm**. De plus, du semis jusqu'au **6ème** jas, la valeur maximale atteinte est inférieure de **10°C** environ de celle de l'air. Mais, par la suite, cet écart est **considérablement** réduit. Ce comportement est conforme au dessèchement de la couche de surface **après** l'apport d'eau qui **précède** le semis.

Pour les sarcla-buttages, la localisation de la matière organique sous la butte entraîne une forte augmentation du maximum de température qui atteint plus de **50°C**. Au cours du temps, la température à 0 cm pour RBF dépasse celle de l'air et est supérieure de **10°C** environ à celle pour RB. Cette différence pourrait traduire la décomposition du fumier enfoui et en contact avec l'humidité.

*b.) Relation entre la **température** et l'**humidité***

L'étude concerne uniquement la pluie de semis la plus petite, soit 17 mm. Pour une **profondeur** donnée, quand la teneur en eau **décroît** au **cours** du temps, la température maximale **atteinte** dans la **journée** augmente. Cependant cette évolution est différente selon le type de sarclage de **prélevée**.

Le type de sarclage affecte significativement, comme nous l'avons vu, la teneur en eau des **horizons de surface**, mais non ou **très** peu la température maximale observée (figure 3.19). **C'est** en particulier le cas pour les 6 premiers jours qui suivent le semis.

Dans la zone de localisation de la matière organique, les **sarcla-buttages** concernés se **comportent** différemment. En effet, quand la teneur en eau de l'horizon 0-2 cm décroît, plus rapidement pour RBF que pour RB à partir du **6^{ème}** jour, la température maximale reste **constamment** plus élevée de 10% environ pour **RBF** que pour **RB** (figure 3.20). **Cela** pourrait être la conséquence de l'apport de matière organique en cours de décomposition pendant cette période.

En **résumé**, en plus de l'effet de la température ambiante, l'évolution au cours du temps de la **température** du sol semble liée à l'humidité de surface. Cette dernière favorise aussi le déclenchement de la décomposition de la matière organique. Globalement, on remarque que quelle que soit la profondeur **considérée** lorsque au cours du temps l'humidité décroît, la température du lit de semence augmente.

3.32. EFFET DES TRAITEMENTS SUR LE COMPORTEMENT DE L'ARACHIDE EN DÉBUT DE CYCLE

3.3.2.1 LA LEVÉE DE L'ARACHIDE

Dans les conditions de l'expérimentation, l'**émergence** complète des plantules germées a été observée à partir du **6ème** jas. La densité observée à la levée a fait l'objet d'une analyse de la **variance** pour déterminer l'effet des traitements mis en oeuvre. Cette analyse révèle un effet significatif aussi bien de la hauteur de la pluie de semis que du type de sarclage de **prélevée**. Par contre, il n'existe pas d'interaction entre ces deux **facteurs**. (Tableau 3.13).

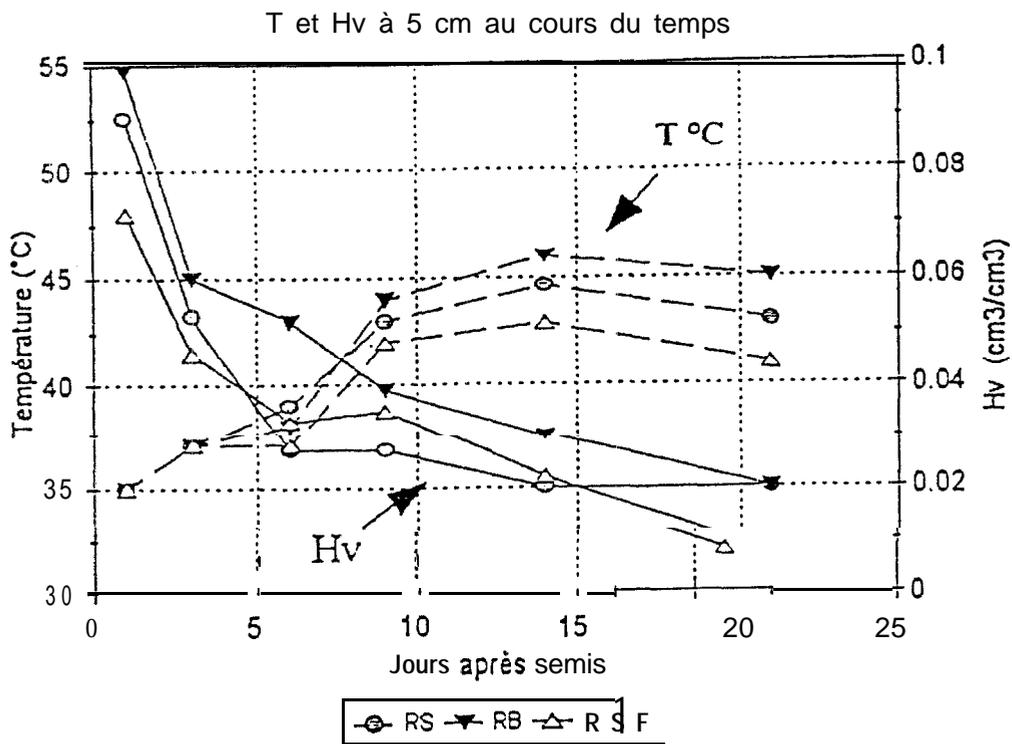


Figure 3.19 : Température et humidité du sol à 5 cm de profondeur en fonction du type de sarclage.

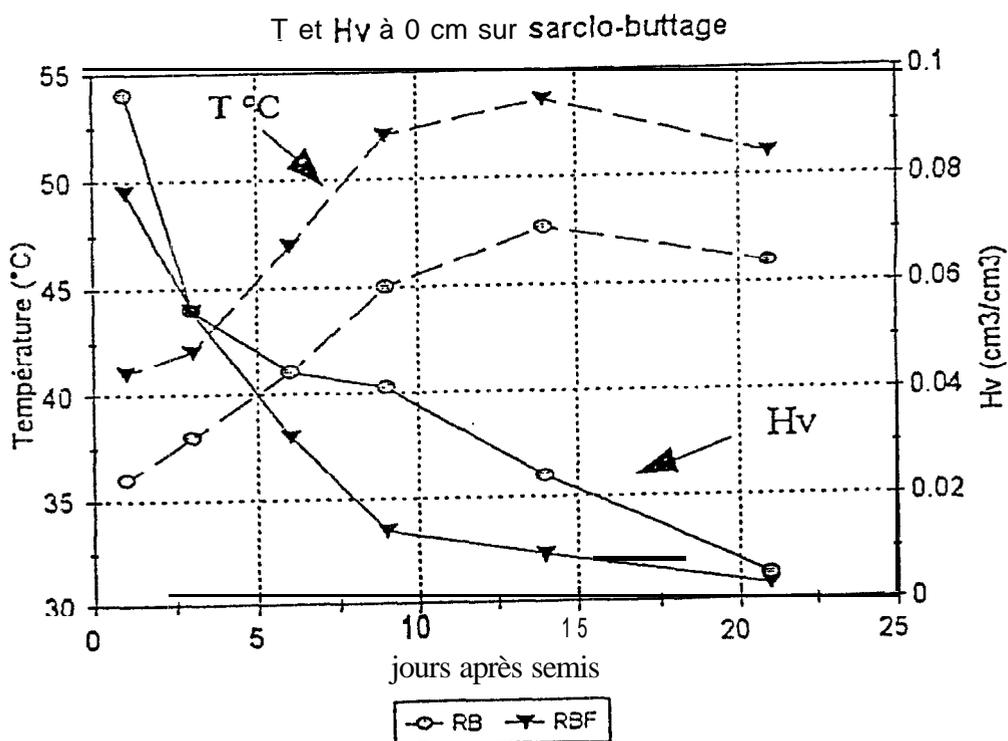


Figure 3.20 : Température et humidité du sol à la base de la butte sur les sarclo-buttagés.

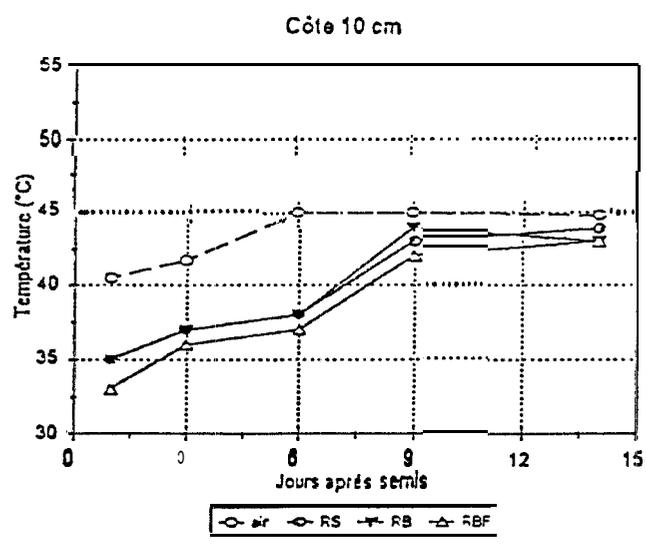
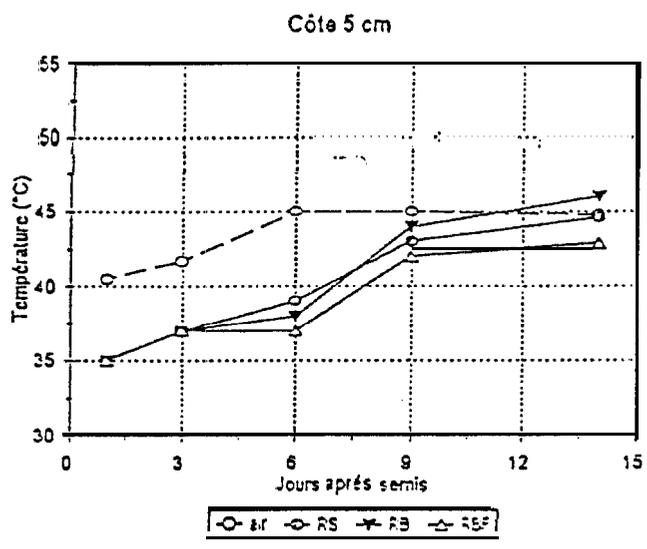
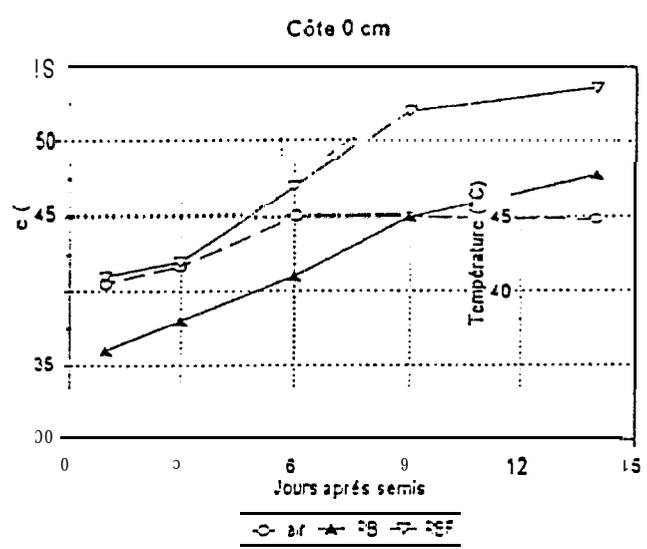


Figure 3.18 : Effet du sarclage sur la température maximale à différentes profondeurs en rapport avec la température maximum de l'air.

a) *effet* de la pluie de semis

Deux groupes de densité à la levée se distinguent; l'un est relatif à la pluie de semis de 17 mm et l'autre aux deux pluies de semis de 30 et 37 mm. Pour une moyenne globale de 98.000 plants/ha, la densité à la levée pour le premier groupe est inférieure de 25.000 plants/ha à celle du deuxième groupe.

b) Effet global du sarclage de prélevée

Par rapport au sarclage simple, le sarcla-buttage procure un surplus de densité à la levée pouvant atteindre 15.000 plants/ha, notamment en présence de matière organique.

Effet des facteurs	D,L,	F	Signification
Interaction pluie*sarclage	224	12,4	***

Tableau 3.13 : Densité de peuplement à la levée en fonction du type de sarclage de prélevée

** : Significatif au seuil de 5 %; NS : Non significatif; DL : Degré de liberté; F : Statistique de Fischer.

En l'absence d'une interaction entre les deux facteurs étudiés, on peut conclure sur les effets simples. En particulier, l'effet du type de sarclage pour chaque hauteur de pluie de semis est analysé (tableau 3.14).

Pluie de semis (mm)	Sarclage de prélevée	Densité à la levée (*1000 Pl/ha)
17	RS	77,5 ± 6,9 a
	RB	97,3 ± 1,8 b
	RBF	90,3 ± 1,5 ab
30	RS	96,0 ± 3,8 a
	RB	101,7 ± 3,8 ab
	RBF	112,3 ± 0,5 b
37	RS	100,0 ± 7,5 a
	RB	99,0 ± 3,5 a
	RBF	110,3 ± 5,1 a

Tableau 3.14 : Densité de peuplement à la levée en fonction du type de sarclage de prélevée. Les lettres différentes indiquent des moyennes significativement différentes au seuil de 5%. Moyenne ± écart-type.

Jusqu'à une hauteur de pluie de semis de 30 mm, le sarcla-buttage de prélevée seul ou associé à un apport de matière organique enfoui (RB ou RBF) améliore significativement la densité à la levée par rapport au sarclage de prélevée simple (RS). Ainsi les surplus de densité à la levée par rapport à RS sont respectivement de 20.000 pl/ha, et de 16.000 pl/ha pour les semis après les pluies de 17 et 30 mm.

Sachant que la densité à la levée optimale recommandée pour la variété utilisée est de 120.000 plant/ha, si on dispose de semences de qualité et d'un matériel adéquat, on perçoit à partir de ces résultats l'intérêt de semer après une pluie importante en cas de sécheresse de début de cycle. La hauteur de pluie de 30 mm semble bien correspondre à un optimum pour la levée. Par rapport à cette densité optimale visée, les densités observées représentent en moyenne 73 % pour le semis après la pluie de 17 mm, et 86 % pour les semis après une pluie supérieure ou égale à 30 mm.

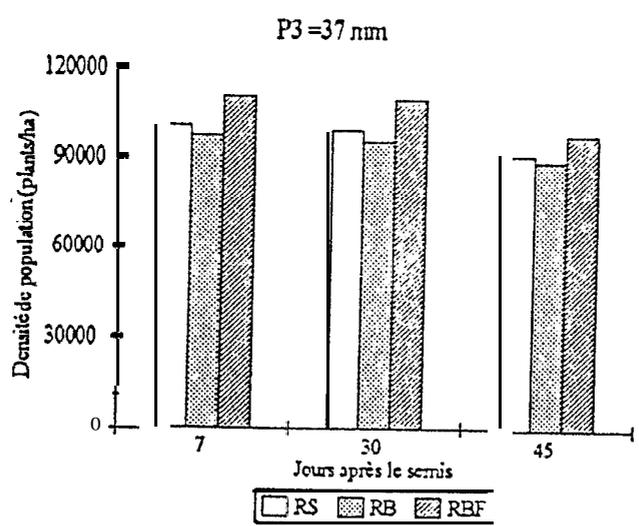
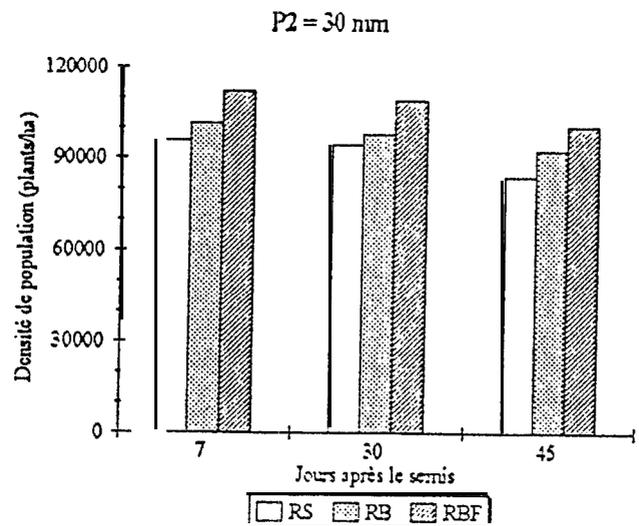
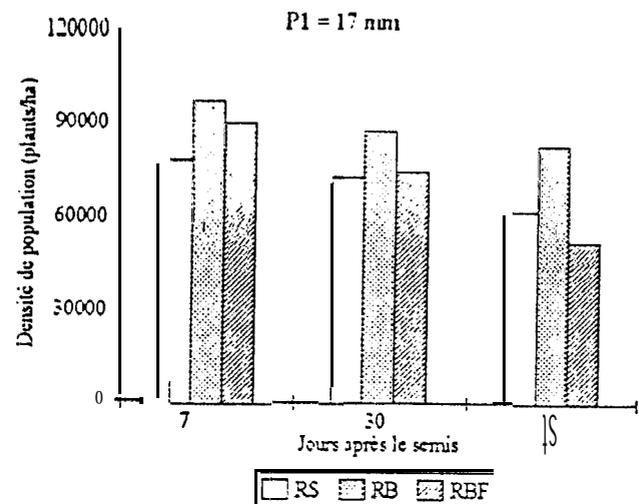


Figure 3.21: Evolution de la densité de population en fonction du type de sarclage pour chaque pluie de semis

Par contre, quand le semis de l'arachide intervient après une forte pluie (>30 mm), les phases de germination et de levée se déroulant dans un contexte de sécheresse de début de cycle ne semblent pas affectées de manière significative par les types de sarclage de prélevée.

Les deux sarclages de prélevée présentant un buttage sur la ligne de semis ont un effet statistiquement équivalent sur la densité à la levée. Toutefois, l'évolution de cette densité sur RB est différente de celle sur RS ou RBF. En fait, quand la pluie de semis augmente, la densité moyenne de population à la levée reste constante pour RB (soit 80 % de l'optimum); alors qu'elle augmente pour RS et RBF en particulier (Tableau 3.15).

Pluie de semis (mm)	Sarclage de prélevée		
	RS	RB	RBF
17	64	80	74
30	80	83	93
37	83	80	92

Tableau 3.15 : Pourcentage de levée par rapport à l'optimum en fonction du sarclage de prélevée .

L'apport de fumier enfoui sur la ligne de semis à l'aide du sarcla-buttage, par le biais de son action éventuelle sur l'alimentation minérale de début de cycle est d'autant plus positif sur la réussite de la levée que la pluie de semis est importante. Les indices d'une décomposition précoce de la matière organique dès sa mise en contact avec l'humidité sont fournis par l'accroissement rapide et important de la température dans la zone de son emplacement.

3.3.2.2 EVOLUTION DE LA DENSITÉ DE POPULATION

Au cours des 45 premiers jours sans pluie qui suivent le semis, l'évolution de la densité de population a fait l'objet d'un suivi. A cet effet, en plus de la première observation de la densité à la levée à 7 jas dont les résultats ont été présentés au chapitre précédent, deux autres observations ont été effectuées à 30 et 45 jas. Pour chaque pluie de semis, la figure 3.21 présente l'évolution de la densité en fonction du type de sarclage.

A partir de la levée et jusqu'au 45ème jas, il apparaît une diminution de densité de population, au cours du temps, due à la mortalité de certains plants. Ainsi le taux de mortalité augmente pour tous les types de sarclage de prélevée et chacune des pluie de semis (Tab. 3.18).

Pluie de semis (mm)	Sarclage	Mortalité (%)	
		30 jas	45 jas
17	RS	7,6 ± 2,5	21,2 ± 5,7
	RB	10,4 ± 3,8	16,6 ± 4,2
	RBF	18,4 ± 8,2	35,9 ± 7,3
30	RS	2,4 ± 0,5	12,9 ± 1,8
	RB	3,6 ± 0,4	8,8 ± 0,9
	RBF	2,7 ± 1,0	10,4 ± 3,4
37	RS	1,7 ± 0,7	9,0 ± 1,1
	RB	1,4 ± 0,4	8,0 ± 0,5
	RBF	1,2 ± 0,4	11,0 ± 1,1

Tableau 3.16 : Taux de mortalité des plants d'arachide lors de la sécheresse de début de cycle. Moyenne ± écart-type.

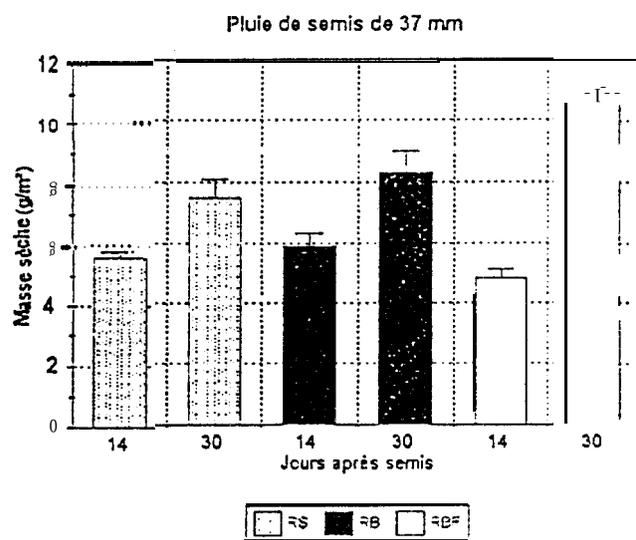
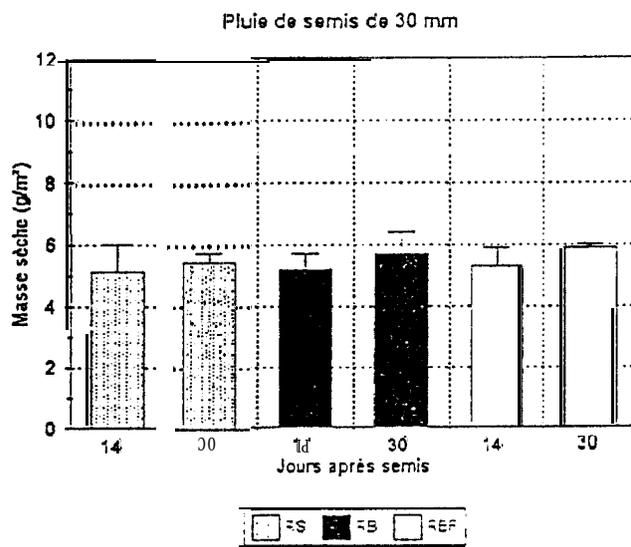
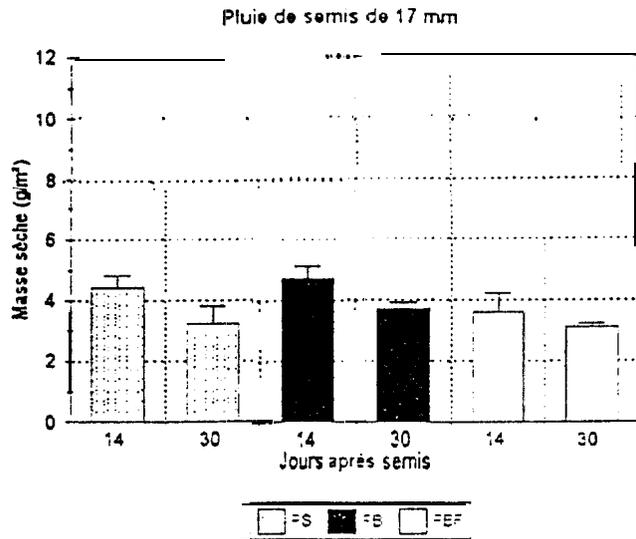


Figure 3.22 : Masse sèche produite en fonction du type de sarclage pour chaque pluie de semis à 14 et 30 jours après le semis.

Ce taux est d'autant plus élevé que la hauteur de la pluie de semis est faible. L'analyse de variance **effectuée** sur les densités de population et les **taux** de mortalité à 30 et 45 jas ne met pas **évidence** un effet du type de sarclage de prélevée, à l'exception de la densité de population à 45 jas pour le semis après la pluie de 30 mm. Pour ce cas de figure, RBF est équivalent à RB, et on note un effet statistiquement différent de RS.

Déjà à 30 jas, la densité de population diminue de 12 % par rapport à la densité observée à la levée pour le semis **après** la pluie de 17 mm comparé à moins de 4 % pour les semis sur les deux autres pluies. Quinze jours plus tard, le taux de mortalité atteint 25 % de la densité initiale pour le semis après 17 mm de pluie alors qu'il est de **l'ordre** de 10 % pour les semis après les deux pluies les plus importantes.

3.3.2.3. EVOLUTION DE LA MATIÈRE SÈCHE

a) La matière **sèche aérienne** et le taux de recouvrement du sol par la **culture**

A 14 et 30 jas, la détermination de la matière sèche aérienne sur les trois répétitions de chaque type de sarclage de prélevée pour les trois pluies de semis étudiées a donné les résultats **présentés** en figure 3.22.

Environ une semaine après la levée complète de l'arachide, la matière **sèche** moyenne produite de **5,0 g/m²** semble indépendante aussi bien du type de sarclage de prélevée que de la hauteur de la pluie de semis. Compte tenu de la sécheresse de début de cycle, cette production semble se maintenir jusqu'au 30ème jas, quel que soit le type de sarclage pour les deux pluies de semis les plus faibles. Toutefois, on note pour cette matière sèche produite une légère tendance d'une part à une diminution pour le semis sur la pluie de 17 mm, et d'autre part une augmentation pour le semis après pluie de 30 mm. En fait pour ces deux pluies de semis, il n'existe pas d'effet significatif du type de sarclage de prélevée sur la matière sèche.

En ce qui concerne le semis après la pluie de 37 mm, une période sèche de 30 jas **n'empêche** pas la poursuite de la croissance végétative correspondant à une augmentation de la matière aérienne. produite: Les **accroissements** de la matière sèche entre ces deux dates sont de 34, 40, et 121 % pour RS, RB, et RBF respectivement. En particulier, pour des densités de population équivalentes à 30 jas (cf. **chap. 3.3.2.2.**), RBF améliore significativement de 43 % la production de la matière sèche par rapport à RS. Ainsi les effets de RS et **RB** étant équivalents sur cette grandeur, il apparaît clairement que c'est l'apport de matière organique à la dose de 5 **t/ha** qui fait la différence quand l'alimentation en eau est non limitante.

Le taux de recouvrement du sol par la culture a **été** déterminé une seule fois à 35 jas. Les résultats obtenus semblent confirmer les différences de croissance végétale. En effet, pour tous les traitements confondus, ce taux passe de 10 % environ **pour** les semis après les pluies de 17 et 30 mm à 22 % pour le semis après 37 mm de pluie. Par ailleurs, pour cette pluie, la plus importante, le **taux** de recouvrement est égal en moyenne de 21 % pour RS et RB **comparé** à 26 % pour RBF.

b) La **masse racinaire**

Des prélèvements globaux ont Bté effectués à 14 jas sur une répétition uniquement de **chacun** des 3 types de sarclage de prélevée. Seuls les semis après les pluies de 17 et 37 mm sont concernés. Pour chacun des profils racinaires considérés, le prélèvement est relatif à 3 pieds contenus dans le monolithe de dimension 45 cm * 50 cm * profondeur du front d'humectation. Les poids secs racinaires obtenus pour tes différentes situations sont présentés dans le tableau 3.17. Le nombre limité de **répétitions** considérés pour ces données n'autorise pas une analyse poussée de l'enracinement de l'arachide en cas de sécheresse en début de cycle. Toutefois, il semble bien se dégager que le poids racinaire augmente avec la pluie de semis qui détermine la profondeur du front d'humectation. En outre, les **sarclo-buttages**, et en particulier RBF, ont bien tendance à améliorer la croissance racinaire de début de cycle.

Pluie de semis (mm)	Sarclage	Front d'humectation, cm	Poids racinaire, mg
17	RS	20	103
	RB	20	145
	RBF	20	148
37	RS	35	168
	RB	30	207
	RBF	30	222

Tableau 3.17 : Poids secs racinaires de l'arachide à 14 jas en fonction du type de sarclage.

3.3.2.4. EVOLUTION DU CONTENU RELATIF EN EAU (CRE)

L'évolution du CRE au cours du temps est présentée en fonction du type de sarclage de prélevée relativement à chacune des pluies de semis (Figure 3.23). Les valeurs moyennes de départ de 71 %, au 14ème jas, correspondant au stade de trois feuilles de la plante, indiquent la précocité de l'effet du stress hydrique. Pour une pluie de semis donnée, on ne met pas en évidence un effet significatif du type de sarclage de prélevée sur le CRE, ceci quelle que soit la date d'observation considérée. Toutefois, l'effet du stress hydrique se traduit par une diminution progressive du CRE au cours du temps, Pendant les trois premières qui suivent le semis, le CRE descend en moyenne de 71 à 62 % indépendamment de la hauteur de la pluie des semis (tab. 3.18).

A partir du 30ème jas, la hauteur de la pluie de semis prend de l'importance sur l'évolution du CRE. Ainsi, la diminution du CRE est d'autant plus marquée que la hauteur de la pluie de semis est plus faible. L'écart par rapport à la date précédente correspond à 13, 9, et 3 % pour les semis après les pluies de 17, 30 et 37 mm, respectivement.

Au 42ème jas, le CRE pour chaque pluie de semis décroît de 3 % par rapport à sa valeur moyenne au 30ème jas. A cette date, le CRE moyen des plantes semées sur la pluie de semis de 37 mm est équivalent à celui des plantes semées sur la pluie de 30 mm, mais significativement plus élevé que celui des plantes correspondantes à la pluie de semis de 17 mm.

Pour cette dernière situation, le CRE de 51 % obtenu au 42ème jas correspond à la dernière mesure possible compte tenu du fléchissement et/ou l'arrêt de croissance manifesté par la culture. Par contre pour les plantes dont le semis est effectuée après les pluies de 30 et 37 mm, la poursuite du suivi met en évidence un stress hydrique de plus en plus marqué au cours du temps. Les valeurs de CRE équivalentes pour ces deux situations sont en moyenne de 31% à 56 jas et de 29% à 76 jas.

Pluie de semis	14 jas	21 jas	30 jas	42 jas	56 jas	75 jas
17 mm	72,7 ± 1,6	63,7 ± 2,0	53,8 ± 1,3 a	51,7 ± 0,7 a	-	-
30 mm	69,8 ± 1,4	61,8 ± 1,2	56,7 ± 1,8 b	54,1 ± 1,3 ab	31,0 ± 1,5	27,8 ± 1,6
37 mm	71,3 ± 1,5	59,8 ± 0,6	60,3 ± 0,5 c	56,5 ± 1,2 b	31,6 ± 1,0	27,8 ± 1,4
Moyenne	71,3 ± 1,5	61,8 ± 2,0				

Tableau 3.18 : Evolution du CRE moyen en fonction de la pluie de semis. Moyenne ± écart-type.

3.3.2.5. CRE ET MORTALITÉ DES PLANTS

A 30 et 45 jas, les valeurs moyennes de CRE et du taux moyen de mortalité des plants pour chacune des pluies de semis sont présentés au tableau 3.19.

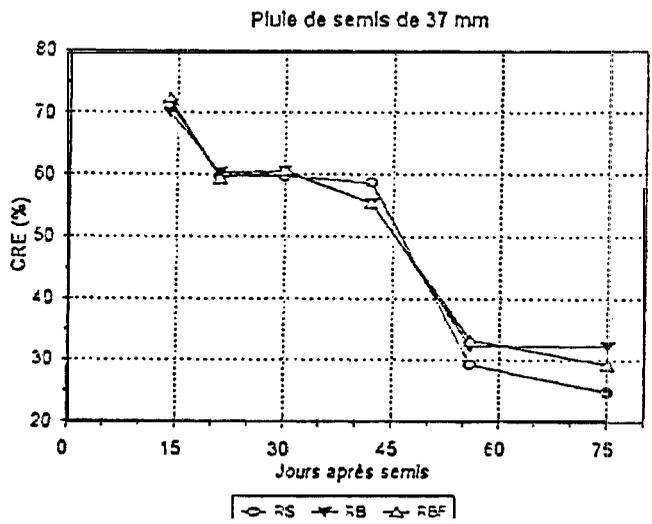
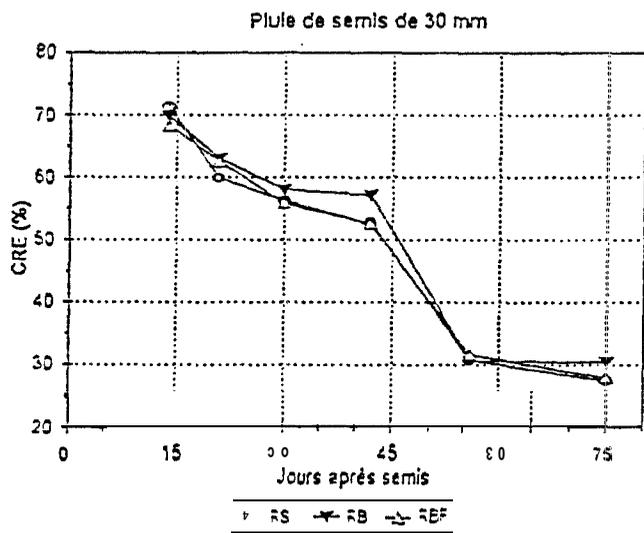
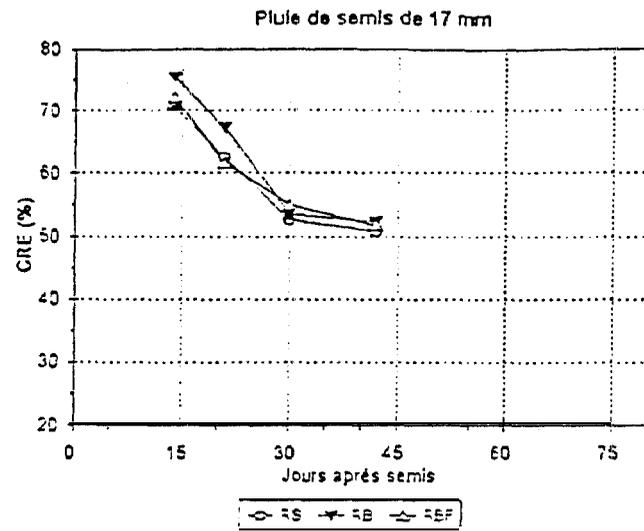


Figure 3.23 : Evolution du contenu relatif en eau de la plante en fonction du type de sarclage.

Jas	17 mm		30 mm		37 mm	
	CRE (%)	Mortalité (%)	CRE (%)	Mortalité (%)	CRE (%)	Mortalité (%)
14	72,7 ± 1,6	0	69,8 ± 1,5	0	71,3 ± 1,5	0
30	53,8 ± 1,3	11,8 ± 3,1	56,7 ± 1,8	2,9 ± 0,4	60,3 ± 0,5	1,4 ± 0,3
45	51,7 ± 0,7	24,6 ± 3,4	54,3 ± 1,3	10,7 ± 1,3	56,5 ± 1,2	9,3 ± 0,6

Tableau 3.19 : Contenu relatif en eau et mortalité des plants au cours du temps pour les 3 pluies de semis. Moyenne ± écart-type.

L'effet de la **durée** de période sèche se traduit par une diminution du CRE quand le taux de **mortalité** croît. Ce résultat s'observe indépendamment de l'importance de la pluie de semis. De plus, ce tableau indique qu'à partir d'une valeur maximale de CRE de 71% obtenue au stade 3 feuilles, atteint à 14 jas, jusqu'à une valeur de CRE de 54% observée à 30 jas pour le semis après 17 mm de pluie et à 45 jas pour les autres semis, le taux de mortalité des plants d'arachide est toujours inférieur ou égal à 10%. Par conséquent, la valeur de CRE de 54% pourrait bien correspondre à un seuil critique au-delà duquel la densité de population est fortement diminuée du fait de la mortalité des plants.

Par ailleurs, pour une date donnée, il apparaît qu'à partir de 30 jas **quand** l'importance de la pluie de semis croît, une légère augmentation du CRE s'accompagne d'une diminution sensible du taux de mortalité des plants.

3.3.3.RELATION ENTRE L'ETAT DU SOL ET L'IMPLANTATION DE L'ARACHIDE

3.3.3.1 IMPLANTATION DE LA CULTURE ET HUMIDITÉ DE SURFACE DU SOL

On a montré l'importance des effets globaux de la pluie de semis et du type de sarclage sur l'implantation de la culture. Pour l'interprétation de ces résultats, l'analyse proposée s'appuie sur l'évolution de l'humidité de la zone d'emplacement des semences. Le potentiel hydrique **correspondant** est obtenu à partir de la courbe caractéristique établie pour l'horizon O-10 cm concerné (fig.3.6).

a) Profondeur de semis

La distribution de la profondeur de semis indique une valeur moyenne comparable quelle que soit la hauteur de pluie (**Tab. 3.9**). Une certaine variation est décelable pour cette profondeur. On trouve environ 6% des semences dans la couche O-20 mm, 10% dans la tranche 20-30 mm et le reste dans l'horizon 30-40 mm.

Par conséquent, il **apparaît** qu'en plus de l'horizon moyen de placement des semences de 2-4 cm, il est nécessaire de tenir compte de la couche la plus superficielle, soit O-2 cm pour l'analyse de l'implantation de l'arachide en relation avec l'humidité de surface. Par ailleurs, l'état hydrique de l'horizon 4-10 cm joue un rôle capital pour le développement et la croissance de la **radicule** avant l'émergence.

b) Analyse de la levée

Les deux phases distinguées sont :

- la germination qui se déroule au cours des trois premiers jours suivant le semis,
- l'émergence **complète** des graines germées observée à 6 jas.

La **démarche** ascendante utilisée pour cette analyse consiste à partir de la couche 4-10 cm de; **radicules** à celle de placement des semences. Les effets, statistiques de la hauteur de pluie et du

type de sarclage ont été analysés aussi bien sur la densité à la levée (chap. 3.2.2.2.) que sur l'humidité des tranches de sol concernées.

• **Densité de levée et état hydrique dans la zone de croissance de la racicule**

A la levée observée à 6 jas, les conditions hydriques de la couche 4-10 cm concernée par la croissance de la racicule sont étroitement liées à l'apport pluviométrique au semis. L'analyse statistique met en évidence un effet significatif de la hauteur de pluie, mais non de la technique de sarclage.

L'évolution de la densité à la levée en fonction de l'humidité volumique moyenne de cette couche de sol est présentée (Figure 3.24). En y distinguant les traitements pluie et sarclage, on remarque qu'il y a une augmentation régulière de la densité avec la teneur en eau, ceci jusqu'à un palier qui semble se dessiner quand l'humidité atteint 0,136 cm³/cm³. Les teneurs en eau les plus faibles observées pour la pluie de semis la plus faible correspondent à des potentiels hydriques compris entre 1 et 1,5 bar. Par conséquent, on peut conclure que l'offre en eau dans la zone racinaire en début de cycle ne constitue probablement pas la contrainte majeure pour la levée des graines de semences germées.

Pour chaque pluie de semis, la relation entre la teneur en eau et le potentiel hydrique de l'horizon 0-10 cm, à 3 et 6 jas est présentée pour RS et RB; RB et REF ont des comportements semblables (tableau 3.20).

	Horizon	0-2 cm				2-4 cm				
		Date	3 jas		6 jas		3 jas		6 jas	
			Hv	h (hPa)	Hv	h (hPa)	Hv	h (hPa)	Hv	h (hPa)
Pl. semis	Sarclage									
	17 mm	RS	0.010	>15849	0.003	>15489	0.056	1670	0.026	>15849
		RB	0.06	1057	0.046	4205	0.067	528	0.055	1881
30 mm	RS	0.039	6657	0.029	15849	0.087	338	0.068	5280	
	RB	0.086	338	0.079	338	0.090	296	0.078	475	
37 mm	RS	0.020	>15849	0.007	>15849	0.086	338	0.081	338	
	RB	0.121	106	10.4	211	11.4	137	10.4	169	

Tableau 3.20 : Variation des valeurs moyennes de la teneur en eau (Hv en cm³/cm³) et du potentiel hydrique (h en hPa) en surface lors de la germination et la levée.

• **Densité à la levée et état hydrique dans la zone d'emplacement des semences**

Dans les deux zones d'emplacement des semences, l'effet de la pluie de semis est significatif sur la teneur en eau sauf pour l'horizon 0-2 cm à 6 jas. En ce qui concerne le type de sarclage, son effet est significatif uniquement sur l'humidité de l'horizon 0-2 cm. On distingue à ce niveau RS d'un côté, et les sarclages (RB et RBF) de l'autre.

Rappelons qu'il n'existe pas d'interaction entre les deux facteurs.

- **à la date d'observation de la levée (6 jas)**

Les relations pour chacun des deux horizons sont présentées à la figure 3.24.

Pour l'horizon 2-4 cm où se retrouvent 92% des semences, l'évolution de la densité en fonction de l'humidité est en fait comparable à celle obtenue au niveau de l'horizon 4-10 cm. Toutefois, les teneurs en eau sont plus faibles pour la pluie la faible.

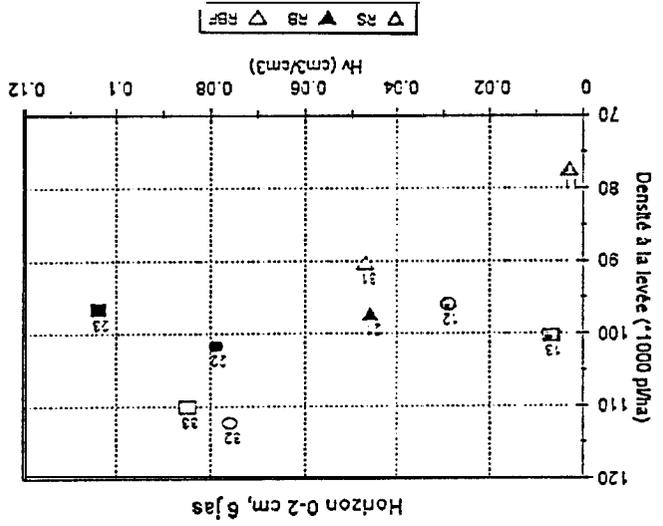
Si la pluie de semis est supérieure ou égale à 30 mm, l'humidité indépendamment du type de sarclage est supérieure à 0,06 cm³/cm³, soit un potentiel hydrique équivalent de 1057 hPa (ou 1 bar). Dans ce cas, la densité à la levée varie entre 95.000 et 110.000 plants/ha.

Figure 3.24 : Densité à la levée et teneur en eau dans le lit de semence à 6 jours après semis en fonction des traitements. Horizon 4-10 cm a), horizon 2-4 cm b), et horizon 0-2 cm c). Un nombre représente la combinaison d'une hauteur de pluie et d'un type de sarclage.

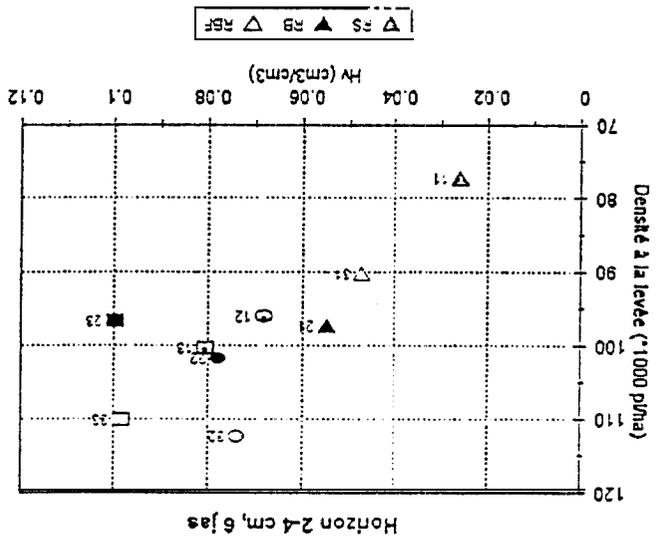
Légende :

RS	RS	RS	RS
RB	RB	RB	RB
RBF	RBF	RBF	RBF
pi	1i	21	31
pZ	12	22	32
P3	13	23	33

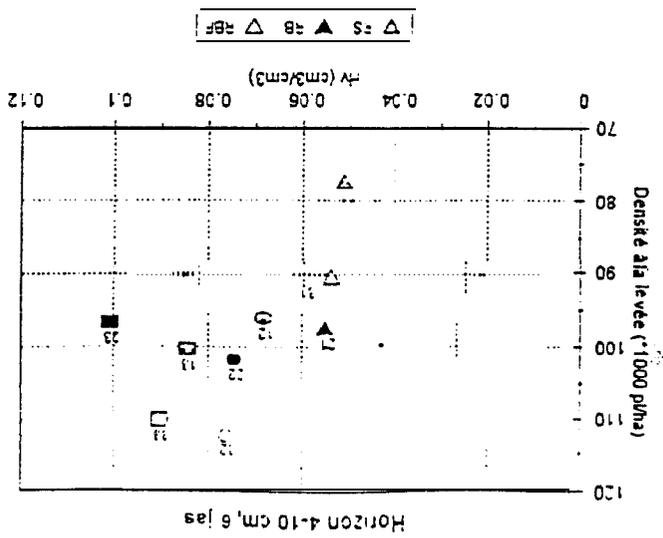
Pluie et semis



(7)



b)



c)

Par contre pour la plus faible pluie de semis, l'obtention d'une densité de semis voisine de ce pallier dépend du type de sarclage. Le sarclo-buttagage simple correspond au meilleur cas avec un potentiel hydrique de l'ordre de 1 bar. A l'opposé se retrouve le sarclage à plat où le potentiel hydrique à 6 jas est supérieur à 15849 hPa (ou 15 bar).

En ce qui concerne l'horizon superficiel O-2 cm, la relation entre la densité à la levée et la teneur en eau (figure 3.24c) est différente des deux relations précédentes. La faible liaison entre la densité à la levée et la teneur en eau dans cette couche traduirait le nombre limité de semences ainsi concernées. En l'absence d'effet de la pluie de semis, l'impact du type de sarclage est bien mis en évidence (tableau 3.20). Pour les sarclo-buttagages, l'état hydrique, qui correspond à des potentiels en eau inférieurs à 8 bars à cette date, peut être considéré comme étant non limitant pour la germination et la levée quelle que soit la pluie. Par contre pour FS, les potentiels hydriques atteints à 6 jas indépendamment de la pluie de semis sont indicatifs de possibles contraintes pour la germination des semences situées dans cette zone.

De ce qui précède, il ressort qu'à défaut de pouvoir expliquer la variabilité observée pour la densité à la levée, l'état hydrique de l'horizon O-10 cm de surface correspondant permet tout au moins d'émettre l'hypothèse d'une germination déficiente pour le traitement RS, indépendamment de la hauteur de la pluie de semis,

▪ à la date supposée de la fin de la germination (3 jas)

Pour analyser cette éventualité, on considère la relation entre la densité à la levée et l'état hydrique des deux couches de sol à 3 jas (figures 3.25).

Pour des semences situées dans l'horizon 2-4 cm, l'humidité volumique varie de 0,06 à 0,12 cm³/cm³ et est significativement affectée aussi bien par la pluie de semis que par le type de sarclage. Dans cette gamme d'humidité moyenne, dont le minimum correspond à un potentiel hydrique inférieur à 1 bar, il est logique de considérer que les conditions de germination sont satisfaisantes. Cependant, pour la pluie de semis de 17 mm, la variation autour de cette moyenne peut occasionner des conditions moins favorables pour quelques semences.

Pour les semences localisées dans l'horizon O-2 cm (figure 24c), quelle que soit la pluie de semis il apparaît bien que les valeurs moyennes de teneur en eau les plus faibles concernent les traitements RS. Les potentiels hydriques correspondants sont supérieurs à 16 bars. Pour les sarclo-buttagages, par contre, l'état hydrique se caractérise par un potentiel inférieur à 1 bar.

On peut donc admettre que pour le traitement RS, toutes les semences situées dans cette zone n'ont pas pu germer. Mais dans ce cas, on n'explique qu'en partie la plus faible densité relative à ce type de sarclage sur la pluie de 17 mm. Pour la partie restante, on peut seulement évoquer une possible déficience pour les graines situées dans la tranche 2-3 cm où l'état hydrique pourrait être limitant pour la germination.

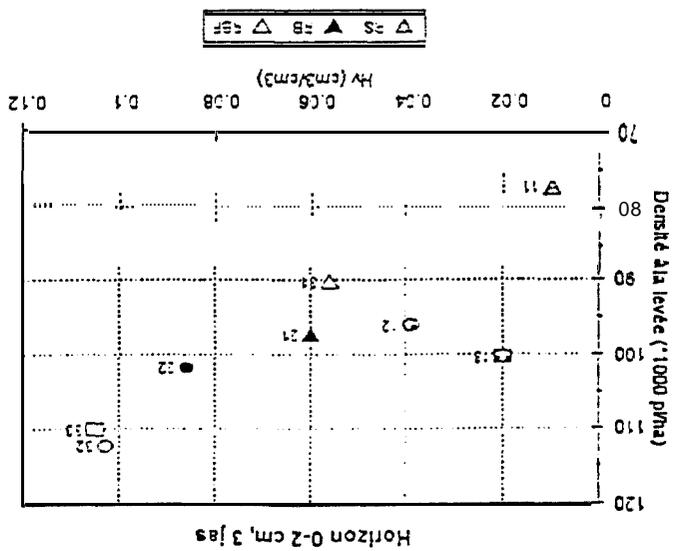
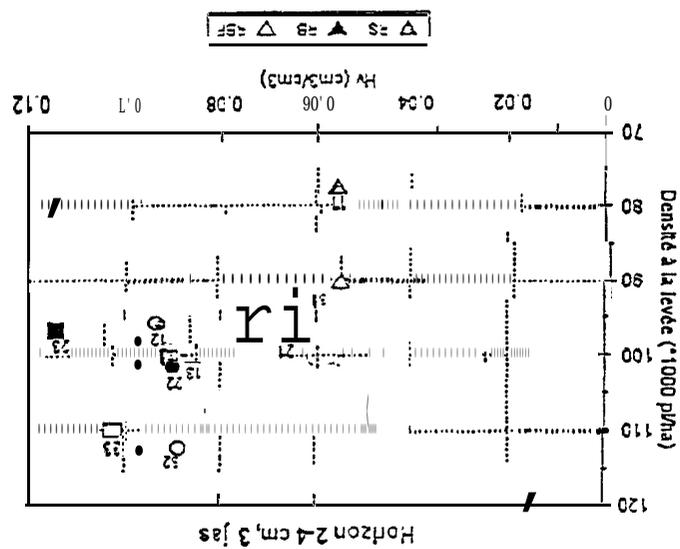
Par ailleurs, en partant d'une teneur en eau minimale après le semis, comme dans le cas de la pluie de 17 mm, une prolongation de la durée d'imbibition, et donc de la germination est probable. Cela augmente les risques d'une germination incomplète qui pourrait être observable pour RS., en particulier.

« Variabilité de la densité à la levée pour les sarclo-buttagages.

Pour une même gamme de teneur en eau, les densités à la levée pour RB et RBF sont statistiquement équivalentes. Mais quand la pluie de semis augmente, l'évolution de la densité de semis n'est pas la même. En effet, alors que la densité à la levée est pratiquement constante pour RB, elle augmente par contre sensiblement pour RBF. L'hypothèse d'un effet précoce du fumier pourrait ainsi être avancée. L'accroissement important de la température dans les horizons de surface sur RBF par rapport RB conforte l'idée d'une décomposition de la matière organique.

La densité à la levée relativement faible observée pour RBF à 17 mm pourrait s'expliquer par l'existence d'une forte pression osmotique liée à une concentration des produits de la décomposition de la matière organique (Gautreau, 1978). Par contre, quand la pluie de semis est supérieure ou égale à 30 mm, la teneur en eau importante qui en résulte favorise un effet de dilution de la solution

Figure 3.25 : Densité à la levée et teneur en eau dans le lit de semence à 3 jours après semis en fonction des traitements. Horizon 0-2 cm (horizon 2-4 cm b),



de sot. Dans ce cas, on peut évoquer la possibilité de l'effet starter de l'azote favorable à la levée (Andrews et al., 1991).

3.3.3.2. STATUT HYDRIQUE DU SOL ET DÉVELOPPEMENT VÉGÉTATIF APRÈS LA LEVÉE

a) Evolution de la densité de population et conditions hydriques du sol

Durant la période sèche suivant le semis à différentes hauteurs pluviométriques, la diminution de la densité de population consécutive à une mortalité des plants peut être reliée directement au statut de l'eau dans le sol. A 30 et 45 jas, cette diminution de la densité pour chaque traitement est rapportée à une valeur qui est la densité optimale préconisée pour la variété utilisée, soit 120.000 plants/ha.

Pour l'analyse de l'évolution de cette densité, on considère le stock d'eau dans le profil, et plus particulièrement la couche la plus humide.

L'examen des profils hydriques à 30 et 45 jas permet de constater que l'horizon 20-30 cm est le plus humide (figure 3.26). La teneur en eau dans cette tranche de sol dépend surtout de l'importance de la pluie de semis. Ainsi, on distingue d'un côté la pluie de semis de 17 mm pour laquelle la teneur en eau varie de 0,042 à 0,025 cm³/cm³, et d'un autre les pluies de 30 et 37 mm pour laquelle l'humidité passe de 0,07 à 0,04 cm³/cm³.

En fonction de la pluie de semis et du type de sarclage, on représente la diminution relative de la densité à 30 et 45 jas en relation avec l'humidité volumique de la couche 20-30 cm la plus humide, pluie de semis et type de sarclage étant confondus (figure 3.26 a, b et c).

Il se dégage une nette tendance d'une diminution de la densité de population quand la teneur en eau de la couche la plus humide du profil décroît. Cette évolution est caractérisée par une grande variabilité. Compte tenu des effets significatifs individuels des facteurs étudiés, la représentation est effectuée en distinguant par type de sarclage; toutes les pluies de semis sont prises en compte.

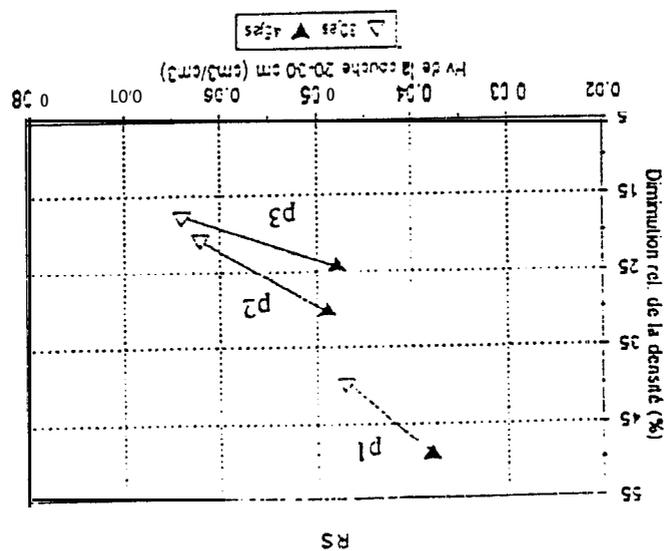
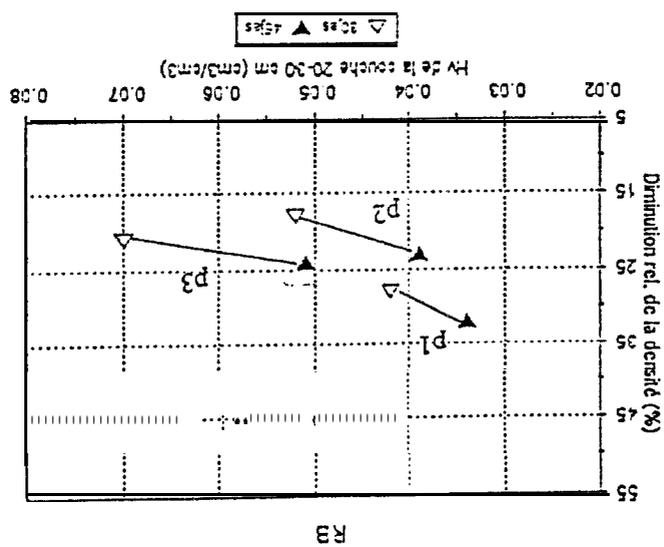
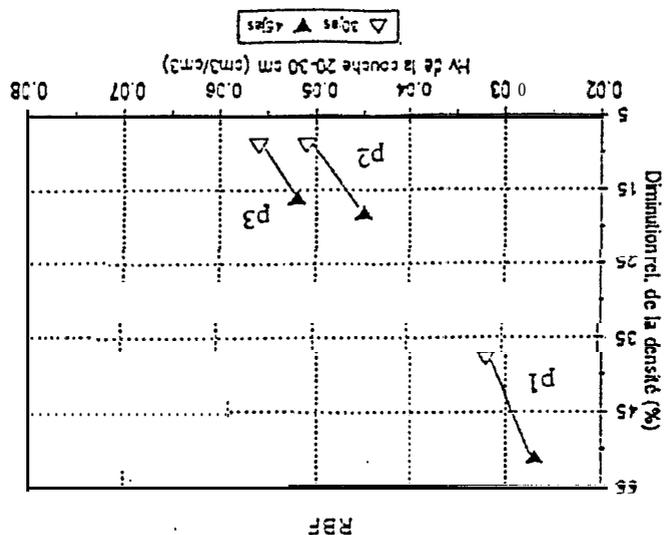
Dans la gamme de variation des teneurs en eau ainsi obtenues, la diminution relative de la densité à ces deux dates est différentes selon la technique de sarclage de prélevée. Globalement, la diminution de la densité au cours du temps est plus atténuée pour RB que pour RS ou RBF, comme en atteste les pentes générales de ces courbes. En outre, on remarque qu'à ces deux dates, les teneurs en eau pour RBF sont plus faibles que pour RS ou RB.

Les plus fortes baisses relatives de densité sont observées pour la pluie de 17 mm. Aux deux dates considérées, les effets de RS et RBF sont comparables avec des valeurs plus élevées allant de 40 à 55 % comparées à l'effet de RB qui provoque une diminution relative variant de 25 à 30 %. Alors que pour RS, cette forte baisse découle du fait d'une plus faible densité à la levée, pour RBF par contre la forte diminution de la densité au cours du temps doit être liée à une mobilisation plus rapide de l'eau. La capacité de la culture à absorber de l'eau dans le profil est réduite à 30 jas pour RBF du fait de la faible teneur en eau qui correspond à un potentiel voisin de celui du point de flétrissement permanent. En effet, la matière organique apportée au niveau de ce traitement, en favorisant la colonisation racinaire, accélère l'épuisement du stock hydrique et sensibilise la plante à la sécheresse.

Pour les pluies de semis supérieures ou égales à 30 mm, les diminutions relatives de la densité de population à ces deux dates sont plus faibles en raison de la teneur en eau plus importante dans la couche considérée. A 45 jas, elle atteignent 25 à 30 % pour RS et RB et 20 % pour RBF.

Pour la pluie de 30 mm, la meilleure densité à la levée pour RBF par rapport à RS a été reliée à l'effet starter de l'azote provenant de la décomposition du fumier. Cette densité de population ajoutée la forte colonisation racinaire entraîne une forte pression sur l'eau du profil. Ceci pourrait donc expliquer la différence de teneur en eau dès le 30ème jas.

Fig. 26 a b c : Diminution relative de la densité de population en fonction de l'humidité du sol.



b) *Matière sèche et état hydrique du profil*

Les valeurs de matière sèche déterminées à 14 et 30 jas sont mises en **relation** avec l'utilisation de l'eau du profil pour chaque pluie de semis (Tab. 3.21).

Pluie de semis (mm)	Date (jas)	Sarclage	MS (kg/ha)	ETR (mm)	Stock hydrique (mm)
17	14	RS	43,6 ± 3,6	7,6 ± 0,8	11,3 ± 1,2
		RB	47,4 ± 4,4	7,6 ± 0,3	11,1 ± 0,5
		RBF	36,3 ± 5,5	9,9 ± 1,2	8,9 ± 1,1
	30	RS	31,9 ± 5,7	12,2 ± 1,0	6,8 ± 1,0
		RB	36,9 ± 2,0	9,9 ± 0,4	6,7 ± 0,7
		RBF	31,4 ± 0,8	12,4 ± 1,3	5,4 ± 2,1
30	14	RS	50,8 ± 8,7	15,5 ± 2,3	14,8 ± 1,5
		RB	52,0 ± 5,3	13,9 ± 0,7	12,8 ± 1,3
		RBF	52,7 ± 6,2	15,0 ± 0,6	12,6 ± 1,1
	30	RS	54,4 ± 3,1	19,8 ± 1,2	10,5 ± 1,4
		RB	56,5 ± 6,6	16,4 ± 0,3	10,3 ± 2,8
		RBF	58,5 ± 0,9	17,0 ± 1,0	10,6 ± 1,0
37	14	RS	55,8 ± 2,1	23,0 ± 1,8	15,2 ± 1,2
		RB	59,4 ± 4,1	20,8 ± 0,7	19,0 ± 0,9
		RBF	48,2 ± 2,6	20,7 ± 1,3	17,3 ± 1,6
	30	RS	74,5 ± 5,6	26,5 ± 1,9	11,7 ± 2,7
		RB	83,2 ± 7,1	26,0 ± 0,7	13,9 ± 1,0
		RBF	106,4 ± 6,4	26,2 ± 1,3	11,7 ± 1,7

Tableau 3.21 : Matière sèche (MS) et ETR suivant les traitements appliqués. Moyenne ± écart-type.

Pour ces deux dates de mesure, le type de sarclage de **prélevée** ne présente pas d'effets significatifs sur les termes du bilan hydrique de la culture. En ce qui concerne la matière sèche, l'effet du type de sarclage n'est significatif au seuil de 5 % qu'à 30 jas pour la pluie de semis de 37 mm.

L'ETR augmente sensiblement avec la pluie de semis. Il en résulte des stocks résiduels assez faibles à 30 jas, en particulier pour la pluie de 17 mm pour lequel le stock est descendu en moyenne à 6 mm. Les stocks hydriques atteints à 30 jas relatifs aux pluies de 30 et 37 mm de l'ordre de 10-11 mm sont comparables au stock moyen atteint dès le 14^{ème} jas pour la pluie la plus faible de 17 mm.

En ce qui concerne la matière sèche aérienne produite, il en résulte une nette tendance à une diminution pour la pluie de 17 mm. A l'inverse, pour les autres pluies de semis plus importantes, l'état hydriques dans le profil au cours des 30 premiers jours après le semis permettent de maintenir voire d'augmenter la croissance végétative. Pour la pluie de semis de 37 mm, où il n'existe pas d'effet du type de sarclage sur la densité à la levée, la matière sèche augmente sensiblement entre ces deux dates.

L'examen des profils hydriques à ces dates (figure 3.12, 3.13 et 3.14) permet de constater que l'horizon 20-30 cm est le plus humide, indépendamment de la pluie de semis ou de la technique de sarclage. Cependant, ces valeurs d'humidité varient essentiellement en fonction de la hauteur de pluie.

☞ **Pluie de semis de 17 mm**

Durant la **période** considérée, la teneur en eau volumique est de l'ordre de 0.04 **cm³/cm³**. Compte tenu de la relation entre l'humidité et le potentiel en eau obtenu pour l'horizon 0-10 cm de **surface (tab.3.19)**, il **apparaît** que la réserve utile accessible à la culture est épuisée. Il semble dans **ce** cas qu'à partir de 14 jas, l'eau qui demeure stockée dans le profil à un niveau tel que la culture commence à subir des stress hydriques sévères entraînant une forte mortalité. Le taux moyen de **mortalité** de 10 % atteint à 30 jas est illustratif de cette situation.

☞ **Pluie de semis de 30 mm :**

A 14 jas, l'**humidité** est supérieure ou égale à **0,06 cm³/cm³** dans la tranche 10-30 cm. Par **contre** à 30 jas, cette teneur en eau ne concerne que l'horizon 20-30 cm. La densité de population est maintenue mais la croissance végétative semble interrompue, l'eau disponible dans le profil **n'autorise** pas une production supplémentaire de matière sèche.

☞ **Pluie de semis de 37 mm :**

Jusqu'à 14 jas, tout l'horizon 0-30 cm participe à l'alimentation en eau de la culture, à l'exception de la tranche 0-6 cm pour RS. La teneur en eau moyenne est de **0,07-0,08 cm³/cm³**. A **30 jas**, cette humidité diminue sensiblement pour la tranche 0-20 cm, mais sa valeur est maintenue pour l'horizon 20-30 cm. Cette mobilisation d'eau pendant cette période explique la poursuite de la croissance qui se traduit par l'augmentation de la matière **sèche**. Au cours des 30 premiers jours secs **suivant** le semis, elle augmente de 32, 69 et 121 % respectivement pour RS, RB et RBF. Pendant cette période, l'eau encore disponible dans le profil autorise une poursuite de la croissance. Il importe en particulier de signaler le cas de RBF, pour lequel les conditions d'alimentation en eau relativement favorables ont permis d'extérioriser l'effet de l'apport d'éléments fertilisants.

• **Cas particulier de RBF** : Le front d'humectation sur RBF descend plus lentement par rapport aux deux autres traitements (cf. chap.3.3.1). Par ailleurs, à 14 jas la production de matière **sèche** racinaire est favorisée par ce traitement. Il semble alors possible de distinguer deux phases au **niveau** de la croissance de la culture. La **première phase** favorisant l'établissement d'un système racinaire concerne le stade plantule. C'est lors de la 2^{ème} phase que la production de biomasse **aérienne** est stimulée si l'alimentation en eau n'est limitante.

c) **Efficiace d'utilisation de l'eau apportée**

L'efficiace d'utilisation de l'eau (EUE) est définie comme étant le rapport entre le rendement en matière sèche produite (en kg/ha) à une date donnée et l'eau consommée par évapotranspiration en (mm) correspondante. Le tableau 3.22 présente les variations respectives de la matière sèche et l'**EUE** pour chaque hauteur de pluie de semis

Pl, de semis (mm)	Sarclage	1 4 j a s		30 jas	
		MS (kg/ha)	EUE (kg/ha/mm)	MS (kg/ha)	EUE (kg/ha/mm)
17	RS	43,6 ± 3,6	6,0 ± 1,0	31,9 ± 5,7	2,8 ± 0,4
	RB	47,4 ± 4,4	6,3 ± 0,8	36,9 ± 2,0	3,8 ± 0,4
	RBF	36,3 ± 5,5	3,5 ± 1,0	31,4 ± 0,8	2,6 ± 0,2
	Moy.	42,4 ± 2,5	5,3 ± 0,5	33,4 ± 2,0	3,1 ± 0,2
30	RS	50,8 ± 8,7	3,6 ± 1,1	54,4 ± 3,1	2,8 ± 0,3
	RB	52,0 ± 5,3	3,8 ± 0,5	56,5 ± 6,6	3,4 ± 0,4
	RBF	52,7 ± 6,2	3,6 ± 0,5	58,5 ± 0,9	3,5 ± 0,2
	Moy.	51,8 ± 4,0	3,6 ± 0,4	56,4 ± 2,5	3,2 ± 0,2
37	RS	55,8 ± 2,1	2,4 ± 0,1	74,5 ± 5,6	2,7 ± 0,3
	RB	59,4 ± 4,1	2,9 ± 0,3	83,2 ± 7,1	3,2 ± 0,4
	RBF	48,2 ± 2,6	2,4 ± 0,3	106,4 ± 6,4	4,1 ± 0,5
	Moy.	54,4 ± 1,8	2,6 ± 0,1	88,0 ± 3,7	3,4 ± 0,2

Tableau 3.22 : **Efficiace d'utilisation de l'eau par la culture. Moyenne ± écart-type.**

Le rendement de matière sèche est compris entre 40 et 50 **kg/ha** à 14 jas quelle que soit la **pluie** de semis. Cependant à 30 jas, il augmente sensiblement avec la hauteur de la pluie de semis. Ainsi, en moyenne sur les sarclages de prélevée, il croît de 33 à 88 **kg/ha**.

L'analyse de l'EUE correspondant à cette production de matière sèche appelle les commentaires suivants :

« Effet de **l'importance** de la pluie de semis

Indépendamment du type de sarclage de prélevée, quand la hauteur de la pluie de semis augmente l'EUE diminue à 14 jas, mais reste constante à 30 jas. La différence des valeurs de l'EUE à 14 jas pourrait s'expliquer par les différences marquées des valeurs de l'ETR observées en sol nu entre les pluies de semis. En effet, la forte augmentation de l'ETR avec la pluie de semis en début de cycle entraîne des valeurs de stock hydrique à 7 jours après la levée assez différenciées. Or à ce stade, les besoins en eau de la culture sont faibles. Par conséquent, on obtient pour une même production de matière sèche des valeurs de EUE d'autant plus faibles que la pluie de semis est importante.

« Effet du sarclage de **prélevée**

L'analyse de **variance** réalisée pour chaque date et pour chaque pluie de semis ne met pas en **évidence** de différence significative entre les sarclages de prélevée. Toutefois, on note à 14 jas pour la pluie de semis de 17 mm que l'EUE sur RBF est sensiblement plus faible que celle sur RS ou R13.

• Effet de la durée de **la période** sèche

En rapport avec la hauteur de pluie, **l'évolution** de la matière sèche est différente de celle l'EUE **déterminée**.

Pluie de semis de 17 mm

L'EUE maximale à 14 jas de **5,3 kg/mm** descend assez rapidement à **3,2 kg/mm** à 30 jas. Cela traduit l'ampleur du stress hydrique subi par les plantes, la faible augmentation de l'ETR entre ces dates ne s'étant pas traduite par une production complémentaire de matière sèche. La sénescence **et/ou** la mortalité des plants ont entraîné une diminution de la matière sèche produite par unité de surface

Pluie de semis de 30 mm

L'EUE est relativement constante et égale à **3,4 kg/mm** pendant les 30 premiers jas. La faible augmentation de la matière sèche produite (**+9%**) entre ces deux dates traduit un **ralentissement considérable**, voire un arrêt de croissance végétative lié à la disponibilité limitée en eau dans le profil.

Pluie de semis de 37 mm

Entre ces deux dates, l'augmentation de 31% de l'EUE correspond à une augmentation de **63%** de la matière sèche. A 14 jas, la matière sèche produite est indépendante du sarclage de prélevée, contrairement à la matière sèche à 30 jas où RBF augmente significativement par rapport à RS (41 %).

d) CRE et **utilisation** de stock d'eau du sol

Pour chacune des pluies de semis, l'évolution du CRE est mise en relation avec celle du stock résiduel (**corrigé** du stock initial en sec avant l'irrigation) (Tableau 3.23). Quatre dates de mesure sont considérées pour le semis après la pluie de 17 mm, contre 5 pour les autres semis. Le nombre **inférieur** de mesures effectuées pour la faible pluie de semis s'explique par le flétrissement poussé des plants qui n'autorise plus de prélèvements foliaires après la quatrième mesure intervenue au **42ème** jas.

Date (jas)	Sarclage	17mm		30mm		37 mm	
		Stock (mm)	CRE (%)	Stock(mm)	CRE (%)	Stock (mm)	CRE (%)
14	RS	11,3 ± 1,2	70,5 ± 1,6	14,8 ± 1,5	71,4 ± 2,9	15,2 ± 1,2	71,5 ± 3,8
	RB	11,1 ± 0,5	75,5 ± 3,8	12,8 ± 1,3	69,9 ± 1,2	19,0 ± 09	70,0 ± 1,4
	RBF	8,9 ± 1,1	72,5 ± 1,6	12,6 ± 1,1	68,3 ± 1,5	17,3 ± 1,6	72,4 ± 2,0
24	RS	10,4 ± 0,9	62,4 ± 0,7	14,9 ± 2,9	59,9 ± 2,9	14,1 ± 2,5	59,7 ± 1,2
	RB	9,1 ± 0,5	67,2 ± 1,8	12,8 ± 3,4	63,0 ± 1,2	17,1 ± 1,0	60,3 ± 1,2
	RBF	7,6 ± 1,6	61,6 ± 4,0	12,7 ± 1,3	62,6 ± 1,7	13,9 ± 1,5	59,3 ± 0,8
30	RS	6,8 ± 1,0	52,6 ± 2,7	10,5 ± 1,4	56,2 ± 2,2	11,7 ± 2,7	59,7 ± 1,0
	RB	6,7 ± 0,7	53,5 ± 0,1	10,3 ± 2,8	58,0 ± 2,8	13,9 ± 1,0	60,5 ± 0,9
	RBF	5,4 ± 2,1	55,1 ± 2,2	10,6 ± 1,0	55,9 ± 4,0	11,7 ± 1,7	60,7 ± 0,5
42	RS	5,1 ± 0,3	50,8 ± 1,3	7,7 ± 1,8	52,7 ± 3,0	5,2 ± 1,7	58,7 ± 1,4
	RB	4,9 ± 1,3	52,4 ± 1,4	7,2 ± 1,7	57,1 ± 2,5	8,2 ± 1,0	55,4 ± 2,5
	RBF	4,2 ± 1,3	51,7 ± 0,9	8,7 ± 0,6	52,5 ± 1,8	6,0 ± 0,5	60,7 ± 0,5
56	RS	4,5 ± 0,6	nd	5,2 ± 0,8	30,7 ± 0,9	3,1 ± 1,1	29,3 ± 0,3
	RB	4,7 ± 0,7	nd	4,9 ± 0,9	30,6 ± 4,6	5,1 ± 0,5	32,2 ± 2,9
	RBF	4,1 ± 1,1	nd	5,1 ± 1,0	31,7 ± 0,1	5,0 ± 1,2	33,3 ± 0,2

Tableau 3.23 : Variation entre le stock hydrique dans le sol et CRE. Moyenne ± écart-type. nd = non déterminé

L'analyse de variance réalisée pour chaque date de prélèvement et pour les différentes pluies de semis ne met pas en évidence un effet significatif du type de sarclage de prélevée.

Quand le stock hydrique dans le profil diminue au cours du temps pour une pluie de semis donnée, le CRE décroît. Entre 14 et 45 jas, le CRE diminue en moyenne de 70 à 50 %.

Par contre pour une même date, les valeurs de CRE varient très peu pour des valeurs de stocks différentes. Au 14ème jas par exemple, un CRE moyen de 70 % environ est observé alors que le stock résiduel varie dans une gamme pouvant aller du simple au double, soit entre 9 et 19 mm. Il semble cependant qu'à partir du 30ème jas, le stock hydrique relatif à la pluie de 17 mm devient plus limitant pour le CRE qui commence à se différencier de celui aux deux autres pluies.

Le stock résiduel n'est pas entièrement disponible pour la culture. L'évolution du CRE en fonction de l'humidité la plus élevée dans le profil au cours du temps a été établie (figure 3.27). On observe un comportement semblable à celui obtenu précédemment avec le stock hydrique. L'étalement des valeurs de teneur en eau pour une même date de mesure est important, le CRE variant très peu. A partir de 14 jas, le potentiel hydrique qui correspond aux teneurs les plus faibles équivaut à un pF voisin de 4,2.

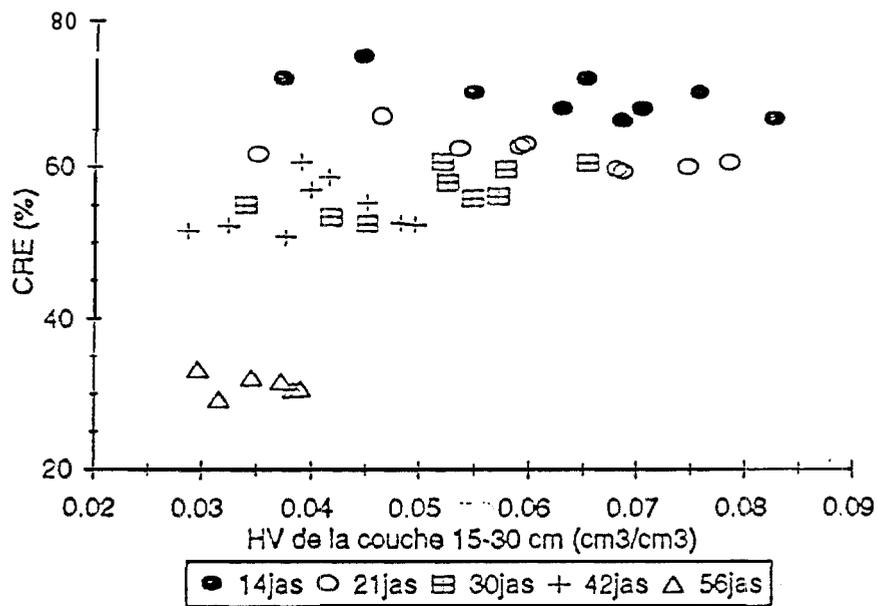


Figure 3.27 : Contenu relatif en eau de la plante et teneur en eau volumique de la couche la plus humide dans le profil

3.3.4. CONCLUSION SUR LES CONDITIONS D'IMPLANTATION

La densité de population à la levée est une composante principale du rendement en gousses de l'arachide. Mais, dans le bassin arachidier, des conditions sèches marquent la phase de l'implantation de la culture. D'une part, la pluie de semis tombe sur un sol dont le profil est totalement **asséché** au cours de la saison sèche. D'autre part, la probabilité d'enregistrer une pluie suivante pouvant profiter à l'implantation est d'autant plus faible que la saison des pluies est précoce.

Du fait de la dynamique de dessiccation de la couche de sol humectée, une meilleure maîtrise de l'implantation nécessite la mise en oeuvre de techniques culturales permettant de limiter les pertes d'eau par évaporation du lit de semences. L'expérimentation de contre-saison mise en place dans cette perspective compare, pour différentes hauteurs de pluie, l'impact du sarcla-buttage de **prélevée** (avec ou sans apport de matière organique) avec le sarclage traditionnel de prélevée.

En analysant les conditions hydriques de la germination-levée et de la survie de la plante au cours du stade de **développement** de préfloraison, les principaux résultats obtenus sont résumés **ci-après**.

Le stock initial au moment du semis dépend de l'importance de la pluie de semis. Sa diminution rapide lors des premiers jours est liée à la forte évaporation du sol nu, qui affecte surtout la couche de surface. C'est à ce niveau que le **sarcla-buttage** de prélevée, par rapport au sarclage simple, agit efficacement sur la conservation de l'eau dans le lit de semence. A partir du premier jour après le semis, l'horizon de surface correspondant au lit de semence pour RS se dessèche très fortement, comparé aux sarcla-buttages; ceci quelle que soit la hauteur de la pluie de semis. Cette **différence** dans l'évolution de l'humidité de surface entraîne une variation dans la cinétique d'imbibition des semences. Ce phénomène est d'autant plus marqué qu'il existe une hétérogénéité au **niveau** de la profondeur de semis (Bruckler et **Bouaziz**, 1991). Par rapport au sarclage de **prélevée** simple, le sarcla-buttage de prélevée permet d'améliorer la possibilité pour les semences d'atteindre la teneur en eau critique pour la germination. Compte tenu de la profondeur atteinte du front d'humectation, nous avons vu que, indépendamment de la hauteur de pluie de semis et du type de sarclage, le développement de la **radicule** n'était pas limité par la teneur en eau de la couche située immédiatement en-dessous de la graine.

Donc, on peut retenir que par rapport au sarclage de prélevée simple (RS), le sarcla-buttage (**RB** ou **RBF**) améliore les conditions d'imbibition, et partant de la germination des semences. Sur la densité de population qui en résulte, cet effet sera d'autant plus significativement positif que le semis de l'arachide sera effectué après une pluie minimale.

La comparaison des deux sarcla-buttages de prélevée (avec et sans enfouissement de fumier) montre l'intérêt de la présence de la matière organique quand la pluie de semis est importante (30 mm environ). L'augmentation sensible de la température à la base de la butte indiquerait une décomposition précoce de la matière organique dont l'effet sur la germination et la levée serait **lié** à l'humidité dans le lit de semences.

La diminution de la densité de population en cas de sécheresse prolongée traduit le dessèchement progressif du profil lié à la consommation hydrique des cultures. En effet, les taux de mortalité les plus élevés sont observés quand la réserve utile est consommée (cas de RS et RBF pour la pluie de semis la plus faible). La cinétique de diminution de la densité de population au cours du temps est liée à la densité initiale. Du fait de la compétition pour l'eau, plus cette densité initiale est forte et plus importante est la mortalité des plants. Les plus faibles diminutions de la densité de population au cours du temps sont enregistrées pour RB quelle que soit la pluie de semis. En ce qui concerne RBF par contre, la présence du fumier favorise la mortalité des plants quand la pluie de semis est faible.

La sécheresse de début de cycle d'une durée de 30 jours entraîne généralement un arrêt, voire une diminution de la production de matière sèche si la pluie de semis est inférieure ou égale 30 mm; ceci est indépendant du type de sarclage de **prélevée**. L'arrêt de croissance végétative ou le maintien de la surface foliaire durant le développement d'un stress hydrique permet la réduction des pertes en eau de la plante, qui est un mécanisme important d'adaptation à la sécheresse (Levitt et al., 1960).

Une augmentation du rendement en matière sèche est observable quand les **réserves** en eau utile de départ résultant de la pluie de semis le permettent. Ceci serait le cas pour la pluie de semis de l'ordre 40 mm où la présence de matière organique favorise davantage le rendement en matière sèche. La relation étroite entre l'évolution de la production de matière sèche et les réserves **en** eau utile est traduite par l'évolution de l'efficacité d'utilisation de l'eau. L'établissement d'un système racinaire précoce, d'autant plus dense que les réserves hydriques disponibles sont importantes, confirme cette évolution. L'apport de fumier sous la butte favorise le développement racinaire.

Le contenu relatif en eau de la plante, en tant qu'indicateur du niveau de stress de la plante, n'est pas affecté par le **type** de sarclage. Sa diminution durant le développement du stress hydrique est liée aux réserves en eau utile dans le sol, et donc **à** l'importance de la pluie de semis. A une valeur critique de l'ordre 54% correspond une diminution de la densité **à** la levée du fait de Sa mortalité des plantes d'au moins 10%. Dans les conditions de l'essai, cette valeur est atteinte avant **30** jours **après** un semis **à** la suite d'une pluie de hauteur minimale (de l'ordre de 15 mm), et au bout de 45 jours après un semis effectué **à** la suite d'une pluie correspondant à une saison des pluies précoces (de l'ordre de 40 mm).

Sur le plan pratique, les résultats concernant l'implantation de l'arachide en conditions sèches permettent de dire que, pour tous les types de saison des pluies susceptibles d'être rencontrés, **le sarclo-buttage** permet **d'augmenter** les chances de réussite de l'implantation de l'arachide, tant au **niveau** du peuplement **à** la levée qu'au niveau de la survie des plants. L'enfouissement de fumier **sous** la butte devient particulièrement bénéfique si la pluie de semis est importante (de l'ordre de 40 mm, par exemple).

CHAPITRE IV :

FRUCTIFICATION DE L'ARACHIDE : ANALYSE DE LA PENETRATION DES GYNOPHORES EN RELATION AVEC L'ETAT HYDRIQUE ET PHYSIQUE DE LA SURFACE DU SOL

4.1. INTRODUCTION GENERALE

Les stress hydriques interviennent à différents stades phénologiques de la culture de l'arachide, et entraînent dans tous les cas une chute des rendements. Mais il est établi que la phase la plus sensible à un déficit hydrique est la phase reproductrice (Billaz et Ochs, 1961 ; Lu and Lu, 1963 ; Black Etal, 1985 ; Nageswava, 1985). Selon le schéma de Boote (1982) basé sur les stades phénologiques de croissance de la plante, celle-ci inclut le pic de la floraison, la formation et la pénétration des gynophores, et la formation et le début de maturation des gousses.

Si tous les autres facteurs sont égaux par ailleurs, le nombre de gousses produit par pied, composante essentielle du rendement, dépend des conditions d'alimentation en eau de la culture pendant la phase reproductrice (Bouffil, 1951 ; Matlock et al, 1961).

En fonction de l'intensité et de la durée de la sécheresse, la production des fleurs, des gynophores et des gousses peut être retardée ou inhibée complètement (Lin et al, 1963 ; Lenka and Misra, 1973).

Les gynophores, formés après la fécondation de la fleur, sont produits essentiellement par les bourgeons cotylédonaire. La conversion ou la transformation de ces gynophores en gousses est liée à leurs durées d'élongation, de pénétration et d'orientation dans le sol (Chapman et al, 1992).

La croissance journalière du gynophore, fortement influencée par l'humidité relative de l'air, est de l'ordre de 0.62 cm/j à la saturation, mais seulement de 0,02 cm/j quand l'humidité relative est égale à 57 %. (Shen Yu-Jun et An Ke, 1998)

Les causes de non pénétration du gynophore dans le sol sont attribuées soit à une faible turgescence si la zone racinaire est stressée (Allen et Al, 1976 ; Bhagsari et Al, 1976), soit à un développement de la compaction et de la résistance à la pénétration de la couche de surface du sol en dessèchement (Underwood et al, 1971).

En raison de son enracinement profond, cette dernière situation peut correspondre en zone tropicale sèche à des conditions d'alimentation hydrique adéquates dans la zone racinaire, mais à une teneur en eau très faible dans l'horizon de surface de pénétration du gynophore.

Par conséquent, pour une meilleure analyse de l'élaboration du rendement en gousse en zone sahélienne, l'étude de la fructification de l'arachide doit parvenir à la maîtrise des deux aspects suivants.

(1) Le rythme de l'émission des gynophores en relation avec les conditions d'alimentation en eau qui détermine le potentiel des gousses pouvant être produites,

(2) L'influence de l'état hydromécanique de l'horizon de surface sur la pénétration du gynophore, préalable à la formation de la gousse.

4.2. ANALYSE DE L'EMISSION DES GYNOPHORES EN FONCTION DE L'ALIMENTATION EN EAU.

4.2.1. OBJECTIF

Le gynophore joue un rôle central de transition entre la fleur essentiellement aérienne et la gousse exclusivement souterraine.

En fonction de la variété, et en condition d'alimentation optimale, le pourcentage des fleurs donnant des gousses est faible et varie entre 7 et 22 %. (Shibuya, '1935 ; Bouffit, 1951 ; Goldin and Har-Tzook, 1966).

Pour une variété tardive de 120 jours sensible à la sécheresse, Billaz et Ochs (1961) ont étudié l'effet du stress hydrique sur la fructification. Sans aucune indication sur l'évolution de l'émission des gynophores, l'étude montre que par rapport au nombre total de gynophores émis en fin de cycle, le nombre de gousses produites représente 50 % en cas d'alimentation optimale, mais seulement 25 % si une sécheresse de 30 jours intervient dans la phase de fructification.

L'objectif de sous-chapitre est de déterminer le rythme de leur émission en fonction de l'état hydrique de la plante.

4.2.2. MATERIEL ET METHODE

4.2.2.1. MATERIEL

L'étude a été réalisée pendant la saison des pluies de Juin à Octobre 1993, sous abri plastique transparent au CNRA de Bambey. La variété 73-33 utilisée est cultivée dans les tubes PVC de 120 cm de haut et de 15 cm de diamètre.

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 l'expérimentation fait partie.

Le sol utilisé pour le remplissage des tubes appartient aux sols ferrugineux tropicaux non lessivé (du type dior) dont les caractéristiques sont décrites par Charreau (1963), Dancette (1970) et Vachaud et coll (1978).

4.2.2.2. LES TRAITEMENTS.

Les modalités d'alimentation en eau de l'arachide varient de l'excès d'apport par rapport au calcul théorique de l'ETR au déficit hydrique le plus extrême. Les périodes du sevrage en eau correspondent principalement à deux stades distincts de la croissance et du développement. Il s'agit du stade de pré-floraison en début de cycle, et de celui de la fructification active. Les détails pour les 6 traitements considérés figurent dans le tableau 4.1,

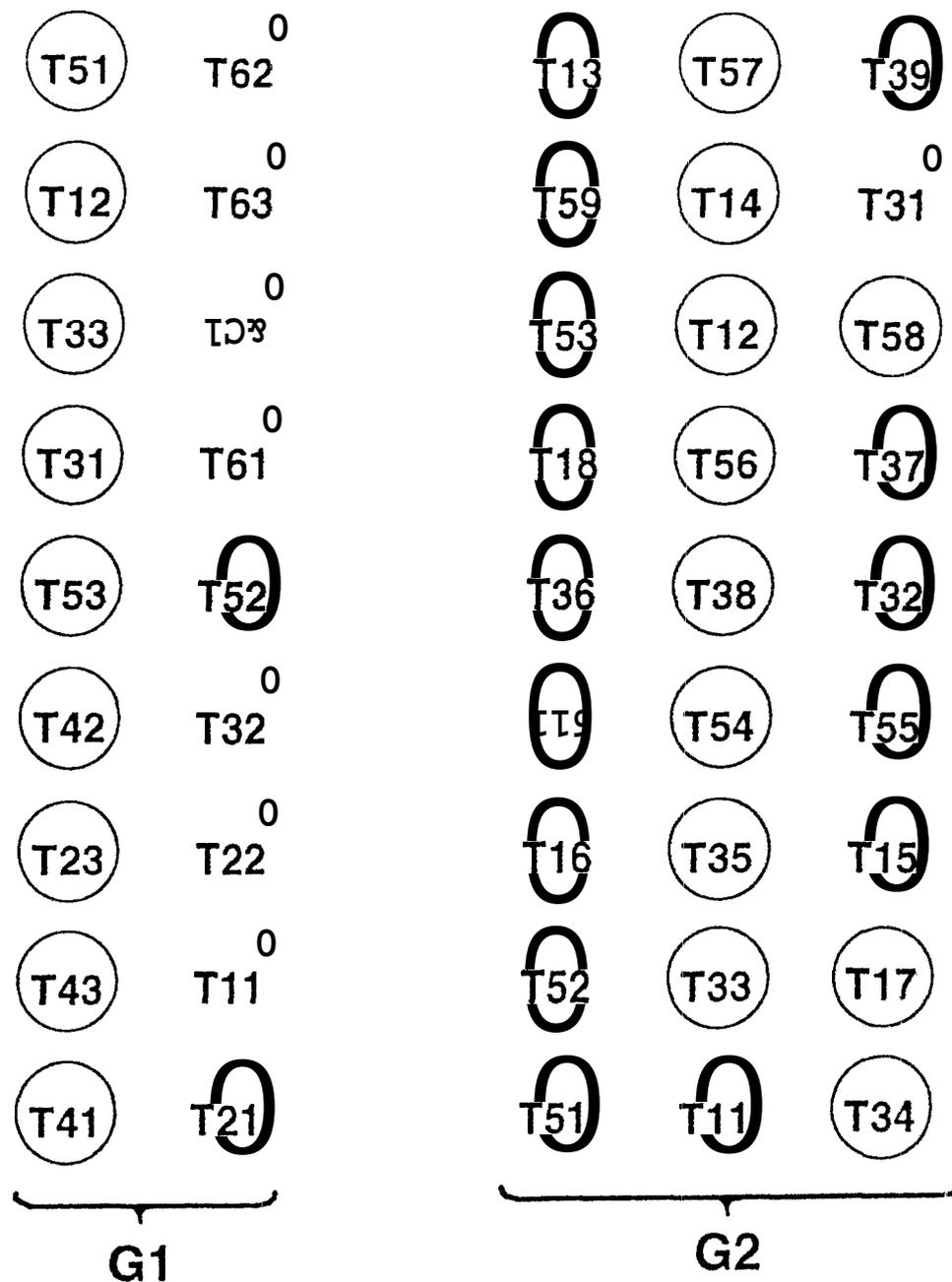
Traitement	Périodes de sécheresse	Stade de développement
T1	Témoin - Alimentation optimale (100 % des besoins en eau)	Aucun---
T2	20 j de sécheresse à partir du semis après irrigation de 30 mm	Préfloraison
T3	15 j de sécheresse à partir du 45 ^{ème} jour	Progression rapide de la floraison (1)
T4	30 j de sécheresse à partir du 45 ^{ème} jour	Progression rapide de la floraison et palier de forte floraison (2)
T5	Arrêt total à partir du 45 ^{ème} jour jusqu'en fin de cycle	(1) et (2) et chute de la floraison
T6	Excès d'apport (120% des besoins)	

Tableau 4.1. : Description des six traitements d'alimentation en eau

4.2.2.3. DISPOSITIF

Le suivi du rythme d'émission des gynophores de l'arachide nécessite des observations ou des prélèvements destructifs. Deux sous groupes ont été ainsi constitués en blocs randomisés.

Pour le premier sous groupe, seuls des prélèvements non destructifs sont effectués jusqu'à la récolte intervenant à la fin du cycle normal. Il est constitué de 6 traitements correspondant chacun à une modalité d'alimentation en eau et de trois répétitions.



G1: groupe de traitements à prélèvement non destructif
 G2: groupe de traitements à prélèvement destructif

Tij : traitement i, répétition j

Figure 4.1 : Schéma du dispositif de l'essai relatif à l'analyse du rythme d'émission des gynophores de l'arachide en fonction de l'alimentation en eau

En ce qui concerne le second groupe, des dépotages permettant de mettre en rapport les gynophores émis et les stades de développement sont **réalisés** au 50, 65 et 80 ème jas. Toutefois, on **ne considère** que trois **traitements** d'alimentation en eau en trois **répétitions**. A chacune des trois dates de **prélèvements**, neuf plants correspondant aux trois répétitions des trois traitements sont récoltés.

Chaque **répétition** est **représentée** par une seule plante, cultivée dans un tube PVC. On dispose ainsi d'un nombre total de 45 tubes comportant 18 tubes pour le premier sous groupe et 27 tubes pour le second (Fig. 4.1)

4.2.2.4. TECHNIQUES CULTURALES

a) *Remplissage des tubes PVC.*

Sous la serre, ces tubes sont installés en 5 rangées de 9 pots chacune. Les écartements sont de **0.7m** entre les rangs et de 0.15 m sur le rang. Afin de permettre un éventuel drainage ou d'empêcher une **remontée** d'eau de pluie suite à une stagnation, le système est légèrement **surélevé** à l'aide de lattes en bois.

La terre débarrassée des corps grossiers, préalablement séchée à l'air, est tamisée avant d'être mise dans les pots, Pour disposer d'une colonne de terre homogène avec une densité apparente de **1.5g/cm³**, le remplissage des tubes par couches successives de 20 cm est suivi d'un **léger tapotage** sur les parois.

Remplis jusqu'à 4 cm du bord pour les besoins d'irrigation et d'installation de la culture, chaque tube renferme ainsi une masse de terre de 125 kg environ.

b) *Fertilisation minérale.*

La fumure minérale recommandée pour l'arachide a été utilisée, soit 150 **Kg/ha** de l'engrais ternaire 8-18-27. Les 1.5 g / tube nécessaires ont été dissous dans l'équivalent de 30 mm d'eau d'irrigation apporté 24 heures avant le semis.

c) *Semis,*

Après le traitement des semences avec un fongicide (granox), le semis à une profondeur de 4 cm est intervenu le 27 Juillet 1993 à raison de 3 graines par tube.

Deux semaines plus tard, **après** la levée complète, un **démariage** à un plant par tube a été **effectué**. Pour le traitement subissant une sécheresse de début de cycle aussitôt **après** semis (T2), le **défaut** de germination (et donc l'absence de levée) sur deux répétitions a entraîné un resemis le 11 Août 1993.

d) *Entretien.*

Il a consisté en des désherbages réguliers à la demande pour éviter toute compétition hydrique. Par ailleurs, un soin particulier a été accordé aux apports d'eau d'irrigation pour éviter des perturbations de la surface du sol pouvant affecter la **pénétration** des gynophores formés. Le 12 Septembre 1993 une **légère** attaque de pucerons a été constaté sur l'ensemble de l'essai. Cependant, le traitement phytosanitaire initialement prévu n'a pas été réalisé afin d'éviter un effet phototoxique **éventuel** sur les plantes où le stress hydrique a été appliqué trois jours plus **tôt**.

e) *Modalités pratiques d'irrigation et calendrier d'application*

Les apports d'eau ont été modulés en fonction des besoins de l'arachide. Relativement faibles en **début** de cycle de la culture, ils augmentent avec le **niveau** de développement végétatif. Le maximum est atteint entre les 50 et 70 ème jours après semis,

En dehors des **périodes** d'application du stress hydrique variables selon les traitements, les apports sont régulièrement faits tous les trois jours depuis le semis jusqu'à la **fin** du cycle de la culture. Ainsi pour les deux traitements n'ayant pas subi d'interruption d'apport d'eau au cours du cycle (**T1** et **T6**), les calendriers d'application ainsi que les volumes d'eau concernés sont présentés au tableau 4.2.

Traitement	Apport d'eau pour le semis le 27/7	Périodes d'application		
		1-45 jas	46-55 jas	56-105 jas
T1	30mm	10mm	15mm	20mm
T6	30mm	15mm	20mm	30mm

Tableau 4.2 . Volume d'eau d'irrigation apporté tous les trois jours.

Pour les quatre autres traitements les mêmes volumes sont apportés aux mêmes dates comme pour T1, sauf pendant les périodes où le stress est appliqué comme suit :

T2 : Stress hydrique de 20 jours en début de cycle.

T3, T4 et T5 : à partir du 45^{ème} jour, arrêt d'apport d'eau d'irrigation , respectivement pendant 20 jours, 30 jours et tout le reste du cycle.

Pour T3, T4 et T5, onze jours après la suspension de l'apport d'eau d'irrigation soit à 56 jours, un flétrissement assez sévère des plantes subissant le stress a été observé. Par conséquent, une levée ponctuelle du stress a été effectuée en apportant l'équivalent de 25mm d'eau d'irrigation (en deux jours).

Le cumul d'eau apportée aux différentes dates de récolte est présenté (Tableau 4.3)

	50 jas	65 jas	80 jas	104 jas
T1	190	290	390	530
T2	130	230	315	455
T3	180	200	300	440
T4	180	180	250	390
T5	180	180	200	200
T6	290	450	555	785

Tableau 4.3 : Cumul d'eau d'irrigation aux dates de récolte

4.2.2.5. OBSERVATION ET MESURES

4.2.2.5.1. Suivi micrométéorologique

A l'aide d'un psychromètre installé sous la serre, les données journalières de températures et d'humidité relatives ont été recueillies pour décrire les conditions microclimatiques de l'expérimentation. Parallèlement, les données de la station météorologique du CNRA de Bambey sont collectées pour la même période en vue d'une comparaison entre le milieu ambiant et sous la serre.

Au cours de l'expérimentation, l'amplitude de la température moyenne journalière du milieu ambiant est 10 à 12 °C pour un minimum d'environ 25 °C. La température est plus élevée dans la serre Sauf à 18 h. Il y a une différence de 1 à 2 °C entre les deux situations. En ce qui concerne l'humidité relative, les valeurs extrêmes (minimum et maximum) varient en moyenne entre 40 et 90

% pour le milieu ambiant, et 35 à 75 % sous la serre. Par conséquent, une demande évaporative plus importante va prévaloir sous la serre.

4.2.2.5.2. Croissance végétative

La croissance de l'arachide en relation avec les conditions d'alimentation en eau a été suivie par le biais de diverses observations et mesures. Celles-ci se rapportent aussi bien à la partie végétale aérienne pour la description des conditions précédant la fructification qu'à la partie souterraine caractérisant la fructification et l'enracinement.

Sur la végétation aérienne, le suivi inclut :

- Le comptage des feuilles à 20, 30, 40 50 et 70 jours.
- Le comptage journalier des fleurs.
- Le contenu relatif en eau de la culture à 20, 50 et 80 jours après semis (Cf § Implantation pour méthodes de mesures).

Aux quatre dates de récolte retenues, soit 50, 65, 80 et 105 jours, les observations sont les suivantes :

- Le comptage des gynophores émis,
- Le nombre et le poids des gousses produites en distinguant les gousses matures, immatures et juvéniles,

Le poids de la matière sèche aérienne et racinaire.

4.2.2.5.3. L'humidité du sol

Afin d'éviter des perturbations importantes sur les colonnes de terre dans les tubes, et compte tenu des moyens disponibles, les mesures ne sont réalisées qu'à la récolte. Cette limitation ne permet pas de mettre en rapport la croissance des plantes avec l'état de l'eau dans le sol. Ces mesures concernent :

- La teneur en eau pondérale jusqu'au front d'humectation atteint dans chaque tube, à l'exception de la récolte effectuée au 50^{ème} jours après semis où les mesures ne concernent que les 30 premiers centimètres. Les horizons de prélèvements sont les suivants : 0-5, 5-10 cm puis tous les 10 cm jusqu'au front d'humectation.

Le front d'humectation atteint dans le tube ; cette mesure permettant de déterminer le limite maximale de la profondeur d'enracinement.

La densité apparente de surface du sol.

Pour chaque tube, la mesure porte sur trois répétitions.

42.3. RESULTATS

423.1. COMPORTEMENT PHYSIQUE ET HYDRIQUE DU SOL DANS LES TUBES AU COURS DE L'ESSAI

a) La densité apparente de surface aux dates de récoltes

A partir d'une valeur de départ de 1.57, la densité apparente de l'horizon de surface augmente régulièrement au cours du cycle de la culture (tableau 4.4). Elle atteint en fin de cycle à 105 j la valeur de 1,72 environ. Cette évolution est à mettre en relation avec les cycles alternatifs d'humectation et de dessèchement de la surface compte tenu de la périodicité des apports d'irrigation.

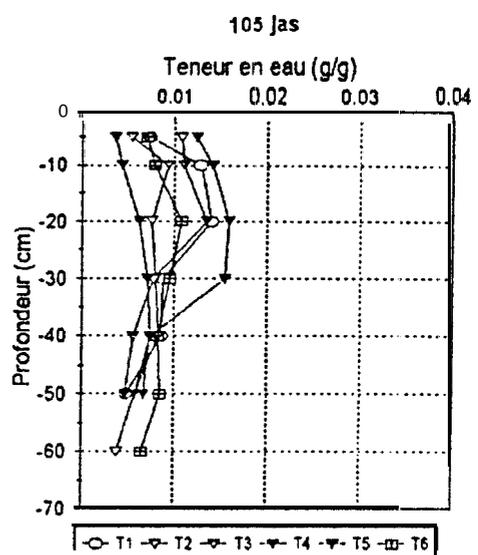
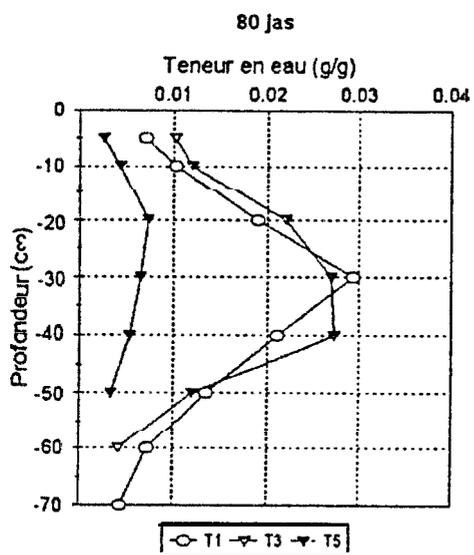
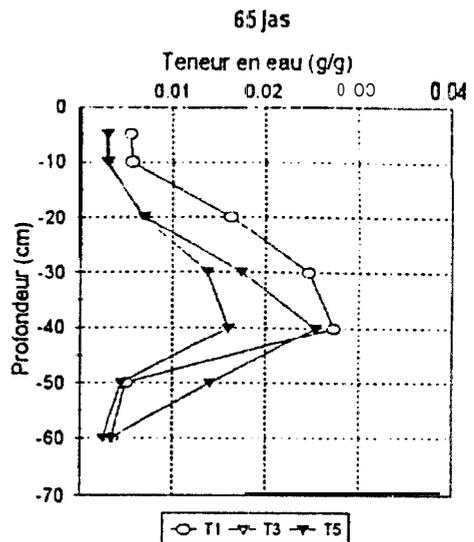
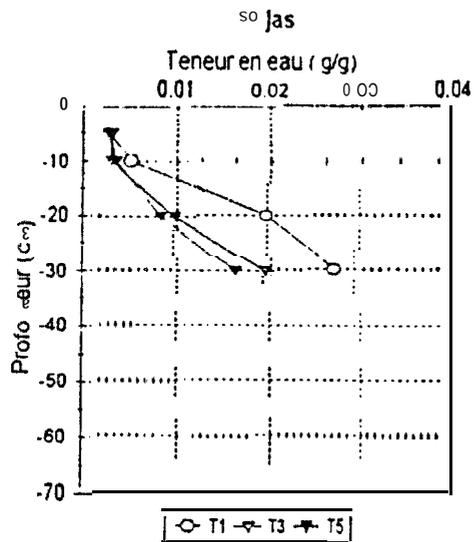


Figure 4.2: Teneur en eau pondérale du sol dans le tube à différentes dates de récoltes

Date (jours) Traitement	50 jas	65 jas	80 jas	105 jas
T1	1,67 ± 0,03	1,62 ± 0,02	1,73 ± 0,06	1,72 ± 0
T2	-	-	-	1,72 ± 0,01
T3	1,62 ± 0,03	1,59 ± 0,03	1,72 ± 0,01	1,73 ± 0,05
T4	-	-	-	1,75 ± 0,02
T5	1,61 ± 0,09	1,61 ± 0,03	1,73 ± 0,02	1,69 ± 0,02
T6	-	-	-	1,75 ± 0,05

Tableau 4.4 : Evolution de la **densité** apparente en fonction du traitement. **Moyenne ± écart-type**.

L'augmentation de la densité apparente atteint son maximum à 80 jas ; ceci quel que soit le traitement. La dégradation de l'état de surface résulte d'un mécanisme d'induration plutôt que d'un mécanisme de retrait compte tenu du faible taux en argile et de la prédominance de la kaolinite (Charreau et Nicou, 1971). Cette prise en masse des éléments de surface liée aux cycles d'humectation-dessiccation est à l'origine de la formation d'une croûte de dessiccation de cohésion assez faible (Perez, 1994).

b). La teneur en eau pondérale aux dates de prélèvement

Partant d'un sol sec dans les tubes (0,001 à 0,002 g/g de teneur en eau), les profils hydriques déterminés à chacune des 4 dates de récoltes retenues permettent d'avoir une estimation globale de la quantité d'eau consommée par la culture.

Par rapport aux différentes modalités d'alimentation en eau étudiées, ces profils (figure 4.2) présentent des valeurs de teneur en eau relativement faibles (inférieures ou égales à 0.03 g/g).

Ceci traduit en fait deux aspects :

- ◀ La faible capacité de rétention du sol utilisé.
- ◀ L'apport d'eau d'irrigation tous les 3 jours en l'absence de stress hydrique est défini en rapport avec le besoin théorique de l'arachide en fonction de son stade de développement et de croissance. Compte tenu de la forte demande évaporative obtenue sous la serre (Cf. 4.2.2.5.1), cet apport n'autorise pas de fortes teneurs en eau dans le tube. De plus, en accord avec le planning d'irrigation mis en oeuvre, les récoltes ont été effectuées au moins 3 jours après le dernier apport d'eau, sauf pour T4 à 105 jas, pour lequel une irrigation est intervenue la veille.

En outre, on observe un dessèchement très rapide de l'horizon de surface (0-10 cm) ; la valeur de l'humidité tombant généralement à moins de 0.01 g/g seulement 3 jours après l'apport d'irrigation..

Le comportement des traitements **stressés** par rapport à l'alimentation optimale en eau (T1) est variable selon les dates de récolte.

- 1) Première date de récolte à 50 jas : l'humidité pondérale moyenne déterminée pour T3 et T5 après 5 jours de sécheresse est 2 fois plus faible que pour T1 .
- 2) Deuxième date de récolte à 65 jas : le stress hydrique étant levé pour T3, seul T5 continue à subir la sécheresse. Ceci explique pour ce dernier traitement la plus faible teneur en eau moyenne dans le profil.

Le comportement de T3 est identique à celui de T5 de la surface du sol jusqu'à 30 cm de profondeur. Mais à partir de cette cote, il détient au moins autant d'eau que T1.

3) Troisième date de récolte à 80 **jas** : la suspension d'apport d'eau d'irrigation, continuant pour le traitement **T5**, on observe deux groupes distincts de comportement du profil hydrique. D'un côté **T1** et **T3** où la teneur moyenne en eau relativement importante dans le profil atteint une valeur de 0.025 **g/g** entre 20 et 40 cm de profondeur. De l'autre **T5** où le stock hydrique est pratiquement vide.

4) Quatrième date de récolte à 105 **jas** : réalisés à la *fin* du cycle de la culture, les prélèvements pour l'**humidité** du sol concernent l'ensemble des 6 traitements. La dernière irrigation à 102 jours après semis n'ayant pas été effectuée sur l'ensemble de l'essai, les valeurs de teneurs en eau pondérales sont généralement comprises entre 0,004 et 0,014 **g/g**.

c) *Le front d'humectation*

Au cours du temps, les fronts d'humectation observés à chacune des 4 dates de récolte sont **comparables** pour **T1** et **T3**, avec une valeur moyenne de 50 cm environ (Tableau 4.5). Par contre pour **T5**, la diminution de la profondeur du front d'humectation observée traduit la sévérité du stress hydrique subi durant cette période de fructification active de l'arachide.

Date de récolte Traitements	50 jas	65 jas	80 jas	105 jas
T1	47 ± 5	47 ± 8	50 ± 3	55 ± 7
T2	-	-	-	65 ± 21
T3	52 ± 3	46 ± 7	42 ± 1	55 ± 7
T4	-	-	-	63 ± 6
T5	62 ± 3	35 ± 6	30 ± 2	50 ± 10
T6	-	-	-	75 ± 7

Tableau 4.5 : *Variation du front d'humectation (cm) en fonction de l'alimentation en eau aux différentes dates de récolte. Moyenne ± écart-type.*

A la fin du cycle de la culture, les profondeurs du front d'humectation pour l'ensemble des 6 traitements sont comprises entre 50 et 60 cm, à l'exception de **T6** correspondant au traitement le plus alimenté en eau pour lequel, le front d'humectation a atteint un maximum de 90 cm sur un des tubes.

d) *Conséquences sur l'utilisation de l'eau*

L'estimation du stock résiduel pour chaque date de récolte permet de calculer la quantité d'eau mobilisée par évapotranspiration.

En utilisant une valeur de densité apparente de 1,6 **g/cm³** pour les horizons en dessous des 10 premiers cm du sol, on constate que les stocks hydriques obtenus sont dans tous les cas inférieurs ou égaux à 15 mm (tableau 4.6).

En conséquence, l'eau consommée au cours de différentes périodes considérées, représentant la **différence** entre l'eau apportée et le stock résiduel est dans tous les cas proche de la quantité d'eau d'irrigation. (Cf Tableau 4.3)

Dates de récolte Traitements	50 Jas	65 Jas	80 Jas	105 Jas
T1	8,3 *	12,7	14,7	7,6
T2				6,7
T3	5,1 *	10,7	14,0	7,0
T4				7,6
T5	4,4 *	7,1	3,6	5,0
T6				8,4

* : Stock à 50 **Jas** déterminé à 30 cm.

Tableau 4.6 : *Stock résiduel aux dates de récolte (mm)*

4.2.3.2. ALIMENTATION HYDRIQUE ET COMPORTEMENT DE LA CULTURE

a) Effet du stress hydrique sur le contenu relatif en eau (CRE)

Déterminées aux 20, 45 et 84^{ème} Jas, les valeurs moyennes de CRE en relation avec les différentes modalités d'alimentation sont présentes en **figure. 4.3**.

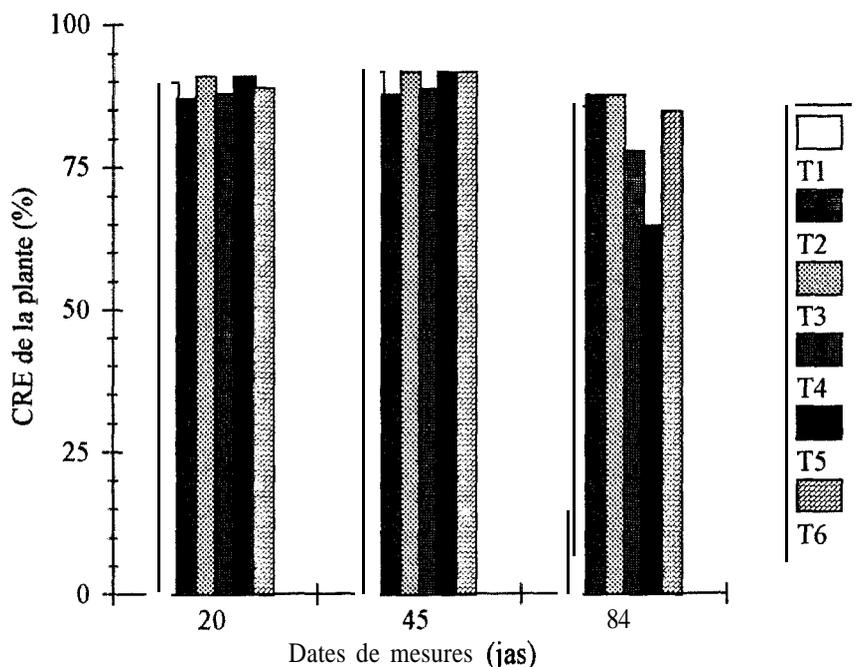


Figure 4.3 Contenu relatif en eau en fonction de l'alimentation en eau

La sécheresse précoce de 20 jours imposée pour T2 n'a pas affecté le CRE de l'arachide ; ceci comparativement aux autres traitements. Les valeurs du CRE supérieures ou égales à 87 % pour les deux premières dates de prélèvements sont indicatives d'un comportement hydrique plutôt satisfaisant.

Dans la période de fructification, c'est à dire à partir du 45^{ème} jas, la seule mesure disponible au 84^{ème} jas ne permet pas de faire ressortir l'ampleur du stress hydrique en début de gynophorisation. En particulier, 10 jours après la suspension de l'apport d'eau d'irrigation pour T3, T4 et T5, l'ampleur du stress hydrique (par constatation visuelle) conduit à une légère modification du planning d'apport d'eau. Ainsi un apport généralisé de 25 mm d'eau a été effectué le 56^{ème} jas.

Les valeurs de CRE à 84 jas permettent de distinguer deux groupes de traitements :

- pour le premier, les valeurs de CRE supérieures ou égales à 85 % décrivent les plantes n'ayant pas connu de déficit hydrique (T1 et T6), ou pour lesquelles le stress hydrique a été levé depuis deux semaines au moins (T2 et T3).
- pour le second, les valeurs de CRE sont inférieures à 80 % correspondant aux deux traitements où le stress hydrique est soit récemment levé (moins de 10 j) (T4), soit toujours maintenu (T5). Dans ce cas précis le CRE de l'arachide est d'autant plus faible que la durée du stress est plus longue.

b) Evolution de la production des feuilles et de l'émission des fleurs.

Au cours des 80 premiers jours après semis, le développement et la croissance végétative de l'arachide sont décrits à travers le suivi du nombre total de feuilles et de fleurs.

b1) Le nombre de feuilles. (Fig. 4 4a)

La production de feuilles au cours du temps est largement dépendante de l'alimentation en eau. Ainsi, les traitements les plus arrosés produisent plus de feuilles.

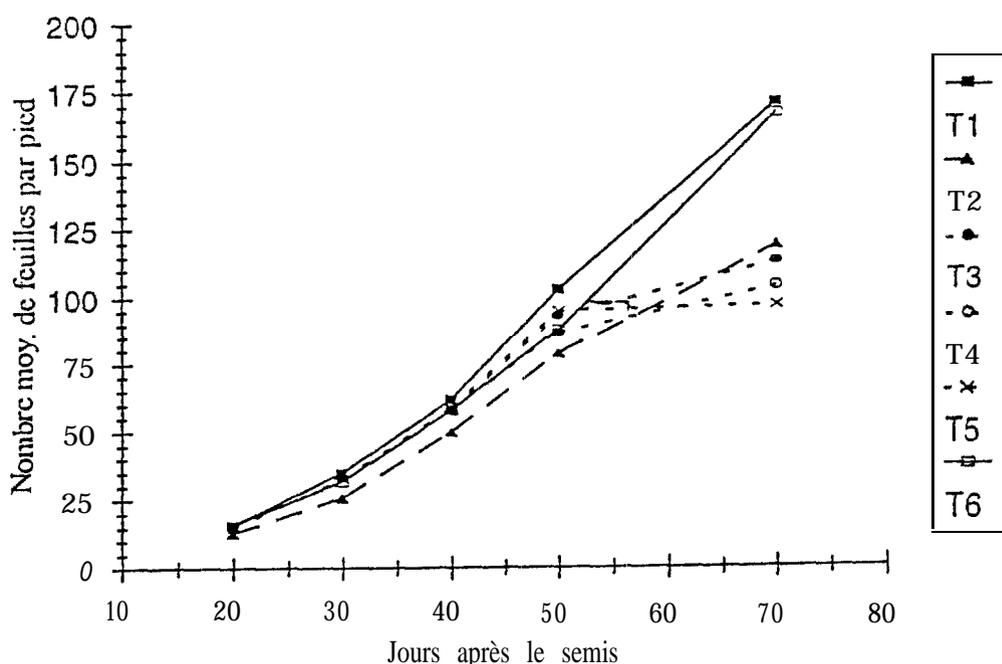


Figure 4.4a : Evolution du nombre moyen de feuilles par pied en fonction de l'alimentation en eau

En début de cycle, la sécheresse de 20 jours après semis (T2) se traduit par une production de feuille plus faible par rapport à T1 et T6 pendant toute la période considérée. De l'ordre de 20 % à 20 jas, cet écart va en s'amplifiant par la suite pour atteindre 43 % lors de la dernière mesure à 70 jas.

L'application du stress à partir du 45^{ème} jas entraîne un ralentissement voire un arrêt de la production de feuilles. En conséquence, vers le 60ème jas, la production de feuilles pour T2 (stress début de cycle) rejoint et dépasse pour la première fois celle relative aux stress appliqués au début de la fructification. Pour T3, on observe l'amorce de la reprise de la production des feuilles vers 70 jas, qui traduit la levée du stress hydrique intervenue au 60ème jas. Par contre pour T4 et T5, l'augmentation du nombre de feuilles produites à partir de 50 jas est très faible.

b2) L'émission des fleurs (Fig.4 4b)

Indépendamment de la modalité d'alimentation en eau, le début de la floraison a eu lieu à 28 jas. Mais à partir de cette date, l'évolution de l'émission des fleurs est étroitement liée à la quantité d'eau reçue par la culture.

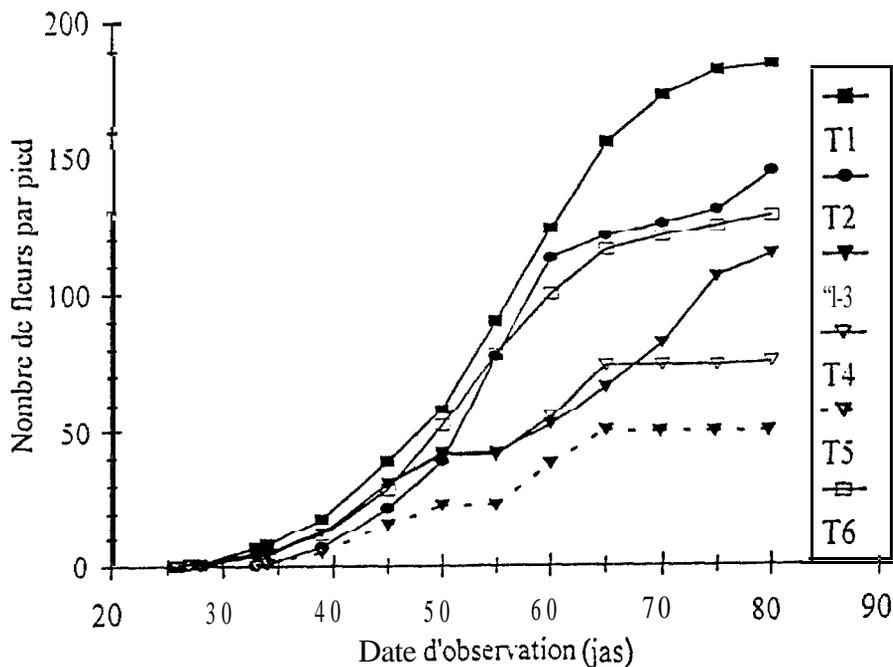


Figure 4.4b : Evolution du nombre moyen de fleurs émises en fonction de l'alimentation en eau

Comme pour la production de feuilles, le nombre total de fleurs émises est d'autant plus important que le stress hydrique est moins sévère, la production maximale de fleurs étant observée pour le traitement optimal.

La sécheresse de 20 jours en début de cycle (T2) se traduit aussi par une émission de fleurs plus lente jusqu'au 50^{ème} jas. Mais à partir de cette date, la vitesse de floraison est fortement accrue.

L'émission des fleurs est plus affectée pour la sécheresse intervenant au début de la fructification. Par rapport à l'optimum, la cassure pour T3, T4 et T5 est observée dès le 55^{ème} jas, soit 10 jours après l'application du stress.

Par la suite, la levée de ce stress sur T3 entraîne une reprise de l'émission des fleurs qui se traduit par une floraison à 80 jas comparable à celle pour T6. Par contre, pour T4 et T5, il semble se manifester un arrêt total de la floraison.

La floraison utile étant celle intervenue avant le 70^{ème} jas (Bouffil, 1951), il est donc possible de distinguer 2 groupes de traitements.

* T1, T2 et T6 pour lesquels la floraison s'est normalement poursuivie.

Le deuxième groupe concerne T3, T4 et T5 pour lesquels la sécheresse à la fructification a sévèrement affecté le rythme de l'émission des fleurs.

c) L'émission des gynophores.

A l'exception de T2, où elle a lieu à 44 jas, l'initiation des gynophores a été observée à 39 jas pour tous les traitements. Le nombre de gynophores total émis à 50, 65, 80 et 104 jas présente généralement une forte variabilité en fonction des traitements (Tableau 4.7) ; le coefficient de variation pouvant atteindre 70-80 %.

Jas	50	65	80	104
Traitements				
T1	19 ± 3	63 ± 19	96 ± 32	93 ± 29
T2	-	-	-	80 ± 25
T3	19 ± 6	45 ± 14	57 ± 27	64 ± 11
T4	-	-	-	38 ± 12-
T5	18 ± 6	34 ± 27	32 ± 23	19 ± 8
T6				78 ± 3

Tableau 4.7 : Nombre de gynophores et alimentation en eau. **Moyenne ± écart-type.**

Toutefois, la tendance générale observée relativement aux différents traitements est **conforme** à l'évolution des feuilles ou des fleurs **évoquée** précédemment. En particulier il se confirme que l'excès théorique d'apport d'eau a tendance à diminuer le nombre de gynophores émis par rapport à l'alimentation optimale (T1).

L'augmentation du nombre de gynophores au cours du temps est d'autant plus importante que l'apport d'eau d'irrigation est **élevé** et régulier pendant la **période** de plus grande sensibilité au stress **hydrique**, c'est à dire la fructification active.

Par rapport à l'apport optimal, la sécheresse en début de fructification de durée supérieure à 20 jours réduit considérablement le nombre de gynophores émis. Cette **réduction** est de 46 % à 65 jas pour T5. A 105 jas, cette diminution par rapport à T1 est de 30, 59 et 89 % pour T3, T4 et T5, respectivement.

La définition d'un rythme journalier moyen d'émission des gynophores ou vitesse de gynophorisation en fonction de l'apport d'eau pour chacune des 4 périodes **délimitées** entre 45 et 105 jas donne les allures **présentées** en figure 4.5.

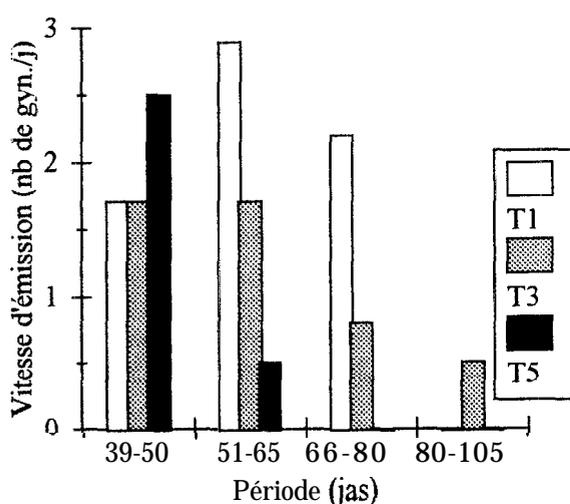


Figure 4.5 : Rythme journalier d'émission des gynophores

Quand l'offre d'eau est optimale (**T1**), le rythme journalier d'émission de gynophores est une **ccurbe** en cloche (parabole) dont le maximum de trois gynophores par jour environ se situe entre 50 et 65 jas. Par contre, en présence d'un stress hydrique en début de floraison, deux situations se présentent selon l'ampleur du phénomène :

- Pour T3 (15 jours de stress), le rythme d'émission est constant (**1,7 gynophores/jour**) au cours des deux premières périodes, ensuite il **décroit** assez rapidement sans s'annuler à **104** jas.
- Pour **T5**, (stress le plus **sévère**), le rythme qui décroît très rapidement de **1,8** gynophores / jours à la première période s'annule dès la troisième période.

d). La production de **matière sèche**

Les biomasses **aérienne** et racine correspondant au poids par pied ont été obtenues à 50, 65, 80 et 105 jas pour **T1**, T3, et **T5** mais seulement à 105 jas pour les trois autres traitements (Tableau 4.8).

Ces résultats présentent une forte variabilité. Malgré tout, ils mettent en évidence une forte sensibilité de la production de matière sèche par rapport au stress hydrique.

d1) **Matière sèche aérienne :**

L'apport optimal d'eau d'irrigation suivant entraîne une augmentation de la masse foliaire qui **semble** atteindre son maximum de développement vers le 80ème jas. Par contre, l'effet du stress hydrique appliqué au début de fructification se fait sentir dès le 65ème jas avec une diminution moyenne de 16 % par rapport à **T1**. Pour le stress le plus sévère (**T5**), une diminution drastique de la matière sèche est observée à partir de la deuxième date de récolte à 65 jas, traduisant non seulement l'arrêt du fonctionnement photosynthétique mais aussi la sénescence des feuilles.

A 105 jas, l'effet de l'apport d'eau en excès (**T6**) est **équivalent** à celui d'alimentation optimale. Le stress hydrique, quelle que soit sa position au cours du cycle de la culture se traduit par une baisse sensible de la biomasse aérienne. En revanche, le stress de début de cycle, causant 30 % de **réduction** de la masse sèche apparaît comme étant le moins dépressif.

d2) **Matière sèche racinaire :**

Son évolution est comparable avec celle de la matière sèche aérienne pour l'ensemble des traitements considérés pendant la période 50 à 105 jas. Toutefois le comportement racinaire en cas de stress modéré (**T2** ou T3) **mérite** d'être souligné.

Ensuite, en présence d'un stress hydrique de 15 jours intervenant en début de fructification (**T3**), on observe un **développement** racinaire comparable à celui pour T1. Dans ce cas, le développement racinaire est favorisé au détriment de la végétation aérienne.

Trait	50 jas		65 jas		80 jas		105 jas	
	MSA	MSR	MSA	MSR	MSA	MSR	MSA	MSR
T1	14,5 ± 1,9	4,7 ± 2,6	24,0 ± 5,8	9,0 ± 4,8	29,1 ± 3,4	8,3 ± 2,5	27,2 ± 12,9	7,7 ± 5,5
T2	-						18,3 ± 5,3	3,5 ± 0,3
T3	14,1 ± 1,1	5,1 ± 1,5	21,1 ± 5,5	7,6 ± 5,1	20,3 ± 3,5	4,8 ± 1,6	16,3 ± 6,2	6,1 ± 3,1
T4	--						11,0 ± 4,4	3,7 ± 0,5
T5	15,2 ± 6,3	6,7 ± 2,8	18,6 ± 2,6	7,6 ± 4,0	14,6 ± 1,9	3,5 ± 2,1	5,2 ± 0,3	2,8 ± 0,3
T6	-						29,0 ± 7,0	6,6 ± 2,5

Tableau 4.8 : Poids de **matières sèches**. (MSA = **Matière sèche aérienne** ; MSR = **Matière sèche racinaire**). Moyenne ± écart-type.

d3) La production de gousses :

La production moyenne de gousses par pied, décomposée en gousses matures et immatures est **très** sensible au déficit hydrique intervenant pendant la fructification. Ainsi par rapport au traitement optimal (T1), le stress de 15 jours à partir du début de la fructification occasionne à 80 jas **une** production de gousses deux fois plus faible, mais aussi un retard dans la maturation des gousses formées (tableau 4.9).

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
NGT	61 ± 8	43 ± 6	40 ± 17	18 ± 6	3 ± 1	52 ± 9
NGM	20 ± 1	12 ± 4	10 ± 6	0	0	26 ± 12
PG	21 ± 0,8	13,3 ± 2,6	10 ± 3,1	3,0 ± 1,1	0,1 ± 0,1	31,6 ± 5

Tableau 4.9 : Rendement moyen de gousses par pied à 105 jas et alimentation en eau. NGT = Nombre de gousses total, NGM = Nombre de gousses matures, PG = Poids des gousses. Moyenne ± écart-type.

En ce qui concerne le traitement le plus **stressé (T5)**, la production de gousses s'est **arrêtée** dès le **65^{EME}** jas..

A 105 jas, soit à 5 jours de la maturité physiologique, l'incidence de l'alimentation en eau sur la production de gousse est **tel**le que pour les sécheresses de durée supérieure ou égale à 30 jours **interven**ant pendant la fructification, les gousses n'arrivent pas à maturation.

En outre, la production de gousses (NGM et PG) est identique pour **T2** et T3, et correspond en ce qui concerne les gousses matures à la moitié de celle pour **T1**.

Enfin, malgré un nombre total de gousses plus grand, T6 permet d'obtenir un meilleur remplissage des gousses (PG) par rapport à **T1**.

4.2.3.3. TRANSFORMATION DES FLEURS EN GYNOPHORES, ET DES GYNOPHORES EN GOUSSES EN RAPPORT AVEC L'ALIMENTATION HYDRIQUE.

En fonction des conditions d'alimentation en eau, le suivi de l'émission journalière des fleurs et la détermination du nombre de gynophores émis et des gousses formées à différentes dates permet de définir un indicateur de la fructification. Il s'agit d'une part du rapport de transformation des fleurs en gynophores dont l'inverse en pourcentage est le taux de fécondation des fleurs, et d'autre part le rapport de transformation de ces gynophores en gousses, ce dernier représente en fait le cas où le **pénétration** des gynophores a eu lieu

a) Transformation des fleurs en gynophores

A une date donnée, il est défini comme étant le rapport entre le nombre total des fleurs et celui des gynophores émis. Il exprime ainsi le nombre de fleurs nécessaire pour l'émission d'un gynophore.

$$TFG = NTF/NTG$$

Pour les trois traitements, l'évolution de cette variable au cours du temps est présenté en figure 4.6.

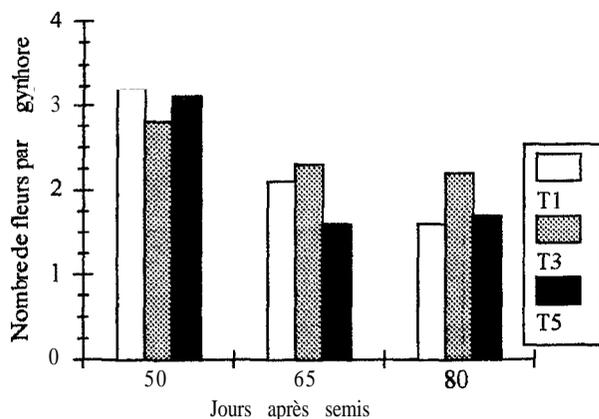


Figure 4.6 : Nombre de fleurs produites par gynophore émis au cours du temps en fonction de l'alimentation en eau

En début de période de fructification, la production d'un gynophore correspond en moyenne à l'émission de trois fleurs. La sécheresse d'une durée de 5 jours, à 50 jas, pour T3 et T5 n'a pas d'effet sur le taux de transformation de fleurs en gousses.

Par la suite, en pleine période de fructification active, les différences de comportement observées en fonction de l'ampleur du stress hydrique peuvent s'interpréter comme suit :

- T1 : Les conditions d'alimentation plus favorables entraînent une diminution du taux de transformation de fleurs en gynophores entre 50 et 80 jas. Ceci est indicatif d'une production de fleurs soutenue qui s'accompagne d'un taux de fécondation de plus en plus élevé, passant de 32 à 62 % dans la période considérée.
- T3 : Le stress de 15 jours à partir de 45 jas n'a pas empêché une augmentation du nombre de fleurs et de gousses au cours du temps. Mais cette production de fleurs et de gynophores est réduite par rapport à T1, alors que le taux de fécondation des fleurs n'augmentent que très faiblement. entre 50 et 80 jas, il passe de 36 à 44 %.
- T5 : Quand le stress hydrique est prolongé, un arrêt de la floraison est pratiquement constaté à 50 jas alors que la gynophorisation se poursuit jusqu'au 65^{ème} jas. Ce résultat en apparence contradictoire, traduit le déphasage entre la date de fécondation et celle de la formation effective d'un gynophore visible. En conséquence, on observe une diminution du rapport de transformation des fleurs en gynophores, comme pour T1 mais avec des évolutions totalement différentes.

b) Transformation de gynophores en gousse

L'analyse concerne uniquement T1 et T3, les résultats relatifs à T5 étant très hétérogènes pour la production de gousses (figure 4.7).

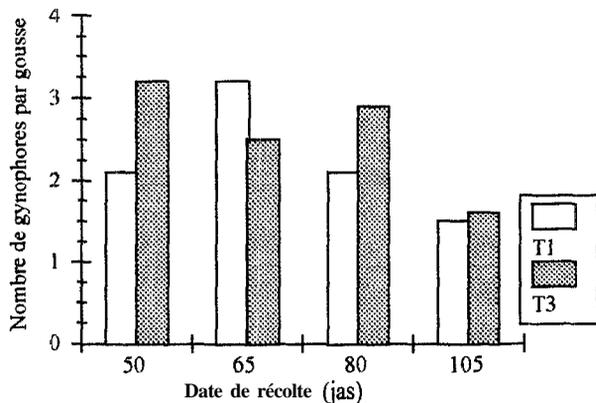


Figure 4 7 : Nombre de gynophores produits par gousse formée

L'évolution au cours du temps du rapport entre le nombre de gynophores et celui de gousses est légèrement **différente** de celle relative au rapport de transformation des fleurs en gynophores.

Ainsi, pour **T1**, le nombre de gynophores nécessaires à la production d'une gousse passe de 2 (50 jas) à 3 (65 jas) avant de décroître pour atteindre **1,5** en fin de cycle.

En ce qui concerne T3, par contre, on retrouve une très faible diminution voire un maintien de ce rapport entre 50 et 60 jas, mais à 105 jas il descend à une valeur comparable à celle de T1. En d'autres termes, 60 % des gynophores émis produisent des gousses en fin de cycle, aussi bien en **conditions** d'alimentation en eau optimale qu'en cas de sécheresse modérée de 15 jours en début de fructification.

4.2.4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Suivant les modalités d'application de la sécheresse au cours du développement de la variété 73-33, l'émission des gynophores est différemment affectée. Les résultats obtenus indiquent que l'émission des gynophores émis, malgré la variabilité constatée, est plus sensible à la sécheresse qui intervient dans la phase de la fructification. Compte tenu de la relation étroite entre la production de **fleurs** et celle des gynophores, l'émission de ces gynophores pouvant donner des gousses matures en fin de cycle est pratiquement arrêtée si la sécheresse dure plus de **15** jours.

Dans le cas de la sécheresse **précoce**, l'absence d'observation au cours du cycle des gynophores ne permet de se prononcer sur l'évolution du rythme d'émission. Toutefois, l'évolution de la floraison (figure 4.4b), de même le nombre de gynophores observe en fin de cycle (Tableau 4.7) incitent à émettre l'hypothèse d'un effet faiblement dépressif de la sécheresse précoce sur le rythme d'émission des gynophores. Des résultats en accord avec cette hypothèse ont été obtenus par Turk et al (1980).

De nombreux travaux ont identifié la phase de formation et de remplissage des gousses de l'arachide comme étant la période la plus sensible à la sécheresse (Billaz et Ochs, 1962, Stansell et Pallas, 1979, Rao et al, 1985, Gautreau, 1982). En ce qui concerne le rythme d'émission des gynophores, notre étude permet de faire les précisions complémentaires suivantes :

En fonction des conditions d'alimentation en eau, le rythme journalier d'émission de gynophores est variable (Figure 4.5) :

- Quand l'alimentation en eau est optimale (**T1**), le rythme d'émission des gynophores présente un pic au cours de la période 50-65 jas où en moyenne trois gynophores par jours sont émis. L'émission terminée vers 80 jas permet d'émettre l'hypothèse d'une maturation homogène en fin de cycle.
- Si le sécheresse de début de fructification est de durée modérée (**T3**), l'émission journalière des gynophores est réduite de moitié environ par rapport à **T1** pendant la période 50-65 jas. La levée du stress entraîne un rallongement de la période de production de gynophores au delà de 80 jas. En conséquence, les risques d'observer une maturation non homogène des gousses sont augmentés.
- Dans le cas d'une sécheresse de début de fructification de durée plus longue, l'émission des gynophores étant arrêtée vers 65 jas, la production de gousses matures en fin de cycle devient impossible (Tableau 4.9).

La conséquence principale d'une sécheresse intervenant au début de la fructification serait de réduire le nombre de gousses par pied comme l'ont suggéré Pandey et al (1984), et Annerose (1990). L'éventualité d'une production limitée de gousses par pieds du fait d'un état de surface du sol défavorable est analysée dans le chapitre suivant. Pour ce faire, les traitements **T1** et **T3** présentant une évolution contrastée et une situation agronomique réaliste et probable ont été choisis.

4.3. ANALYSE DE LA PENETRATION DES GYNOPHORES EN FONCTION DE L'ETAT HYDRIQUE ET PHYSIQUE DE LA SURFACE DU SOL

L'objectif visé dans ce sous chapitre est d'analyser l'effet de l'état hydrique et physique de l'horizon superficiel du sol sur la pénétration des gynophores de l'arachide ;

4.3.1. MATERIEL ET METHODE

4.3.1.1. MATERIEL

L'expérimentation a été conduite durant la saison des pluies, de Juin à Septembre 1994 sous abri (ou serre) au **CNRA** de Bambey, et au même endroit que pour l'essai portant spécifiquement sur l'analyse de l'émission des gynophores (Cf. chapitre précédent). Les conditions climatiques de l'expérimentation comparées à celles de la station météorologique sont présentées en figure 4.8 . Il apparaît que la température sous serre est d'environ 1 à 2 ° C plus élevée que celle du milieu ambiant. En ce qui concerne l'humidité relative, la situation est inversée ; avec une différence de 5 à 10 %. En conséquence, la demande évaporatrice est plus importante sous la serre. Toutefois, les conditions qui y prévalent sont tout à fait dans le domaine défini pour un développement et une croissance optimale de l'arachide

Les mêmes tubes PVC (diamètre 30 cm, hauteur 120 cm) ont été aussi utilisés.

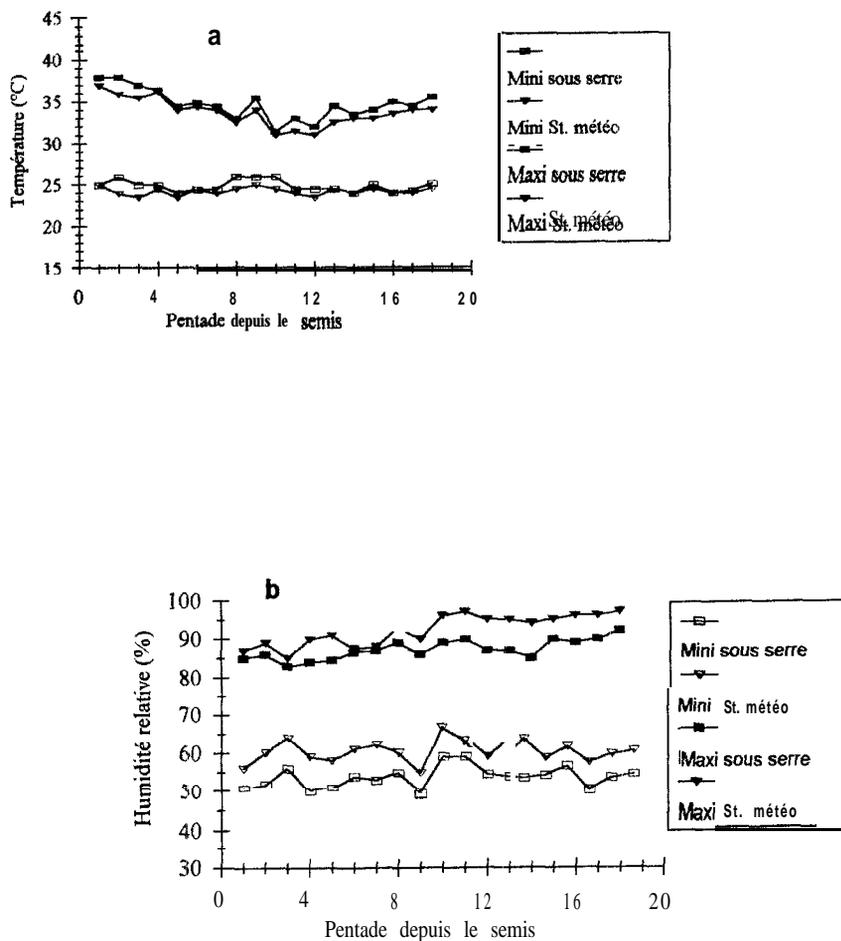


Figure 4.8 Comparaison des conditions climatiques entre la serre et le milieu ambiant.
a) : Température et b) Humidité relative

4.3 1.1.1. Le sol

Il provient du **même** site de la station agronomique de Nioro du Rip où a été mis en place l'essai portant sur l'implantation de l'arachide. La couche de surface (0-10cm) a été prélevée pour le remplissage des tubes PVC. Il appartient aux sols ferrugineux tropicaux lessivés (Pieri, 1969). Les caractéristiques physico-chimiques et granulométriques, ainsi que la courbe caractéristique humidité et potentiel hydrique sont celles fournies pour l'essai "Implantation de l'arachide" (Cf. chapitre III)

4.3 1.1.2. La variété

Pour des raisons de cohérence évidentes, l'utilisation de la variété 73-33 de 110 jours, comme pour les deux essais précédents s'impose. Mais son port **semi-érigé** entraîne une fructification groupée qui constitue une contrainte majeure pour le travail entrepris. Pour une observation aisée de la pénétration des **gynophores**, il est nécessaire que la surface prise en compte soit relativement importante. Pour cette raison précise, notre choix s'est porté sur la **variété** de port rampant (var. 28-206 à 120 j).

Celle-ci présente un même potentiel de rendement en gousse, mais aussi l'inconvénient d'être moins résistante à la sécheresse.

4.3 1.2. LES TRAITEMENTS

L'essai est constitué de deux séries, qui correspondent chacune à une **modalité** d'alimentation en eau de la zone racinaire.

Leur choix découle des résultats de l'essai portant sur l'analyse de l'émission des gynophores. La première (T1) consiste en une alimentation en eau optimale durant toute la **durée** du cycle ; alors que la deuxième (T3) met en oeuvre une sécheresse d'une **durée** de 20 jours à partir du début de la gynophorisation (Tableau 4.1).

Les quantités d'eau apportées tous les cinq jours pour chaque modalité d'alimentation en eau **sont** basées sur les besoins en eau de la variété utilisée tels que définis par **Dancette** (1978).

Les apports sont indiqués jusqu'à 75 jas (**15^{ème}** pentade) correspondant à la fin de l'expérimentation (Tableau 4.10). Ils font suite à un apport de 30 mm juste avant le semis.

Traitement Pentade	T1 (opt)	T3 (stress)
1	13,5	13,5
2	13,5	13,5
3		
4	17,8	17,8
5	20,3	20,3
6	20,3	20,3
7	25,6	25,6
8	25,6	25,6
9	27,8	27,8
10	27,8	0
30,5 11	30,5	0
30,5 12	30,5	0
30,5 13	20,3	0
14	26,5	26,5
15	25,6	25,6

Tableau 4.10 : Apport d'eau d'irrigation en mm en fonction de la **modalité** d'alimentation de la plante.

Pour l'analyse de la **pénétration** des gynophores, les cinq traitements " état de surface " mis en comparaison sont définis pour chaque modalité d'alimentation en eau de la zone racinaire (Tableau 4.11).

Pour chaque série ainsi définie par des conditions d'alimentation de la zone racinaire données, on s'intéresse à l'horizon de surface ou zone de gynophorisation. Ainsi, pour l'analyse de la pénétration des gynophores, on compare 5 traitements " Etats physiques de surface ". Ils sont obtenus en créant un gradient décroissant d'humidité suite à des durées variées de dessèchement après humectation (Tableau 4.11) Chaque traitement est répété 6 fois, en randomisation totale.

Traitement	Caractéristiques du sol dans la zone de la pénétration du gynophore
ES1	Humide constamment
ES2	Durée de dessèchement depuis humectation : 1 à 2 j
ES3	Durée de dessèchement depuis humectation : 4 à 5 j
ES4	Durée de dessèchement depuis humectation : 8 à 9 j
ES5	Durée de dessèchement depuis humectation : 14 à 15 j

Tableau 4.11 : Etats de surface de la zone de fructification pendant la pénétration des gynophores (Esi = état de surface du premier traitement i)

4.3.1.3. TECHNIQUES CULTURALES.

4.3 1.3.1. Mise au point du dispositif

Le dispositif expérimental mis en place est conçu de manière à distinguer la zone racinaire recevant l'eau d'irrigation pour les besoins de la plante et la zone de pénétration des gynophores.

On évite ainsi toute interaction de l'une sur l'autre.

Pour chacune des deux séries, les dix pots PVC utilisés ont fait l'objet d'un aménagement spécifique. (Figure 4.9)

Tout d'abord, chaque pot est homogènement rempli de terre de sèche sur une hauteur de 102 cm. Une faible couche de gravier (1,5 cm) y est déposée dans un anneau 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 étant ainsi délimitée, l'étape suivante consiste à aménager la zone de pénétration des gynophores de façon à isoler de celle dans laquelle après le semis, le pivot racinaire va descendre pour atteindre la colonne de terre de 102 cm de hauteur.

Pour ce faire, on a utilisé 20 répartiteurs constitués de 3 loges indépendantes, d'une hauteur de 18 cm. Chaque répartiteur comporte un cylindre en PVC de 7,5 cm de diamètre auquel sont soudées trois plaques rectangulaires de 12,5 cm de largeur. Ces répartiteurs ont été déposés sur la couche de gravier et remplis de terre, de manière à obtenir une masse volumique proche de 1,5 g/cm³ dans chaque loge et dans le cylindre intérieur. On dispose ainsi de 30 loges dans 10 pots.

4.3 1.3.2. Semis

Le semis a eu lieu le 26 juin 1994, après un apport d'eau initial de 30 mm dans la zone racinaire du tube rempli de terre sèche. L'engrais minéral apporté (équivalent de 150 Kg/ha de l'engrais tertiaire 8-18-27) est dissout dans cette eau d'irrigation précédant le semis.

Deux graines de semences traitées au fongicide sont placées à une profondeur de 4 cm dans le cylindre central de 7,5 cm de diamètre. Le démarrage à un plant par tube est intervenu 10 jours plus tard, après la levée complète.

4.3 1.3.3. Modalités pratiques d'irrigation

a) Zone racinaire

Selon le planning indiqué au tableau 4.1, la quantité d'eau à apporter est introduite dans le cylindre central à l'aide de deux petits siphons collés contre la paroi et surmontés chacun d'un petit entonnoir en verre. Ce mode d'apport est relativement long à réaliser, mais permet de minimiser les perturbations de surface.

b) Zone de gynophorisation

L'humectation des loges n'est intervenue qu'au moment de l'émission des gynophores. Cependant, pour maintenir en l'état la terre dans les loges, deux apports d'eau équivalents chacun à 10 mm ont été effectués à 5 et 20 jas. La quantité de 400 ml par loge (soit 20 mm) retenue pour l'apport découle des deux tests préliminaires effectués respectivement pendant la saison des pluies 1993 et au cours de la contre saison de Février à Avril 1994. Ce volume d'eau constitue un compromis acceptable pour l'obtention d'un éventail assez large de valeurs d'humidité pondérale de surface lors de l'observation de la pénétration des gynophores. Il permet de minimiser les risques de percolation dans la zone racinaire à travers la couche de graviers.

En vue d'augmenter les chances d'une bonne coïncidence entre le traitement "état de surface" et l'observation effective de la pénétration du gynophore, deux caractéristiques du gynophore sont combinées :

- La donnée de vitesse de croissance journalière de 0,5 à 0,6 cm/j (Shen Yu-Jun et An Ke, 1988)
- La distance moyenne au sol du point d'attache sur le rameau du gynophore suivi.

4.3 1.4. OBSERVATIONS ET MESURES

4.3 1.4.1. La plante

Compte tenu des résultats obtenus dans la première partie concernant le rythme d'émission **des gynophores**, nous avons simplifié le suivi de développement végétatif. Les seuls paramètres suivis sont :

- les stades de début de la floraison et de l'émission des gynophores. Les données dans les conditions de l'essai permettent de mieux programmer l'humectation des loges en fonction des traitements.
- la détermination du CRE de la plante : elle est effectuée en deux fois durant la phase de fructification pour évaluer l'impact du stress par rapport au témoin non **stressé**. La méthode d'analyse est identique **à** celle présentée au chapitre 3.2
- la matière sèche aérienne et racinaire moyenne produite par pied **à** la fin de l'expérimentation (**75** jas).

la pénétration des gynophores : il s'agit d'une notation oui ou non de la pénétration du gynophore suivi. On considère que le gynophore **pénètre** dans le sol quand son extrémité de couleur blanchâtre s'enfonce de **0,5** cm. Entre le moment où il est en contact avec la surface du sol et celui où il atteint cette profondeur, un délai de 24 heures est retenu pour affecter la note de pénétration.

4.3 1.4.2. Le sol

Les mesures concernent l'état de surface pour l'analyse de la pénétration des gynophores. Deux cas sont **à** distinguer :

a) En **serre**

Effectuées au moment de l'observation de la pénétration des gynophores, les **mesures** concernent l'humidité pondérale et la densité apparente de surface (horizon 0-5 cm). Cette dernière **est** réalisée en guise de **contrôle** compte tenu de sa valeur de départ de **1,5**. La faible augmentation des valeurs moyennes par rapport **à** la valeur de densité apparente initiale indique un tassement peu **important** résultant de l'apport d'eau d'irrigation (Tableau 4.12)

Etats de surface	Densité apparente
ES1	1,53 +/- 0,02
ES2	1,54 +/- 0,03
ES3	1,53 +/- 0,01
ES4	1,53 +/- 0,02
ES5	1,54 +/- 0,01

Tableau 4.12 : Valeurs moyennes (6 **répétitions**) de la densité apparente de surface dans les loges **au** moment de la **pénétration**.

Concernant l'humidité pondérale du sol, plusieurs gynophores peuvent être suivis au niveau d'une loge. L'observation de leur pénétration n'est pas en général simultanée, et ne coïncide pas exactement avec le **traitement** " état de surface ". Le prélèvement pour l'humidité pondérale est effectué **après** la pénétration du dernier gynophore suivi. Par conséquent, les valeurs de l'humidité correspondante **à** toute pénétration précédente dans cette loge ne peuvent être obtenues que par une estimation. Pour ce faire, nous avons établi une courbe de cinétique de dessèchement de la surface après une humectation.

b) En **laboratoire**

Nous nous sommes intéressés **à** la relation entre la pénétration des gynophores et la résistance du sol à la pénétration.. Les facteurs principaux dont dépend la résistance **à** la pénétration du sol étudié sont l'humidité et la densité apparente (Koolen et Kuypers, **1983**).A défaut de pouvoir effectuer une détermination **in-situ**, une analyse en laboratoire (CIRAD, Montpellier) a été réalisée pour établir

la relation entre résistance du sol à la pénétration et ces deux variables en fonction de ces deux grandeurs. Les échantillons ont été prélevés en surface (0-10 cm).

Deux courbes d'étalonnage de la résistance du sol à la pénétration en fonction de l'**humidité pondérale** sont établies respectivement pour les densités apparentes de **1,5** et **1,6**. Ces deux valeurs de densité apparente sont choisies compte du tassement anticipé de l'horizon de surface du fait de l'humectation des loges.

b1) Préparation des échantillons

Le sol sec et tamisé est utilisé. Le matériel de **préparation** consiste en un **porte** échantillon cylindrique (diamètre **2,5** cm, hauteur **2** cm) muni de hausses et d'un piston qui permettent de comprimer l'échantillon de soi à la valeur de densité apparente visée.

Le porte échantillon est rempli avec une quantité de sol faiblement humide (environ **0.02 g/g**) afin d'assurer un minimum de cohésion. Puis à l'aide du piston, on comprime l'échantillon aux valeurs de densité apparente visées.

Les éprouvettes ainsi obtenues sont mises à saturer une nuit sur une plaque poreuse, puis soumises à différentes pressions pneumatiques. Les sept valeurs de **pF** d'équilibre variant de **1,3** à **3,8** permettent d'avoir des valeurs de teneur en eau pondérale allant de **0,20** à **0,02 g/g**. A partir de ces **pF** d'équilibre, les **échantillons** sont mis à dessécher à l'air.

b2) Mesures de la résistance à la pénétration

La mesure de la résistance du sol à la pénétration a été effectuée à l'aide d'un **pénétromètre** à aiguille dont la vitesse d'enfoncement est constante. Trois répétitions sont effectuées pour chaque traitement.

La force nécessaire pour un enfoncement de l'aiguille de **5 mm** à une vitesse de **1mm/s** a été **déterminée** à l'aide d'un **capteur** de force d'une balance électronique pour **les** mesures à forte teneur en eau, et à l'aide d'une presse hydraulique munie d'un anneau dynamométrique de portée **0,5KN** pour les mesures à faibles teneur en eau.

4.3.2. RESULTATS

4.3 2.1. CINETIQUE DE DESSECHEMENT DE LA SURFACE DU SOL

Dans les conditions de l'expérimentation, le **dessèchement** au cours du temps des loges est exclusivement le fait de l'**évaporation**, le prélèvement racinaire étant exclu. De plus, le volume concerné par les gynophores se trouve progressivement couvert par la culture de l'arachide.

La période d'observation de la pénétration s'est étalée du **1^{er}** au **25 Août** soit entre le **41** et **64** ème jas. Durant cette période, le **profil** de dessèchement de surface (0-5 cm) **après** l'humectation des loges obtenu correspond respectivement aux deux modalités d'alimentation en eau de l'arachide (**T1** et **T3**) (**Fig. 4.10a**).

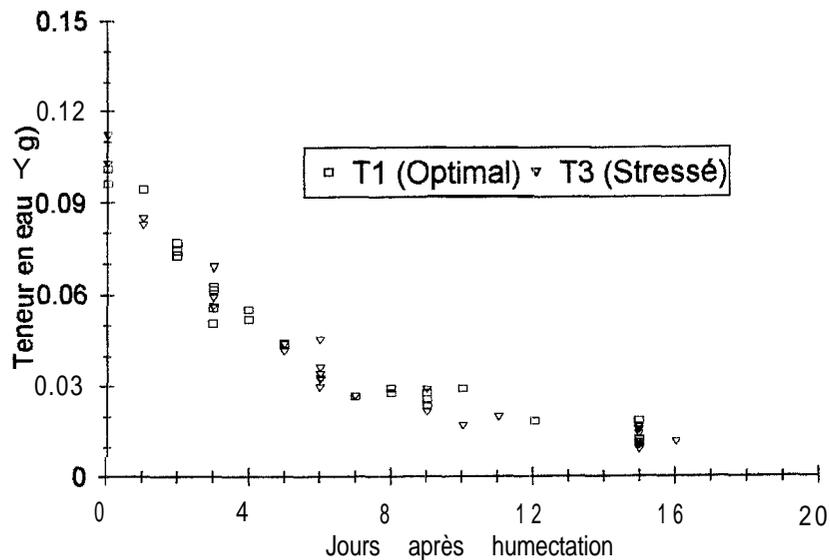


Figure 4. 10a : Courbe de dessèchement de surface du sol pour T1 et T3

En raison de la séparation réalisée entre la zone racinaire et celle de pénétration des **gynophores**, on remarque que les profils de dessèchement de surface du sol dans ces loges après humectation sont identiques pour les deux traitements pour T1 et T3.

En partant d'une valeur initiale d'environ **0,10 -0,11 g/g** obtenue une à deux heures après l'apport d'eau, l'humidité pondérale diminue progressivement au cours du temps pour atteindre **0,01 g/g** environ 16 jours plus tard. Sur la courbe de **pF**, cela correspond à des potentiels en eau allant de 63 à plus de 15850 **hPa**.

La plus forte diminution de l'humidité pondérale est observée lors des cinq premiers jours après humectation, à l'issue desquels 60 % de la teneur initiale est perdue par évaporation. Entre 6 et 8 jours après humectation, l'humidité n'évolue que **très** faiblement.

L'évolution de l'humidité pondérale de surface étant comparable pour les deux cas considérés, une courbe moyenne unique a été retenue. (fig 4.10 b)

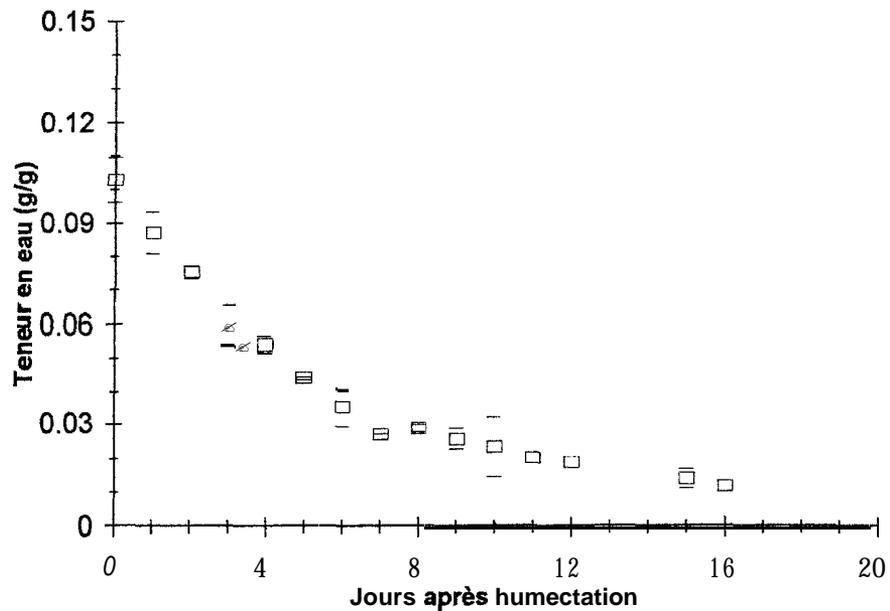


Figure 4.10b : Courbe moyenne de **dessèchement** sur 5 cm des loges au cours du temps après leur humectation

4.2.3.2. RELATIONS ENTRE LA RESISTANCE MECANIQUE A LA PENETRATION (RP), LA TENEUR EN EAU ET LA DENSITE APPARENTE DE L'HORIZON SUPERFICIEL DU SOL DE NIORO

Après l'observation de la pénétration des gynophores, les mesures réalisées *in situ* concernent l'humidité pondérale et la densité apparente, mais non la résistance à la pénétration. Cela rend nécessaire l'établissement en laboratoire de la courbe d'étalonnage reliant la résistance à la pénétration à l'humidité et la densité apparente au moment de la pénétration du gynophore.

Les valeurs d'humidité pondérale obtenue à partir de la courbe de potentiel ainsi que celle de la résistance à la pénétration correspondante sont présentées au tableau 4.13. Elles sont relatives aux deux densités apparentes de préparation de 1,5 et 1,6 g/cm³.

h (hPa)	Da = 1,5		Da = 1,6	
	Hp (g/g)	RP (kPa)	Hp (g/g)	RP (kPa)
20	0.203 ± 0.004	26.6 ± 9.0	0.2115 ± 0.003	63.3
40	0.161 ± 0.01	60.6 ± 34.0	0.159 ± 0.002	207.8
63	0.104 ± 0.002	221.5 ± 21.4	0.096 ± 0.003	392.4
100	0.088 ± 0.004	231.2 ± 13.9	0.0081 ± 0.004	467.0
252	0.065 ± 0.02	324.4 ± 117.5	0.065 ± 0.002	554.2
631	0.039 ± 0.005	422.8 ± 25.1	0.034 ± 0.001	1049.9
2512	0.031 ± 0.002	515.9 ± 82.0	-	-
6310	0.027 ± 0.001	848.8 ± 88.8	0.026 ± 0.004	1961.2
15849	0.019 ± 0.001	1270.4 ± 90.7	0.020 ± 0.001	3663.9

Tableau 4.13 : Variation de la résistance à la pénétration (RP) en fonction du potentiel (h) et de la teneur en eau pondérale du sol (Hp) pour chacune des deux valeurs de densité apparente (Da). Moyenne ± écart-type.

La densité apparente de préparation influence fortement la résistance à la pénétration, mais faiblement l'humidité pondérale aux différentes valeurs de pF d'équilibre.

Pour une même valeur de teneur en eau, de l'horizon de surface, la résistance à la pénétration passe du simple au double ou plus quand la densité apparente augmente de 0,1.

En prenant en compte les mesures effectuées sur les échantillons en cours de dessèchement à l'air, l'évolution de la résistance du sol à la pénétration est présentée à la figure 4.11.

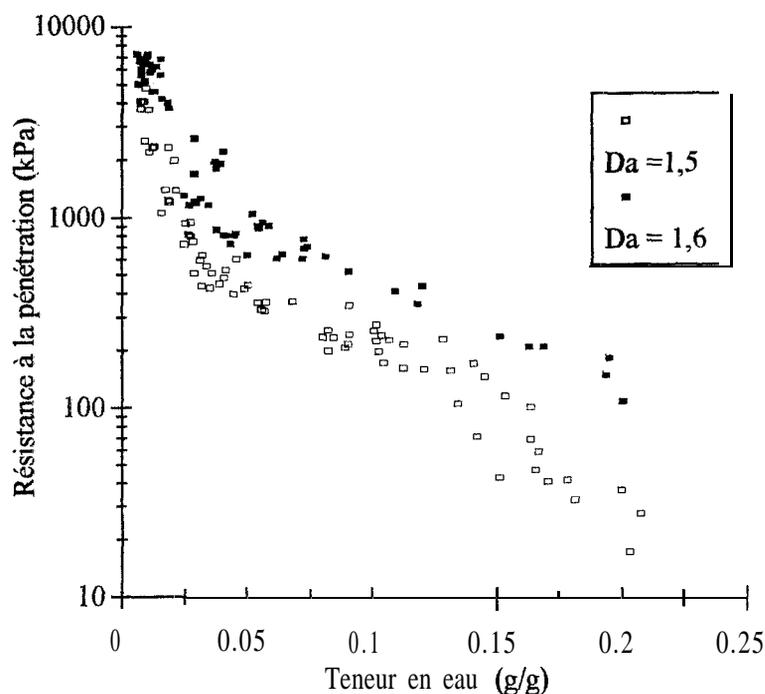


figure 4.11: Evolution de la résistance du sol à la pénétration en fonction de la teneur en eau pondérale et de la densité apparente

Compte tenu des valeurs finales de densité apparente mesurées à la pénétration des gynophores, les valeurs effectives de la résistance du sol à la pénétration pour une humidité pondérale donnée, se trouvent encadrées par les courbes d'évolution définies pour les deux densités apparentes respectives de 1,5 et 1,6 g/cm^3 . L'utilisation de la densité apparente de départ (1,5 g/cm^3) se traduit alors par une sous estimation de la résistance à la pénétration effective.

4.3.2.3. EFFET DE L'ALIMENTATION EN EAU SUR LE COMPORTEMENT VEGETATIF.

Dans le chapitre précédent, le comportement de la culture de la variété 73-33 sous l'effet de la sécheresse intervenant à différents stades a été analysé. Dans cette expérimentation concernant la pénétration des gynophores, les observations et mesures effectuées concernent uniquement le CRE à 52 et 58 jas et le poids de matière sèche produite à 75 jas à la fin de toutes les observations relatives à la pénétration des gynophores suivis. En moyenne, la floraison de l'arachide a débuté au 36^{ème} jour après le semis.

4.3.2.3.1. Le CRE

Les valeurs de CRE pour la variété **28-206** (tableau 4.14) sont généralement faibles (<75%) même pour le traitement optimum (T1) où l'eau d'irrigation est apportée tous les 5 jours. Ce résultat confirme la sensibilité de la variété 28-206 utilisée (Prévôts et al, 1971)

Entre deux irrigations successives (soit 5 jours), les valeurs de CRE obtenues suggèrent de **relativiser** le niveau de satisfaction des besoins en eau de la culture pour le traitement juge optimal. En effet, une durée de 4 jours depuis le dernier apport provoque une diminution sensible du CRE.

La suspension prolongée de l'irrigation marque d'avantage la diminution du CRE qui chute à moins de 50 % quand la durée de la sécheresse atteint 13 jours.

	52 jas		58 jas	
	CRE (%)	Durée depuis la dernière irrigation	CRE (%)	Durée depuis la dernière irrigation
Optimum (T1)	73 ± 5 a	2	65 ± 6 a	4
Stressé (T3)	59 ± 6 b	7	46 ± 7 b	13

Tableau 4.74 : Le CRE en fonction de l'alimentation en eau durant la pénétration des gynophores. Moyenne ± écart-type.

4.3.2.3.2. Matière sèche produite

Dans les conditions de l'essai, le front d'humectation déterminé à 75 jas est identique pour les deux traitements T1 et T3. Par contre, la matière sèche aérienne ou racinaire moyenne par plant produite est fortement affectée par le stress de 20 jours intervenant à partir du 46^{ème} jas. (Tableau 4.15).

La production de matière (aérienne ou racinaire) en condition de stress ne représente que 70 % de celle en condition optimale.

	MSA (g)	MSR (g)	FH (cm)
Optimum (T1)	44,6 ± 3,4 a	9,2 ± 1,5 a	89 ± 13
Stressé (T3)	30,8 ± 2,3 b	6,5 ± 0,6 b	89 ± 8

Tableau 4.15: Production moyenne par pied à 75 jas de matières sèches aérienne (MSA), et racinaire (MSR) en fonction de l'alimentation en eau. FH est le front d'humectation moyen atteint dans les tubes. Moyenne ± écart-type.

4.3.2.3.3. La pénétration des gynophores en relation avec l'état de surface et l'alimentation hydrique dans la zone racinaire.

a) Répartition du nombre total d'observations de pénétration de gynophores

Le nombre de gynophores dont la pénétration est observée par répétition d'état de surface est variable. De plus, l'observation de la pénétration d'un gynophore suivi ne coïncide pas forcément avec l'état de surface prédéfini. En fonction de la durée en jours entre l'humectation de la loge et la date effective de l'observation de la pénétration du gynophore suivi, la répartition du nombre total de gynophores observés pour chaque modalité d'alimentation en eau est présentée au tableau 4.16. Le détail de cette répartition par répétition est fourni en annexes 4.1 et 4.2.

	DHP (jours)	1	2 à 3	4 à 5	6 à 7	8 à 9	10 à 15	
NGPO								Total
	T1	10	9	4	3	17	16	59
	T3	14	8	9	7	9	16	63

Tableau 4. 16 : Répartition du nombre total d'observation de pénétration de gynophores (NGPO) en fonction de la durée entre l'humectation de la loge et l'observation de leur pénétration (DHP). T1 et T3 représentent respectivement les modalités d'alimentation en eau optimale et stressée

b) La pénétration des gynophores

En admettant une vitesse constante de croissance journalière du gynophore, le temps entre son initiation en un point d'une tige et son contact avec le sol du gynophore dépend de la distance à parcourir. Par conséquent, les données sont regroupées par classe de gynophores dont l'observation de la pénétration est réalisée après une même durée de dessèchement après l'humectation de la loge (Tableau 4.17)

Les résultats indiquent que les risques d'échecs de la pénétration augmentent avec la durée du dessèchement de surface. C'est à partir de huit jours de dessèchement que les conditions de l'état de surface commencent à être restrictives pour la pénétration.

Alim. optimale (T1)				Alim. déficitaire (T3)			
DHP	NGPO	NPR	TxP		NPGO	NPR	TxP
1	10	10	1		14	14	1
2	9	9	1		10	10	1
3	3	3	1		2	2	1
4	3	3	1		5	5	1
5	3	3	1		7	7	1
6	2	2	1		4	4	1
7	3	3	1		2	2	1
8	5	4	0.80		3	2	0.67
9	6	5	0.83		3	1	0.33
10	2	1	0.50		3	0	0
11	2	0	0		-	-	-
12	-	-	-		1	0	0
13	2	0	0		1	0	0
14	-	-	-		4	0	0
15	9	0	0		4	0	0

Tableau 4.17 : Pénétration des gynophores suivis en fonction de la durée entre /es dates d'humectation des loges et d'observation de la pénétration (DHP).

NGPO = nombre de pénétrations observées de gynophores ; NPR = nombre de pénétrations réussies de gynophores ; TxP = taux de pénétration

La répartition des observations au cours du temps à partir du semis est représentée en figure 4.12. Pour le traitement stressé (T3), la suppression de l'irrigation a débuté au 46^{ème} jas. Par conséquent, c'est à partir du 52^{ème} jas que ce traitement optimal commence à distinguer de T1. Sur les 63 observations de pénétrations de gynophores obtenues pour T3, 28 (soit 44 %) ont été dans des conditions de stress.

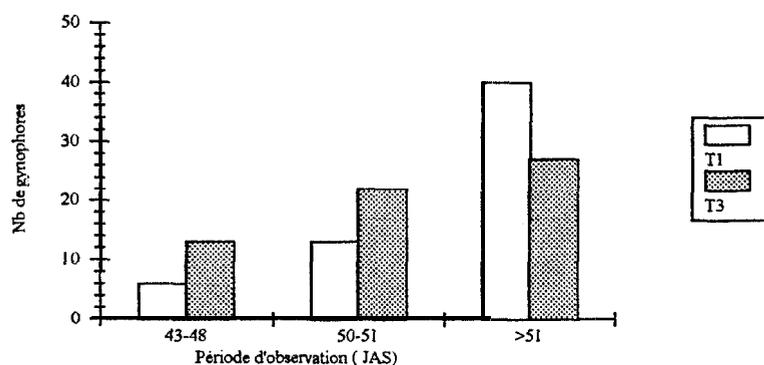


Figure 4.12 : Observation de la pénétration des gynophores par rapport à la date de semis

En isolant les gynophores dont la pénétration a été observée dans des conditions de stress de la plante pour T3, les résultats de la pénétration ne sont pas modifiés par rapport à T1 (Tableau 4.18). La limite diffuse (entre 8 et 9 jours après humectation de la loge) séparant les réussites et les échecs de pénétration reste inchangée. Par contre, la non pénétration de certains gynophores suivis (il y en a eu 3) est dû à un arrêt de croissance traduisant l'effet du stress dans la zone racinaire, plutôt que l'effet de l'état de surface.

DPH	NGPO	TxP
1	2	1
2	5	1
4	1	1
6	2	1
7	2	1
8	2	1
9	2	1
10	3	0,67
13	1	0
14	4	0
15	4	0

Tableau 4.18 : Pénétration des gynophores en période de stress hydrique (T3)

4.324. RELATION ENTRE LA PENETRATION DES GYNOPHORES, L'HUMIDITE PONDERALE ET LA RESISTANCE DU SOL A LA PENETRATION.

L'humidité pondérale de surface est déterminée lors de la pénétration des gynophores et estimée à partir de la courbe de dessèchement de surface établie, le cas échéant. Par ailleurs, la courbe d'étalonnage donnant la résistance à la pénétration de surface du sol en fonction de l'humidité pondérale est établie en laboratoire pour les valeurs de densités apparentes de 1,5 et 1,6 respectivement. Pour chacun des résultats d'humidité pondérale obtenu lors de la pénétration, on a donc une estimation de la résistance à la pénétration de surface du sol correspondante.

Dans cette gamme d'humidité, il y a une grande influence de la densité apparente sur la résistance à la pénétration qui augmente très sensiblement quand la surface du sol se dessèche. En effet, la valeur maximale de la résistance à la pénétration pour la densité apparente de 1.5 correspond à la valeur minimale de l'humidité pondérale. Cette même valeur de la résistance à la pénétration pour la densité apparente de 1,6 est obtenue pour une humidité pondérale au moins deux fois plus importante (Tableau 4.19).

Le seuil de pénétration des gynophores dans les conditions de l'essai se situe entre 0.02 et 0.03 g/g d'humidité pondérale (figure 4.13). Ceci étant valable pour les deux modalités d'alimentation en eau de l'arachide. Cela correspond à des résistances à la pénétration moyenne de 900 à 3500 kPa respectivement pour les densités apparentes de 1.5 et 1.6 (fig 4.14a et b).

T1				T3				
DPU	NPGO	TxP		NPGO	TxP	Hp(g/g)	RP1(kPa)	RP2(kPa)
1	10	1		14	1	0.087	251	590
2	9	1		10	1	0.076	282	760
3	3	1		2	1	0.06	330	787
4	3	1		5	1	0.055	363	819
5	3	1		7	1	0.044	398	1171
6	2	1		4	1	0.035	440	2272
7	3	1		2	1	0.027	716	3140
8	5	0.80		3	0.67	0.029	815	3369
9	6	0.83		3	0.33	0.026	893	3531
10	2	0.50		3	0	0.024	1072	3855
11	2	0		-	-	0.02	1368	4286
12	-	-		1	0	0.019	1368	4286
13	2	0		1	0	0.019	1488	4435
14	-	-		4	0	0.015	2017	4974
15	9	0		4	0	0.014	2194	5123

Tableau 4. 19 : Pénétration des gynophores et caractéristiques physiques de l'état de surface. RP1 = Résistance à la pénétration pour $Da = 1,5$; RP2 = Résistance à la pénétration pour $Da = 1,6$

4.3.4. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

En comparant deux modalités d'alimentation en eau de la plante (**stressée** et non stressée), l'analyse de la pénétration a permis de préciser l'influence de l'état hydrique et physique de surface du sol. Les principaux **résultats** sont :

En contrôlant les apports d'eau en surface du sol, la cinétique de dessèchement après humectation de l'horizon de surface indique une variation de la teneur en pondérale allant de 0.10 à 0.01 **g/g** en 16 jours.

La **pénétration** des gynophores a été observée jusqu'à un seuil critique de teneur en eau de 0.025 **g/g**. Ceci correspond dans les conditions de **l'expérimentation** à un dessèchement de la surface du sol d'une durée de 8 à 9 jours. L'effet de la sécheresse **en début** de fructification sur la pénétration de ces gynophores n'a pas été mis en évidence.

Pour une teneur en eau donnée, la résistance du sol à la pénétration est fortement influencée par la densité apparente du sol (Fig. 4.4). La valeur de teneur en eau pondérale critique correspond à des valeurs de résistance du sol à la pénétration **égales à 0,9 MPa** et **3,5 MPa** respectivement pour des valeurs de densité apparentes de **1,5** et **1,6**.

Ces résultats appuient l'hypothèse énoncée d'une réduction du nombre de gousses liée aux conditions hydrique et physique de surface (Cox, 1962 ; **Underwood** et al., 1971). Pour une réussite de la pénétration du gynophore dans le sol, Boote et al. (1976) indiquent que la durée de **dessèchement** de l'horizon de surface doit être inférieure ou égale à 4 jours. La différence **observée** par rapport à notre travail pourrait s'expliquer par des conditions expérimentales différentes : le type de **sol** et la cinétique de dessèchement du sol. Il est possible qu'en condition de plein champs, la teneur en eau critique puisse être atteinte plus rapidement qu'en condition **contrôlée**.

CHAPITRE V:
ANALYSE DES PERTES
DE RENDEMENT À LA RÉCOLTE

5.1 INTRODUCTION

L'analyse fréquentielle de la pluviométrie des quatre dernières décennies a révélé l'influence du type de saison des pluies sur les conditions de maturation de l'arachide dans le bassin arachidier. Lors des saisons des pluies tardives, la chute de rendement est essentiellement liée à l'arrêt des pluies avant la maturité physiologique. Si les conditions d'alimentation en eau de la plante pendant la maturation sont satisfaisantes, la date d'intervention de la récolte est un facteur important pour optimiser les rendements (Bouffil, 1957 ; Young et al, 1982).

Dans le système de culture actuel, les opérations de récolte en traction animale qui débutent à partir de la maturité physiologique peuvent s'étaler sur 4 à 5 semaines. Deux facteurs peuvent expliquer les pertes de rendement à la récolte (figure 5.1) :

- la **sénescence** de la plante qui fragilise le pédoncule reliant la gousse et la partie aérienne de la plante. Lorsque la plante est soulevée, les gousses dont le pédoncule est rompu ne sont pas récupérées.
- une profondeur de récolte inférieure à la profondeur maximum des gousses. La cohésion du sol est trop forte pour que la paire de boeufs puisse maintenir un effort de traction suffisant. Les variations de la cohésion du sol avec la date de récolte peuvent s'expliquer soit par une diminution de l'humidité du sol, soit par une augmentation de la durée d'exposition à des températures élevées. En effet, Charreau et Nicou (1971) ont montré que la cohésion du sol augmentait au cours de la saison sèche malgré une évaporation du sol très faible, donc sans variation de l'humidité (figure 5.2). Ils expliquent cette augmentation de la cohésion par un durcissement des ciments sous l'action de températures élevées.

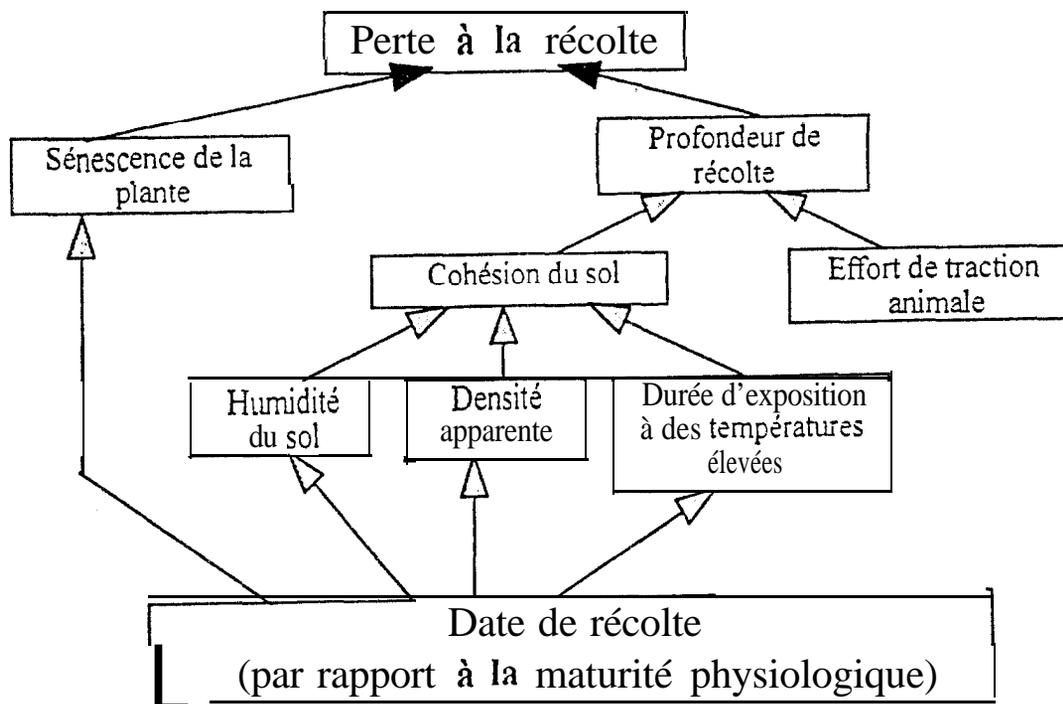


Figure 5.1 : Schéma de présentation des facteurs de variation des pertes de rendement en gousses à la récolte

Dans ce chapitre, l'objectif visé est l'analyse des pertes de rendements à la récolte en fonction de l'état **hydrique** et physique de surface du sol et en fonction de l'état de la plante.

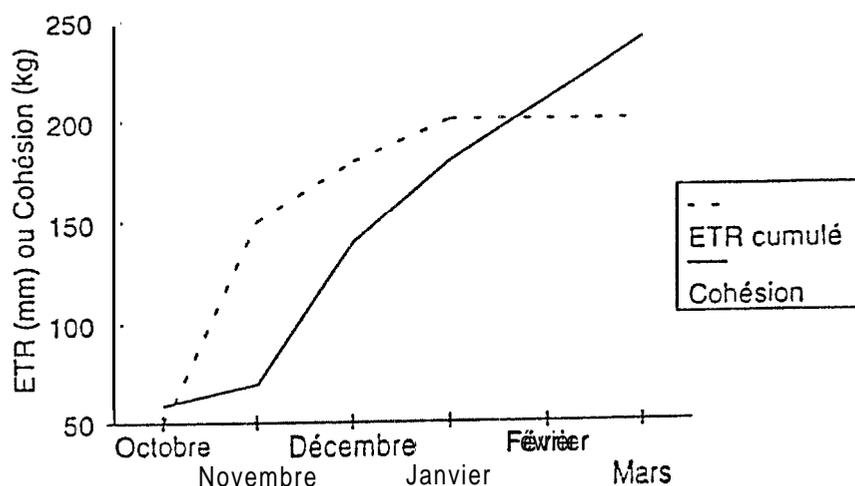


Figure 5.2 : Courbes comparées en fonction du temps de l'évaporation cumulée et du développement de la cohésion de l'horizon 0-20 cm (redessiné d'après Charreau et Nicou, 1971)

5.2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

5.2.1 MATÉRIEL,

• Les sites

Les deux sites considérés au cours de la saison des pluies de l'année 1993 sont localisés à la station expérimentale de Thyssé (Papem) et en milieu paysans au village de Darou Khoudoss (Darou). Ils sont situés dans la communauté rurale de Kayemor à 30 km, à l'est de Nioro. Les sols appartiennent à des unités morpho-pédologiques distinctes. Par rapport à une toposéquence classique de cette zone sud du bassin arachidier (Cf. § 1) les caractéristiques des deux sites sont présentées au tableau 5.1.

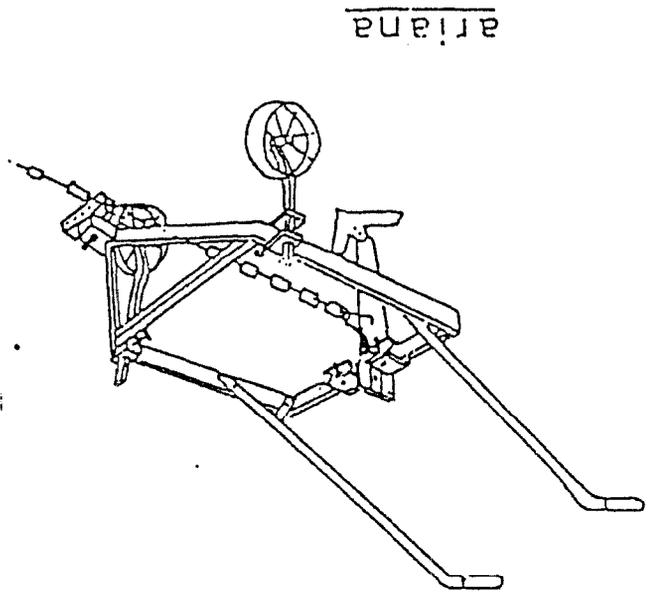
Site	Position sur toposéquence	Type de sol	Profondeur de la cuirasse
Papem	Glacis versant de terrasse	Ferrugineux tropical lessivé remanié	> 2 m
Darou	Zone interne de plateau	Ferrugineux tropical lessivé tronqué	< ou = à 1 m

Tableau 5.1: Caractéristiques pédologiques des sites (source : Bertrand, 1972)

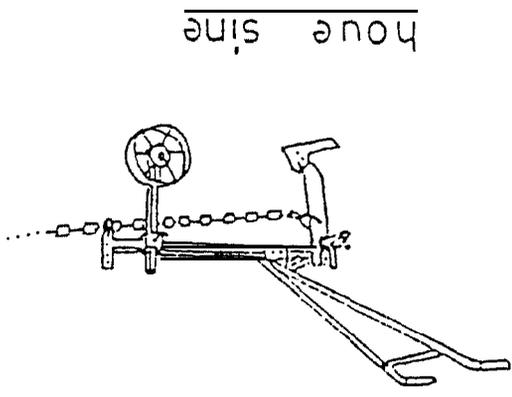
Alors que le sol du Papem est drainant, celui de Darou présente par contre un caractère hydromorphe assez prononcé à 60 cm de profondeur environ. La réserve utile est estimée à 100 mm/m au Papem et à 120 mm/m à Darou (source). La cuirasse située à faible profondeur à Darou est une contrainte à l'enracinement (Sène, 1989). La granulométrie de l'horizon 0-10 cm indique une texture plus fine à Darou qu'au Papem (Tableau 5.2).

Ceci explique la différence observée au niveau de leur courbe caractéristique de potentiel hydrique en fonction de la teneur en eau (Figure 5.3). Cette courbe a été établie en laboratoire.

Figure 5.4 : Schéma du type de bâti et de la lame souleuseuse en traction animale. Ariana et Houe Sine



ariana



houe sine

Site	Argile (%)	Limons fins %	Limons grossiers (%)	Sables fins (%)	Sables grossiers %
	0 - 2 μ	2 - 20 μ	20 - 50 μ	50 - 200 μ	200 - 2000 μ
Papem	3,3 \pm 0,3	2,7 \pm 0,2	13,5 \pm 1,1	56,2 \pm 1,5	24,3 \pm 1,3
Darou	6,5 \pm 0,4	3,0 \pm 0,3	22,5 \pm 0,9	50,3 \pm 1,4	17,7 \pm 1

Tableau 5.2: Texture de l'horizon 0-10 cm du soi pour les sifes d'étude. Moyenne \pm écart-type.

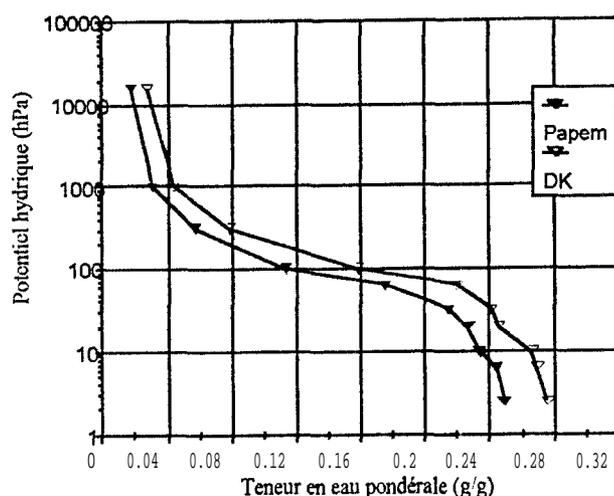


Figure 5.3: Courbe caractéristique du potentiel hydrique en fonction de la teneur en eau pour l'horizon de surface 0-10 cm du soi

« La variété d'arachide

La variété 73-33 de longueur de cycle de 110 jours a été utilisée. C'est la même variété utilisée pour l'essai relatif à l'implantation (Cf. 9.3).

« L'équipement à la récolte

L'attelage utilisé pour effectuer la récolte de l'arachide est constitué par une paire de boeufs et une lame souleveuse de 250 mm de largeur, montée sur un bâti du type Ariana ou Sine (Figure 5 4).

52.2. Les fraitements

Deux facteurs sont considérés :

- la date de récolte par rapport à la maturité physiologique (MP). Les trois dates de récolte retenues étalées sur un mois sont les suivantes (tableau 5.3)

Date de récolte	Intervention par rapport à MP	Date d'intervention
D1	Récolte à MP (107 jas)	20-21/10/1993
D2	Récolte à MP + 19 j (125 jas)	9-10/11/1993
D3	Récolte à MP + 33 j (139 jas)	24-25/11/1993

Tableau 5.3 : Descriptif des dates de récolte

- le type de bâti : il s'agit de vérifier si la différence de stabilité constatée entre les deux principaux bâtis se traduit par un effet quelconque sur les performances à la récolte (Havard, 1986). Par conséquent le bâti Ariana plus stable est comparé au bâti Sine. La même lame souleveuse est montée sur les deux bâtis.

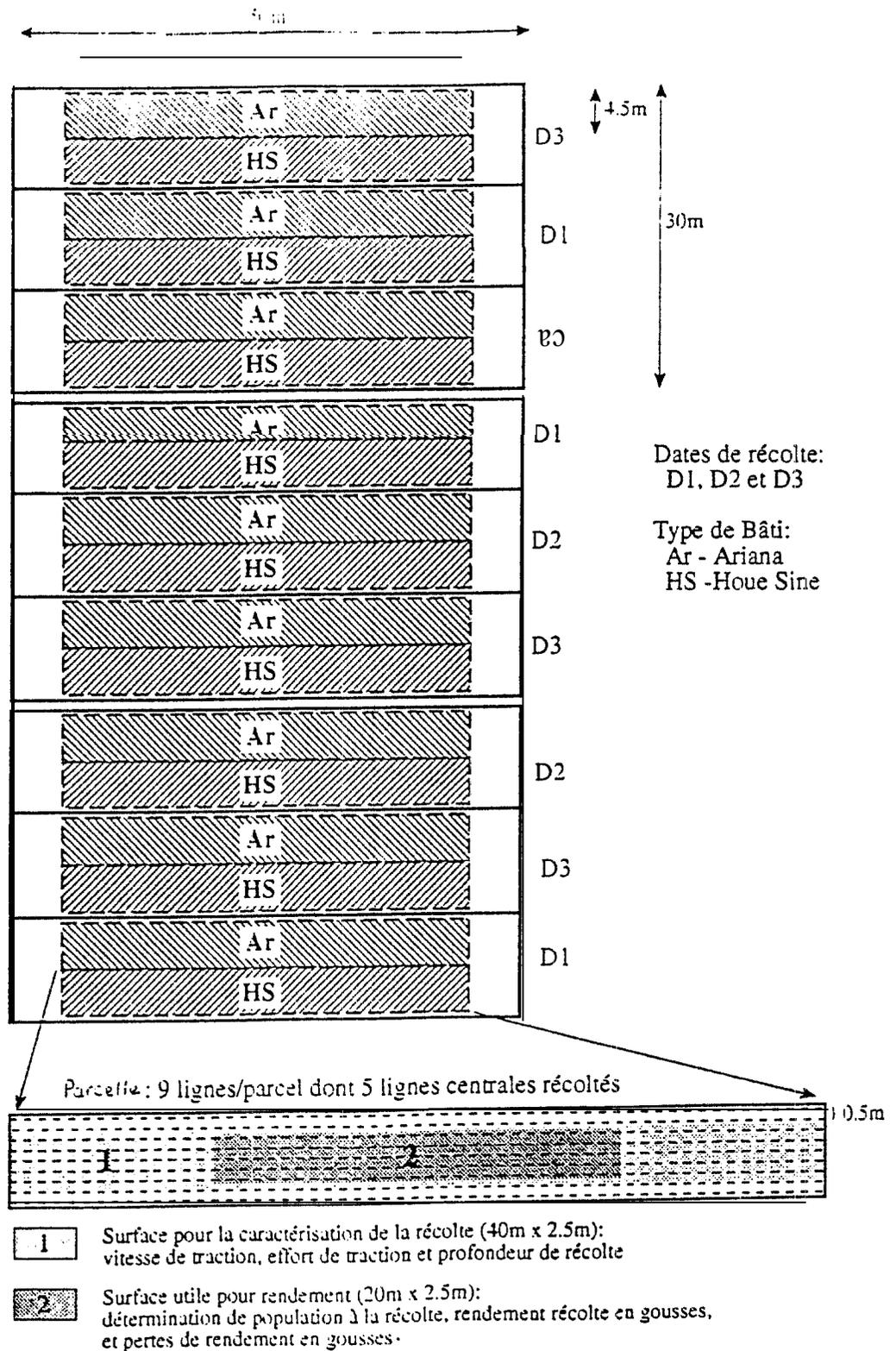


Figure 5.5 : Schéma du dispositif de l'essai relatif à l'analyse des pertes de rendement en gousses à la récolte

5.2.3. Le dispositif

Un dispositif en blocs a été mis en place, la surface de l'essai sur chaque site ayant une surface de **5000 m² (100m *50m)**. A l'intérieur de chacun des trois blocs ainsi constitués par site, on tire au **hasard** les trois dates de récoltes (Figure 5.5). Chaque sous-bloc représentant une date de récolte est subdivisé en deux parties qui correspondent aux deux types de **bâti**.

5.2.4. La culture

L'itinéraire technique

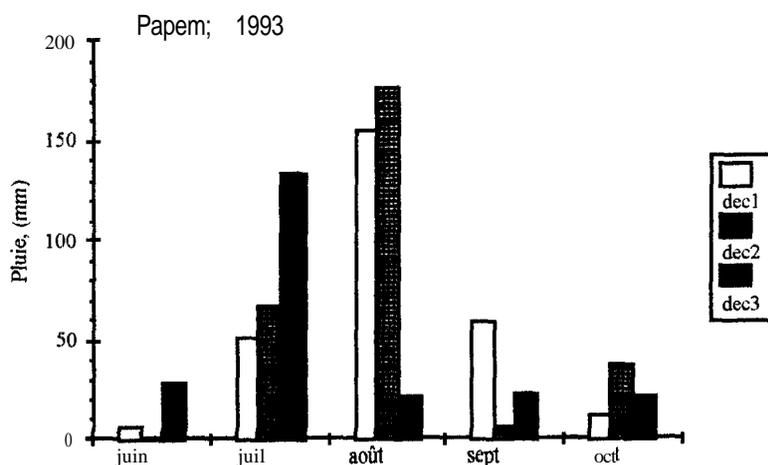
Le semis en culture attelée au semoir survenu le 9 juillet 1993 a été effectué en lignes selon un écartement de 50 cm. Aussitôt après le semis, deux opérations ont été réalisées:

- l'épandage d'engrais ternaire (8-18-27) à la dose de 150 **kg/ha**
- le sarclage traditionnel de **prélevée** à l'aide d'une houe tirée par une paire de boeufs.

Les densités moyennes à la levée observée une semaine après le semis ont été 102000 plants/ha au Papem et de 117000 **plants/ha** à Darou. Par la suite, le contrôle de l'enherbement au cours des 50 premiers jours précédant la formation des gousses a été assuré par deux sarclages mécaniques et un sarclage manuel.

Le développement de la culture en rapport avec la pluviométrie de la saison des pluies

La distribution de la pluie par décennie pour les deux sites distants de 5 km est présentée en figure 5.8. Les cumuls pluviométriques annuels au Papem et à Darou sont respectivement de **795,8** mm en 35 épisodes pluvieux et de **660,7** en 30 épisodes pluvieux. La différence de ces cumuls annuels de pluies (plus de 100 mm) entre les deux sites illustre la grande variabilité de la pluviométrie observable sur une faible distance dans la zone d'étude.



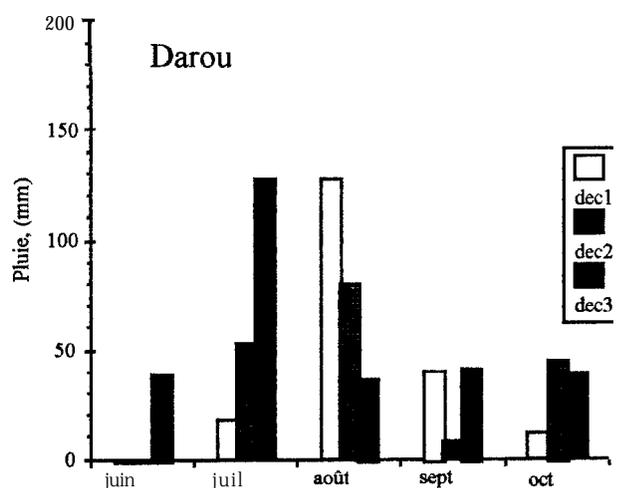


Figure 5.6: Distribution de la **pluviométrie** par décade au niveau des deux sites au cours de la saison des pluies 1993. Pour chaque mois, les trois décades sont **désignées** respectivement par **dec1**, **dec2** et **dec3**.

Le semis de l'arachide a été effectué le 9 Juillet après une pluie de l'ordre de 35 mm. Les premiers stades phénologiques, à savoir l'implantation, le développement végétatif de préfloraison et le début de la floraison, se sont **déroulés** dans de conditions d'alimentation en eau satisfaisantes.

Au cours des quatre premières décades après le semis, le cumul enregistré représente 70 à 75 % de la pluviométrie annuelle.

Durant les stades de formation des gynophores et des gousses, soit entre la troisième décade d'**Aout** et la deuxième décade de Septembre, le nombre d'épisodes pluvieux est de 9 au Papem et de 7 à **Darou**. Ils totalisent entre 100 et 110 mm environ sur les deux sites. Cependant le stock hydrique **constitué** avant cette période devrait permettre d'atténuer les déficits hydriques éventuels, ceci **ccmpte** tenu de la réserve utile des sols. La dernière pluie enregistrée au cours du cycle de la culture est tombée 10 jours avant la date de maturité physiologique. Elle est de 45 mm au Papem et de 36 mm à **Darou**.

La distribution de la pluviométrie entre les différentes dates de **récolte** pour les deux sites est présentée en **figure** 5.7. Deux pluies ont été enregistrées au cours de deux jours consécutifs entre **les** deux premières dates de récolte. Les **2ème** et **3ème** dates de récolte ont été respectivement précédées d'une période sans pluie de 15 jours et 30 jours.

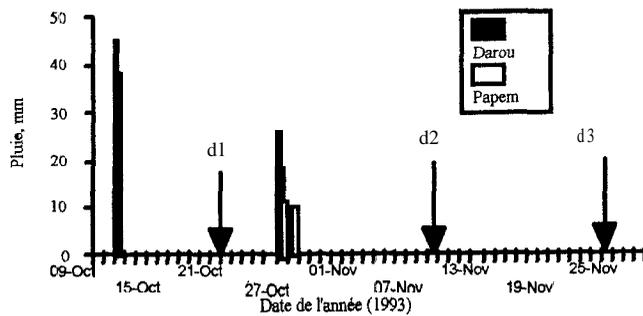


Figure 5.7: Distribution de la pluviométrie de fin de cycle en rapport avec les dates de récolte pour les deux sites

5.2.5. Observations et mesures

Pour une régularité du travail de récolte en culture attelée, il importe de disposer de placettes de longueur appropriée, ici 40 m pour obtenir un régime permanent lors de l'opération de récolte en traction attelée. (Havard, communication orale). Chacune de 18 parcelles par site (Figure 5.5) comportant 9 lignes d'arachide dont les 5 lignes centrales sont récoltées.

Caractérisation de l'opération de récolte

A chacune des trois dates de récolte, les caractéristiques de l'opération de récolte sont déterminées sur 5 lignes d'arachide de 40 m. Il s'agit de:

- la vitesse (**m/s**) à laquelle l'outil est tiré par la paire de boeufs. Un chronomètre a été utilisé pour déterminer le temps nécessaire pour parcourir chaque ligne. Pour chaque placette récoltée, la vitesse moyenne a été calculée à partir des cinq valeurs obtenues.
- l'effort de traction fourni par la paire de boeufs. Il est obtenu à l'aide d'un dynamomètre monté en série entre la paire de boeuf et l'outil de soulèvement. Une dizaine de lectures sont réalisées pour chaque ligne d'arachide récoltée. La valeur moyenne de l'effort de traction (kg) par placette porte sur 50 mesures.
- la profondeur du soulèvement. Pour ce faire, on s'est servi du même profilographe utilisé pour l'essai relatif à l'implantation, Trois répétitions par placette sont considérées. Pour chaque mesure, on débaille tout d'abord les mottes de terre et la terre fine générées après le passage de la lame soulèveuse de manière à avoir la forme exacte du sillon ouvert pour deux lignes contiguës. Cette opération est faite sans perturber la surface entre les lignes non affectée par le soulèvement. Ensuite on place le profilographe perpendiculairement aux deux lignes. La largeur du profilographe d'un mètre correspond exactement à celle des deux lignes. Les aiguilles métalliques distantes de 2,5 cm épousent la forme de la tranchée. Leurs dénivellations sont repérées à l'aide de papier millimétré fixé à un cadre rectangulaire. Elles permettent de déterminer la profondeur maximale du soulèvement et l'indice de rugosité (Cf. 9.3). Cet indice est déterminé pour apprécier la forme du sillon obtenu après le passage de la lame soulèveuse.

Caractéristiques physiques et hydriques de surface du sol lors de la récolte

Les horizons 0-5 cm et 5-15 cm sont considérés pour la détermination de la teneur en eau pondérale (**g/g**) et de la densité apparente. Ces prélèvements sont réalisés juste avant la récolte à une date donnée. Pour chaque sous-bloc correspondant à une date de récolte, quatre répétitions sont prises en compte.

- la teneur en eau: le prélèvement gravimétrique est effectué à la tarière. l'échantillon frais est pesé pour le poids humide. Le poids sec est obtenu par pesage après séchage à l'étuve de l'échantillon à **105°C** pendant 24 h.

b) la densité apparente: après réhumectation lente des vingt premiers centimètres, des échantillons non remaniés sont prélevés au cylindre. Pour un même diamètre de 5,4 cm, on utilise des cylindres de 3 cm de hauteur pour l'horizon 0-5 cm, et de 6 cm pour l'horizon 5-15 cm. Après séchage à l'étuve à 105°C puis pesage des échantillons, la densité apparente est calculée.

Les pertes de rendement à la récolte

Les rendements sont déterminées sur des placettes de 50 m² (5 lignes d'arachide sur 20 m), soit la moitié de la placette récoltée (Cf. figure 5.5). les déterminations concernent:

- la densité de population à la récolte (pieds/ha)
- le rendement en fane (kg/ha)
- le rendement total en gousse (kg/ha) constitué par la somme du rendement-récolte et des restes en terre ou perte de rendement à la récolte. Le rendement-récolte est obtenu par égoussage des pieds récoltés. En ce qui concerne les pertes de rendements à la récolte, un glanage manuel tout au long des lignes récoltées a été réalisé pour récupérer toutes les gousses qui sont restées dans le sol après le passage de la lame souleveuse.

5.3 RÉSULTATS

5.3.1. ETATS HYDRIQUE ET PHYSIQUE DES HORIZONS SUPERFICIELS DU SOL AUX DATES DE RÉCOLTES

Pour les trois dates de récolte, les valeurs de teneur en eau et de densité apparente sont présentées et ne sont pas différentes entre blocs au niveau de chaque site (tableau 5.4) Les valeurs de densité apparente sont restées inchangées au cours du temps, Pour le site du Papem, la valeur moyenne de la densité de 1,6 est identique pour les deux horizons considéré des deux, alors qu'au site de Darou la densité apparente diminue en passant de 1,6 pour l'horizon 0-5 cm à 1,5 pour l'horizon 5-15 cm.

		d1		d2		d3	
	Couche de sol	Papem	Darou	Papem	Darou	Papem	Darou
Hp	0-5 cm	0,88 ± 0,04	1,50 ± 0,04	0,30 ± 0,02	1,10 ± 0,06	0,10 ± 0,01	0,26 ± 0,03
	5-15 cm	1,56 ± 0,06	3,3 ± 0,03	0,96 ± 0,05	3,0 ± 0,02	0,76 ± 0,08	1,38 ± 0,08
Da	0-5 cm	1,58 ± 0,02	1,61 ± 0,03	1,59 ± 0,02	1,62 ± 0,02	1,59 ± 0,03	1,61 ± 0,02
	5-15 cm	1,60 ± 0,02	1,53 ± 0,03	1,62 ± 0,02	1,53 ± 0,03	1,61 ± 0,02	1,55 ± 0,03

Tableau 5.4: Variation de la teneur en eau pondérale (Hp en g/g*10²) et la densité apparente (Da) pour /es couches de sol 0-5 cm et 5-15 cm et pour les deux sites. d1, d2 et d3 sont respectivement les première, deuxième et troisième date de récolte. Moyenne ± écart-type.

Les valeurs de teneur en eau dans les horizons de surface du sol sont très faibles pour les deux sites. Ceci est valable même pour la première date de récolte où la teneur en eau dans l'horizon 0-5 cm correspond à un potentiel hydrique plus bas que celui du point de flétrissement permanent (Figure 5.3). La différence de teneur en eau entre les deux sites tient à la différence de la texture du sol qui est plus fine à Darou qu'au Papem.

En résumé, la récolte de l'arachide est débutée quand l'horizon de surface est déjà fortement desséché. Compte tenu de la valeur élevée de la densité apparente, la poursuite du dessèchement lors des deux autres dates de récoltes pourrait entraîner une cohésion importante du sol.

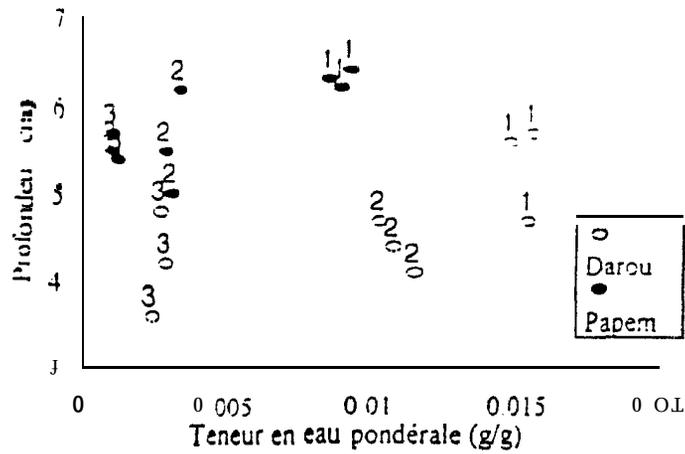


Figure 5.8a. Relation entre la teneur en eau pondérale et la profondeur de récolte. Les chiffres 1, 2 et 3 représentent respectivement les première, deuxième et troisième dates de récolte.

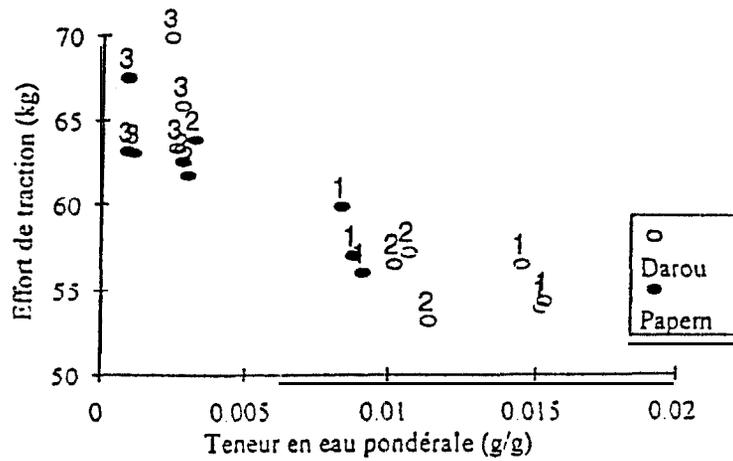


Figure 5.8b. Relation entre la teneur en eau pondérale et l'effort de traction de la paire de boeufs lors de la récolte.

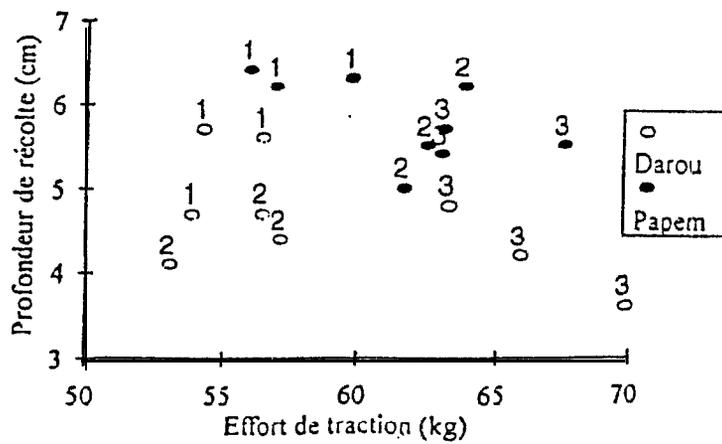


Figure 5.8c. Relation entre l'effort de traction et la profondeur de récolte.

5.3.2 CARACTÉRISTIQUES DE L'OPÉRATION DE RÉCOLTE

Les variations des grandeurs qui décrivent la récolte sont présentées au Tableau 5.5. On fait figurer les résultats de l'analyse de **variance** portant sur l'effet de la date de récolte et du type de bâti.

		Vitesse (m/s)		Effort (kg)		Profondeur (cm)		Indice rugosité	
		Papem	Darou	Papem	Darou	Papem	Darou	Papem	Darou
Date de récolte	d1	0,75 a	0,78 a	57,3 a	54,9 a	6,3 a	5,3 a	23,6 a	23,5 a
	d2	0,70 a	0,73 a	62,6 b	55,5 a	5,9 a	4,4 b	21,8 a	16,4 b
	d3	0,70 a	0,73 a	64,5 c	66,4 b	5,5 a	4,2 b	21,1 a	16,4 b
Bâti	Ar	0,71 a	0,73 a	60,7 a	59,7 a	5,8 a	4,7 a	21,5 a	18,4 a
	HS	0,72 a	0,77 a	62,7 a	58,1 a	6,0 a	4,6 a	22,8 a	19,1 a
Interaction	Date * Bâti	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

Tableau 5.5: Effet de la date de récolte et du type de bâti sur les variables décrivant l'opération de soulèvement en traction bovine au Papem et à Darou. d1, d2 et d3 sont respectivement les première, deuxième et troisième date de récolte. Ar et HS sont respectivement le bâti Ariana et le bâti Houe Sine. Les nombres affectés d'une lettre différente sont significativement différents au seuil de 5%

La vitesse de traction

La **vitesse** de traction de la paire de boeufs reste **inchangée** de l'ordre de **0,7 m/s** indépendamment de la date d'intervention et du type d'outil. Ce résultat confirme le fait que les animaux dressés pour la culture attelée adoptent une vitesse de traction constante (Manuel de culture avec traction animale).

L'effort de traction

Sur les deux sites, l'effet de la date de récolte est significatif sur l'effort de traction. Le retard dans l'intervention à la récolte entraîne une augmentation de l'effort fourni par la paire de boeufs. L'effort fourni varie entre 55 et 66 kg. Les effets des facteurs date de récolte et type de **bâti** sont différents selon le site:

Au Papem, la mise en évidence d'une interaction significative entre les deux facteurs (date de récolte et type d'outil) ne permet pas de conclure sur les effets simples.

A **Darou**, en l'absence d'interaction entre les deux facteurs, l'effort de traction est significativement plus important à la **troisième** date qu'aux deux premières dates de récolte. Il n'existe pas d'effet type d'outil.

La profondeur de récolte

La profondeur de récolte et la rugosité se comportent de la même manière vis à vis des deux facteurs.

Au Papem, la profondeur est inchangée et égale à 6 cm quels que soient la date de récolte et le type de bâti. A **Darou**, site le plus argileux, par contre, seul l'effet date de **récolte** est significatif sur la profondeur de récolte. Il y a une diminution de 1 cm entre la première date de récolte et les deux dernières.

Relation entre la teneur en eau, l'effort de traction et la profondeur de récolte

Pour les deux sites, les relations entre ces variables, considérées deux à deux, sont présentées aux figures 5.8a, b et c. Malgré sa faible valeur aux différentes dates de récolte, la teneur en eau

pondérale entretient une relation étroite avec l'effort de traction pour chacun des deux sites (figure 5.8b, et avec la profondeur de récolte à Darou uniquement (figure 5.8a). L'augmentation significative de l'effort de traction au cours du temps alors que l'horizon concerné reste pratiquement sec confirme pour ces sols le déphasage entre le rythme de dessèchement du sol et le développement de sa cohésion.

L'effort de traction augmente quand la profondeur de récolte diminue de la première date à la troisième date de récolte (figure 5.8c). cette relation confirme l'augmentation de la cohésion du sol. Ce phénomène est plus marqué à Darou qu'au Papem.

5.3.3 LES RENDEMENTS AUX DIFFÉRENTES DATES DE RÉCOLTE

Pour chaque site, le tableau 5.6 présente en fonction de la date de récolte et du type de bâti tes variations des valeurs moyennes de la densité de population à la récolte, du rendement-récolte en gousses et les pertes de rendements en gousses.

Date récolte		Densité récoltée, pieds/ha		Rendement-récolte, kg/ha		Perte en gousses, kg/ha	
		Papem	Darou	Papem	Darou	Papem	Darou
d1		98500 a	114500 a	1990 a	1500 a	52 a	23 a
d2		99000 a	115000 a	2290 a	1450 a	71 b	81 b
d3		92000 a	107500 a	2170 a	1390 a	191 c	162 c
Bâti	Ar	95500 a	110500 a	2170 a	1460 a	103 a	88 a
	HS	97500 a	109700 a	2130 a	1430 a	107 a	89 a
Interaction	date*bâti	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tableau 5.6: Effet de la date de récolte et du type de bâti sur les rendements récolte en gousses et les pertes de rendement en gousses. Bâti Ariana = Ar, bâti Houe Sine = HS. Les nombres affectés d'une lettre différente sont significativement différents au seuil de 5%.

Il importe tout d'abord de souligner la différence des rendements entre les deux sites. Malgré une densité de population à la récolte plus faible de 15000 pieds/ha en moyenne, on remarque que les rendements en gousses sont plus élevés au Papem qu'à Darou. Une différence d'au moins 500 kg/ha est observée à chaque date de récolte. Trois aspects peuvent être évoqués pour expliquer ce résultat:

-la meilleure alimentation en eau découlant de la différence de cumul pluviométrique enregistré au cours du cycle sur les deux sites;

-la différence de niveau de fertilité des sols. En effet en plus de la différence pédologique tenant en particulier à la profondeur du sol, le site du Papem situé dans une station expérimentale agronomique bénéficie d'une meilleure fertilisation;

-la capacité de la variété d'arachide utilisée à compenser une déficience modérée au niveau de la densité de population par un développement végétatif plus important si les conditions sont favorables (Cattan, 1986; Garin, 1989).

Le rendement-récolte n'est affecté ni par la date de récolte ni par le type de bâti.

Par contre, les pertes de rendement en gousses à la récolte sont significativement affectées par la date de récolte. Le type de bâti n'a pas d'effet sur ces pertes. Le retard dans l'intervention à la récolte augmente les pertes de rendements en gousses. Par rapport au rendement-récolte, ces pertes sont représentées en figure 5.9.

A la troisième date de récolte, elles représentent 9 % du rendement-récolte au Papem et 12% du rendement-récolte à Darou.

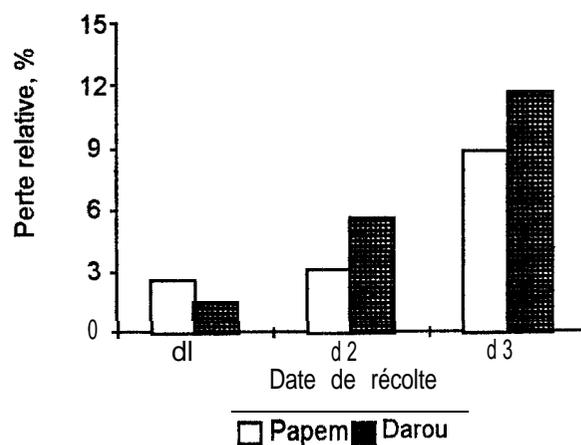


Figure 5.9: *Perte* relative de rendement en gousse (%) en fonction de la date de *récolte* pour les sites du Papem et de Darou.

53.4. RELATION ENTRE LES PERTES DE RENDEMENTS ET LA PROFONDEUR DE RÉCOLTE

L'évolution des pertes de rendement en gousse en fonction de la profondeur de récolte est montrée en figure 5.10. Entre les deux sites, la nature de la relation entre les pertes de rendements et ces deux variables est différente. La relation est plus étroite à Darou qu'au Papem. Le développement plus important de la **cohésion** du sol par rapport au Papem mis en évidence par la différence de profondeur de récolte, expliquerait la nature différente des relations obtenues.

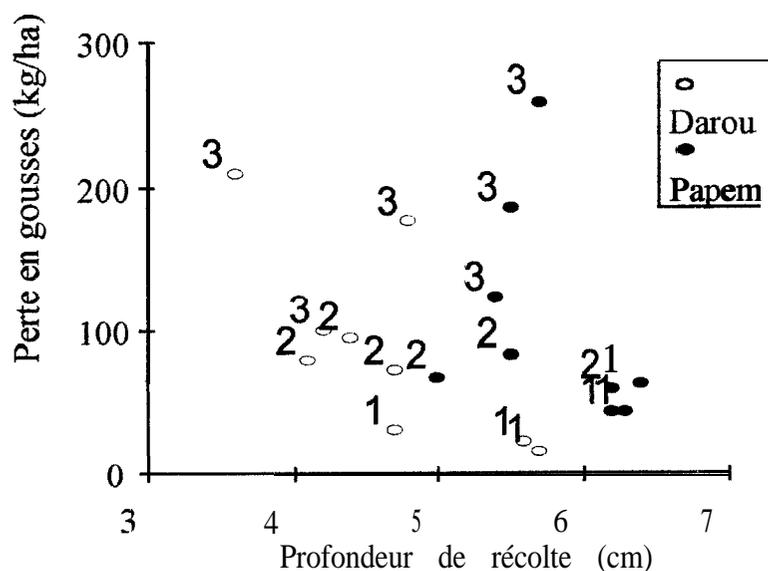


Figure 5.10: Evolution des pertes de rendement en gousses à la récolte en fonction de la profondeur de *récolte*. Le *chiffre* correspond à une date de récolte.

5.4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats indiquent que les pertes de rendement en gousse augmentent significativement **quand** il y a un retard dans l'intervention à la récolte en traction attelée. Par rapport au **rendement-récolte** qui reste inchangé un cours du temps, ces pertes faibles (inférieures **à** 3%) **à** la première date **de** récolte **à** la maturité physiologique, représentent 9% et 12% respectivement au Papem et **à** Darou quand la récolte est faite 30 jours plus tard. Le type de bâti sur lequel est montée la lame souleveuse n'a pas d'effet sur ces pertes.

Nous avons souligné les conditions d'alimentation en eau satisfaisantes de la culture de **l'arachide** au cours de la saison des pluies 1993. Compte tenu du **caractère** indéterminé de la fructification, le **retard** dans l'intervention à la récolte pourrait permettre aux dernières gousses formées d'arriver **à** maturation (Young et al, 1982). Ceci pourrait donc expliquer l'accroissement du nombre de gousses matures par pied. Mais en même temps, en raison **de** la **sénescence**, on provoquerait une fragilisation des pédoncules des premières gousses arrivées **à** maturation (**Annerose,1990**). Dans ces circonstances les risques de rupture de ces pédoncules sont augmentés lors des récoltes tardives.

En culture attelée bovine, ces pertes étudiées au niveau de deux types de sol différents sont liées **à** l'état hydrique de l'horizon O-5 cm concerné lors de la récolte. Le développement de la cohésion du sol en cours de dessèchement augmente l'effort de traction nécessaire pour atteindre une profondeur minimale de récolte permettant de minimiser les pertes. C'est **à** ce niveau que l'influence du type sol devient importante (Charreau et **Nicou**, 1971).

La puissance de traction de la paire de boeuf étant limitée, la profondeur de récolte quand l'horizon de surface est **desséché** est liée **à** l'aptitude du sol **à** prendre en masse.

Pour le site du Papem caractérisé par une texture plus sableuse de la couche de sol de surface, le **développement modéré** de la cohésion du sol est compatible avec l'obtention d'une profondeur de **récolte** plus importante en traction bovine. Cette situation de types de sol est la plus représentative pour la culture de l'arachide dans le bassin arachidier. Pour des conditions pluviométriques de la saison des pluies comparables, les pertes de rendement **à** la récolte résultant d'un retard d'intervention s'expliqueraient plus par une rupture du pédoncule.

En ce qui concerne le site de **Darou**, la profondeur de récolte qui diminue significativement avec le **cessèchement** du sol est **à** relier avec la plus grande aptitude de ce sol **à** prendre en masse. Ceci pourrait être une des causes principales de pertes de rendement en gousse **à** la récolte, En **combinaison** avec l'éventualité d'une rupture du pédoncule due **à** la sénescence, cette faible profondeur de récolte peut entraîner des pertes de rendement plus importantes. La culture de l'arachide sur des sols "lourds" de plateau nécessitent une intervention **à** la récolte dès la maturité physiologique pour une réduction des pertes de rendement en gousses.

CHAPITRE VI

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Dans les conditions de sécheresse, les deux principales composantes du rendement en gousses **étudiées** concernent la densité de population et le nombre de gousses par pied à travers la réussite de la pénétration des gynophores. Dans cette perspective, il est indispensable de bien analyser l'évolution du profil cultural en relation avec les conditions climatiques. En particulier, l'accent doit être mis sur l'état hydrique et physique de l'horizon de surface qui est essentiellement concerné pendant l'implantation, la pénétration des gynophores et la maturation-récolte.

Dans une **première** étape, l'analyse fréquentielle des conditions pluviométriques dans trois sites représentatifs du bassin arachidier a **été** réalisée. S'appuyant sur les données pluviométriques des quatre dernières décennies, ce travail a permis **d'apprécier** les risques de sécheresse, leur distribution **tout** au long du cycle de la culture et principalement lors des stades de l'implantation, de la fructification et de la maturation. La prise de **décision** de semis est faite en utilisant un modèle empirique existant (Annerose, 1990). L'étalement de la date de semis sur une longue période a permis d'introduire la notion de niveau de précocité de la saison des pluies. Cette notion a été adaptée au niveau de chaque site, compte tenu de la longueur du cycle de la variété d'arachide utilisée. La typologie des saisons des pluies effectuées s'est révélée déterminante pour la maîtrise de l'influence de la distribution de la pluviométrie lors de ces trois stades phénologiques. Elle met en évidence un gradient de pluviosité croissant quand on se déplace du nord au sud dans le bassin arachidier.

Lors de l'implantation, les risques d'occurrence d'une longue période de sécheresse seront d'autant élevés que la saison des pluies est précoce. La hauteur plus importante exigée pour semer en cas de saison des pluies précoce permet d'obtenir des conditions **hydriques** dans le lit de semis favorables à la **germination** et à la levée. Mais, la fréquence d'apparition de longue période de sécheresse **après** le semis pose le problème de la survie de la plante et donc du maintien de la densité à la **levée**. En ce qui concerne les saisons des pluies tardives, le semis peut se faire sur une pluie de semis de hauteur minimale. Dans ces circonstances, l'apparition probable d'une courte **période** sans pluie après le semis peut affecter la levée. Sans distinction de la culture ou du type de saison des pluies, **Sivakumar** (1991) dans une analyse fréquentielle des périodes sèches dans le Sahel montre que les 30 premiers jours qui suivent le semis sont les plus affectés par la sécheresse.

Compte tenu de la dynamique du profil cultural, le caractère aléatoire des régimes de pluies mis en évidence au début de cycle rend nécessaire la mise en oeuvre de techniques pour limiter l'évaporation de surface du sol en vue d'assurer une meilleure implantation; ceci quelle que soit l'importance de la pluie de semis.

Durant la phase de fructification de l'arachide, la distribution de la pluviométrie est analysée tant au niveau de la satisfaction des besoins en eau de la plante qu'au niveau de son incidence sur la dynamique de l'**état** hydrique de surface du sol qui régit la **pénétration** des gynophores. Les résultats de l'analyse pour les deux sites de Bambey au centre-nord et Nioro au sud montrent que les saisons des pluies tardives se caractérisent par des conditions d'alimentation hydrique déficitaires qui expliqueraient l'obtention de faibles niveaux de rendement. En ce qui concerne les saisons des pluies précoces et intermédiaires l'offre moyenne journalière observée (de l'ordre de 6 à 7 **mm/j**) permet de satisfaire les besoins en eau (Dancette et **Forest**, 1985). La fréquence des séquences de périodes sèches de durée supérieure à 4 jours est élevée, soit 30 % des cas (Tab.2.13). **Or** Young et al (1982) ont montré qu'après 4 jours successifs sans pluies l'horizon de surface du sol est trop sec pour que la **pénétration** des gynophores puisse se faire. La **vérification** de cette hypothèse dans les conditions du Sahel à partir d'une maîtrise de la cinétique de l'évolution de l'état de surface apparaît nécessaire.

En ce qui concerne la récolte, l'intérêt d'évaluer les pertes de rendement en gousse liées à un retard d'intervention par rapport à la maturité physiologique de la culture est confirmé pour les **saisons** de pluies précoce et intermédiaire. En effet pour ces deux types de saison des pluies, les conditions hydriques de la maturation sont le plus souvent satisfaisantes. Dans le cas de la saison des pluies tardive, l'arrêt des pluies avant le bouclage du cycle affecte le rendement.

L'IMPLANTATION DE L'ARACHIDE EN CONDITION SÈCHE

Réalisée en contre-saison, l'étude de l'implantation en condition sèche a pris en compte trois hauteurs de pluies de semis qui simulent les différents types de saison des pluies identifiées. Par le biais de techniques de sarclages de prélevée, nous avons cherché à voir dans quelle mesure une conservation de l'humidité dans le lit de semences favorable à la germination et à la levée peut être obtenue. Les résultats de ce travail se rapportent à la densité de population à la levée et à la survie des plants dans le stade préfloraison, en relation avec l'état hydrique du sol.

ETAT HYDRIQUE DU SOL EN FONCTION DE LA PLUIE ET DU TYPE DE SARCLAGE DE PRÉLEVÉE

L'importance de la pluie de semis détermine le profil hydrique de départ caractérisé par le front d'humectation, l'humidité volumique par horizon et le stock hydrique. A partir d'un profil sec, la variation de profondeur de front d'humectation est comprise entre 16 cm pour la plus faible pluie de 17 mm et 30 cm pour la pluie la plus importante de 37 mm. Pour l'horizon 0-10 cm, cela correspond à une humidité de départ qui varie entre $0,13 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ et $0,23 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. L'évolution très rapide du stock hydrique au cours des jours qui précèdent la levée est liée à la forte demande évaporative. Le lit de semence est plus affecté au cours de cette évaporation du sol nu. Ce phénomène est d'autant plus important que la hauteur de la pluie de semis est élevée. Un jour après le semis, l'évaporation qu'est de l'ordre de 3 mm/j pour la pluie de semis de 17 mm, est multipliée par trois pour la pluie de 37 mm. La forte relation entre la teneur en eau de surface et l'évaporation du sol en liaison avec la demande évaporative est confirmée dans de nombreux travaux portant sur le bilan hydrique des cultures et réalisés dans la zone (Imbemon, 1979 ; Baret, 1980 ; Cissé et Vachaud, 1987).

Le sarclottage de prélevée permet de diminuer significativement le dessèchement par évaporation du lit de semences par rapport au sarclage traditionnel de prélevée simple à plat (Figure 3.12 à 3.14). L'effet mulch ainsi mis en évidence est en accord avec les travaux de Bristow et al. (1986). Ces auteurs montrent que le travail du sol aussitôt après une pluie importante permet de réduire la continuité de la capillarité de l'épaisseur de la couche de sol travaillée.

Cette évolution rapide du profil hydrique est ralentie à partir du 3^{ème} jour après le semis. L'ETR moyenne journalière est de 0,16 mm/j, 0,28 mm/j et 0,53 mm/j respectivement pour les pluies de semis de 17 mm, 30 mm et 37 mm (figure 3.15).

CONSÉQUENCES SUR LA GERMINATION ET LA LEVÉE

A partir de l'évolution du profil hydrique décrite, l'analyse de la densité à la levée observée est perçue à deux niveaux:

Par rapport à l'importance de la pluie de semis: malgré une évaporation élevée au cours des trois premiers jours qui suivent le semis, la densité à la levée observée est d'autant plus importante que la hauteur de la pluie de semis est élevée. Dans le cas du sarclage traditionnel de prélevée (témoin par exemple) une différence de 23000 plants/ha est obtenue quand la pluie de semis passe de 17 mm à 37 mm.

Par rapport au type de sarclage de prélevée: la différence importante de densité de levée liée à la hauteur de pluie est significativement réduite par le sarclottage de prélevée avec ou sans apport de fumier. Cet effet positif du sarclottage par rapport au sarclage à plat s'explique par l'effet mulch résultant de la butte. Les résultats montrent, pour les pluies de semis de 17 mm et de 30 mm, un effet significatif sur la densité à la levée du sarclottage de prélevée par rapport au sarclage de prélevée simple. A ce niveau, il importe de faire la distinction des effets du sarclottage selon la présence ou non de l'apport de matière organique sous forme de fumier à la base de la butte.

-- En cas de pluie de semis de hauteur minimale, l'effet positif significatif est obtenu avec le sarclottage simple (RB) par rapport au sarclage à plat (RS) pour lequel la densité est de 77000 pieds/ha. Le surplus atteint 20000 pieds/ha.

- Lorsque le semis a lieu après une pluie de 30 mm, l'effet positif significatif par rapport au témoin est observé avec le sarclottage avec enfouissement de fumier.
- Enfin quand la pluie de semis simule une saison des pluies précoce, l'effet du sarclottage sur la levée s'estompe.

Globalement ces résultats traduisent la différence de cinétique d'imbibition des semences et donc un déficit de germination lié au **dessèchement** du lit de semences. Par rapport au témoin, le sarclottage de **prélevée** qui favorise la conservation de l'humidité du lit de semences permet ainsi **d'améliorer** les possibilités pour les semences d'atteindre la teneur en eau critique pour la germination (Bruckler et Bouaziz, 1991).

Quelle que soit la hauteur de la pluie de semis, l'effet du sarclottage de prélevée simple est constant sur la densité à la levée. Par contre, l'effet du sarclottage avec enfouissement (RBF) sur la densité à la levée augmente avec la pluie de semis. La densité à la levée de 90000 **pieds/ha** pour le semis après une pluie 17 mm augmente de 20000 **pieds/ha** quand on **sème** après une pluie de 30 mm. Ce constat permet d'émettre l'hypothèse de l'influence de la matière organique sur la **levée**. A défaut de mesures de teneur en éléments chimiques de la solution de sol au voisinage des semences, l'augmentation sensible de la température à la base de la butte **où** le fumier est localisé constitue un indice important de décomposition de cette matière organique dès sa mise en contact **avec l'humidité** du sol. Dans ces conditions, la différence de densité de levée observée pour RBF entre le semis **après** une pluie de 17 mm et le semis **après** la pluie de 30 mm ou 37 mm pourrait s'expliquer par l'action de la pression osmotique de la manière suivante:

- pour le semis sur la pluie de semis de 17 mm, la teneur en eau relativement faible peut entraîner l'existence d'une forte pression osmotique due à une concentration d'électrolytes produits lors de la décomposition du fumier. Gautreau (1966) a montré l'influence négative des pressions osmotiques élevées sur la germination de l'arachide.
- pour la pluie de 30 mm, une dilution de la concentration des produits de la décomposition du fumier aurait pour effet d'abaisser la pression osmotique de la solution de sol. Dans ce cas, c'est l'effet "starter" de l'azote bénéfique pour la germination comme celui évoqué par Andrews et al (1991) pour le blé qui pourrait expliquer la meilleure densité à la levée. Sur des parcelles **bénéficiant** d'amendement organique, Garin (1988) confirme l'effet positif de semis **après** une **pluie** importante de 32 mm suivi d'une période de sécheresse de plusieurs semaines.

C:ONSÉQUENCE SUR LE DÉVELOPPEMENT VÉGÉTATIF DE PRÉFLORAISON

Au cours d'une sécheresse de début de cycle d'une durée de 30 jours, l'évolution de la matière **sèche** varie essentiellement selon l'importance de la pluie de semis. Si la hauteur de la pluie de semis est inférieure ou égale à 30 mm, une diminution voire même un arrêt de la production de matière sèche sont observables. Ceci se fait indépendamment du type de sarclage.

L'**arrêt** de croissance végétative ou le maintien de la surface foliaire durant le développement d'un stress hydrique permet la réduction des pertes en eau de la plante, qui est un mécanisme important d'adaptation à la sécheresse (Levitt et al., 1960).

Une augmentation de ce rendement de matière sèche est observable quand les réserves en eau utile de départ résultant de la pluie de semis le permettent. Ceci serait le cas pour la pluie de l'ordre 40 mm où la présence de matière organique favorise davantage le rendement en matière sèche. La relation étroite entre l'**évolution** de la production de matière sèche et les réserves en eau utile sont traduites par l'évolution de l'efficacité d'utilisation de l'eau. L'établissement d'un **système** racinaire précoce, d'autant plus dense que les réserves hydriques disponibles sont importantes, confirme cette évolution. L'apport de fumier sous la butte favorise le développement racinaire. Cet effet positif du fumier **sur** l'enracinement est confirmé par de nombreux travaux (Cissé, 1986 ; Chopart, 1994). Toutefois, dans la mesure où il augmente les besoins en eau de la culture, l'apport de fumier peut augmenter la sensibilité de la culture à la sécheresse (Affholder, 1994).

Le contenu relatif en eau de la plante, en tant qu'indicateur du niveau de stress de la plante, n'est pas affecté par le type de sarclage. Sa diminution durant le développement du stress hydrique est liée aux réserves en eau utile dans le sol, et donc à l'importance de la pluie de semis. A une valeur

critique de l'ordre 54% correspond une diminution de la densité à la levée du fait de la mortalité des **plantes** d'au moins 10%. Dans les conditions de l'essai, cette valeur est atteinte avant 30 jours **après** un semis à la suite d'une pluie de hauteur minimale (de l'ordre de 15 mm), et au bout de 45 jours **après** un semis effectué à la suite d'une pluie correspondant à une saison des pluies précoces (de l'ordre de 40 mm).

La diminution de la densité de population en cas de sécheresse prolongée traduit le **dessèchement progressif** du profil lié à la consommation hydrique des cultures. En effet, les taux de mortalité les **plus** élevés sont observés quand la **réserve** utile est consommée (cas du RS et RBF pour la pluie de semis la plus faible). La cinétique de diminution de la **densité** de population au cours du temps est liée à la densité initiale. Du fait de la compétition pour l'eau, plus cette densité initiale est forte et plus importante est la mortalité des plants. Les plus faibles diminutions au cours du temps de la densité de population sont enregistrées pour RB quelle que soit la pluie de semis. En ce qui concerne RBF par contre., la présence du fumier favorise la mortalité des plants quand la pluie de semis est faible. Ce résultat traduit l'effet pervers qu'entraîne l'établissement d'un système racinaire précoce **favorisé** par le fumier en cas de sécheresse.

LA FRUCTIFICATION DE L'ARACHIDE : ETUDE DE LA PENÉTRATION DES GYNOPHORES EN FONCTION DE L'ÉTAT HYDRIQUE ET PHYSIQUE DE SURFACE DU SOL

LE RYTHME D'ÉMISSION DES GYNOPHORES EN FONCTION DES CONDITIONS D'ALIMENTATION EN EAU DE L'ARACHIDE

Suivant les modalités d'application de la sécheresse au cours du développement de la variété **73-33**, l'émission des gynophores est différemment affectée. Les résultats obtenus indiquent que l'émission des gynophores, malgré la variabilité constatée, est plus sensible à la **sécheresse** qui intervient dans la phase de la fructification. Compte tenu de la relation étroite entre la production de fleurs et celle des gynophores, l'émission de ces gynophores pouvant donner des gousses matures en **fin** de cycle est pratiquement arrêtée si la sécheresse dure plus de 15 jours.

Dans le cas de la sécheresse précoce, l'absence d'observation au cours du cycle des gynophores ne permet de se prononcer sur l'évolution du rythme d'émission. Toutefois, l'évolution de la floraison (figure **4.4b**), de même que le nombre de gynophores observé en fin de cycle (Tableau 4.7) incitent à émettre l'hypothèse d'un effet faiblement dépressif de la sécheresse précoce sur le rythme d'émission des gynophores. Des résultats en accord avec cette hypothèse ont été obtenus par **Turk** et al (1980).

De nombreux travaux ont identifié la phase de formation et de remplissage des gousses de l'arachide comme étant la période la plus sensible à la sécheresse (Billaz et **Ochs**, 1962, Stansell et **Palias**, 1979, Rao et al, 1985, Gautreau, 1982). En ce qui concerne le rythme d'émission des gynophores, notre étude permet de faire les précisions complémentaires suivantes:

En fonction des conditions d'alimentation en eau, le rythme journalier d'émission de gynophores est variable (Figure 4.5):

Quand l'alimentation en eau est optimale (**T1**), le rythme d'émission des gynophores présente un pic au **cours** de la période 50-65 jas où en moyenne trois gynophores par jours sont émis. L'émission terminée vers 80 jas permet d'émettre l'**hypothèse** d'une maturation homogène en fin de cycle.

Si la sécheresse de début de fructification est de durée modérée (**T3**), l'émission journalière des **gynophores** est réduite de moitié environ par rapport à **T1** pendant la période 50-65 jas. La levée du stress entraîne un rallongement de la période de production de gynophores au-delà de 80 jas. En conséquence, les risques d'observer une maturation non homogène des gousses sont augmentés.

Dans le cas d'une sécheresse de début de fructification de durée plus longue, l'émission des gynophores étant arrêtée vers 65 jas, la production de gousses matures en fin de cycle devient impossible (Tableau 4.9).

La conséquence principale d'une sécheresse intervenant au début de la fructification serait de réduire le nombre de gousses par pied **comme** l'ont **suggéré** Bhagsari et al. (1976), Pandey et al (1984), et Annerose (1990)..

LA PÉNÉTRATION DES GYNOPHORES EN FONCTION DE L'ÉTAT HYDRIQUE ET PHYSIQUE DE SURFACE DU SOL

L'éventualité d'une production limitée de gousses par pieds du fait d'un état de surface défavorable est analysée. Pour ce faire, les traitements T1 et T3 présentant une évolution contrastée et une situation agronomique réaliste et probable ont été choisis. Le contrôle **nécessaire** de l'état de surface a **été** obtenu en isolant la zone racinaire en profondeur et la zone de surface concernée par la fructification.

La cinétique de dessèchement après humectation de l'horizon de surface indique une variation de la teneur en eau pondérale allant de 0.10 à 0.01 g/g en 16 jours.

La **pénétration** des gynophores a été observée **jusqu'à** un seuil critique de teneur en eau de 0.025 g/g. Ceci correspond dans les conditions de l'expérimentation à un dessèchement de la surface du sol d'une durée de 8 à 9 jours. L'effet de la sécheresse en début de fructification sur la pénétration de ces gynophores n'a pas été mis en évidence.

Pour une teneur en eau donnée, la résistance du sol à la pénétration est fortement **influencée** par la densité apparente du sol (Fig.4.4). La valeur de teneur en eau pondérale critique correspond à des **valeurs** de résistance du sol à la pénétration égales à **0,9 MPa** et **3,5 MPa** respectivement pour des valeurs de densité apparentes de **1,5** et **1,6**.

Ces résultats appuient l'hypothèse énoncée d'une la réduction du nombre de gousses liée aux **conditions** hydrique et physique de surface (Cox, 1962 ; Underwood et al., 1971). Pour une réussite de la pénétration du gynophore dans le sol, Boote et al (1976) indiquent que la durée de dessèchement de l'horizon de surface doit être inférieure ou égale à 4 jours. La différence observée par rapport à notre travail pourrait s'expliquer par des conditions expérimentales différentes : le type de sol et la cinétique de **dessèchement** du sol. Il est possible qu'en condition de plein champs, la teneur en eau critique puisse être atteinte plus rapidement qu'en conditions contrôlées. Cela est d'autant plus vraisemblable que l'absence de racines dans les 15 cm de surface contribue à réduire la vitesse de dessèchement.

Par ailleurs, la teneur en eau pondérale au **cours** du **dessèchement** de surface dans les loges est déterminée pour l'horizon 0-5 cm. Or, la pénétration du gynophore concerne une couche de sol plus mince. Par conséquent, la teneur en critique mentionnée pourrait surestimer la valeur réelle.

PERTES DE RENDEMENTS À LA RÉCOLTE

Les résultats indiquent que les pertes de rendement en gousses augmentent significativement quand il y a un retard dans l'intervention à la récolte en traction attelée. Par rapport au **rendement-récolte** qui reste inchangé au **cours** du temps, ces pertes faibles (inférieures à 3%) à la première date de récolte à la maturité physiologique, représentent 9% et 12% respectivement au Papem et à **Darou** quand la récolte est faite 30 jours plus tard. Le type de **bâti** sur lequel est montée la lame souleveuse n'a pas d'effet sur ces pertes.

Nous avons souligné les conditions d'alimentation en eau satisfaisantes de la culture de l'arachide au **cours** de la saison des pluies 1993. Compte tenu du caractère indéterminé de la fructification, le retard dans l'intervention à la récolte pourrait permettre aux dernières gousses formées d'arriver à maturation (Young et al, 1982). Ceci pourrait donc expliquer l'accroissement du nombre de gousses **matures** par pied. Mais en même temps, en raison de la sénescence, on provoquerait une

fragilisation des pédoncules des premières gousses arrivées à maturation (Annerose, 1990). Dans ces circonstances les risques de rupture de ces pédoncules sont augmentés lors des récoltes tardives.

En culture attelée bovine, ces pertes étudiées au niveau de deux types de sol différents sont liées à l'état hydrique de l'horizon O-5 cm concerné lors de la récolte. Le développement de la cohésion du sol en cours de dessèchement augmente l'effort de traction **nécessaire** pour atteindre une profondeur minimale de récolte **permettant** de minimiser les pertes. C'est à ce niveau que l'influence du type sol devient importante (Charreau et **Nicou**, 1971).

La puissance de traction de la paire de boeuf étant limitée, la profondeur de récolte quand l'horizon de surface est desséché est **liée à** l'aptitude du sol à développer une cohésion.

Pour le site du Papem caractérisé par une texture plus sableuse de la couche de sol de surface, le développement modéré de la cohésion du sol est compatible avec l'obtention d'une profondeur de récolte plus importante en traction bovine. Cette situation de types de sol est la plus représentative pour la culture de l'arachide dans le bassin arachidier. Pour des conditions **pluviométriques** de la **saison** des pluies comparables, les pertes de rendement à la récolte résultant d'un retard d'intervention s'expliqueraient plus par une rupture du pédoncule.

En ce qui concerne le site de **Darou**, la profondeur de récolte qui diminue significativement avec le dessèchement du sol **est** à relier avec la plus grande aptitude de ce sol à prendre en masse. Ceci pourrait être une des causes principales de pertes de rendement en gousse à la récolte. En combinaison avec l'éventualité d'une rupture du pédoncule due à la sénescence, cette faible profondeur de récolte peut entraîner un niveau de pertes de rendement plus important. La culture de l'arachide sur des sols "lourds" de plateau nécessite une intervention à la récolte dès la maturité physiologique pour une **réduction** des pertes de rendement en gousses.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBERGEL J., CARBONEL JP., GROUZIS M. (1985) : Sécheresse au Sahel: incidence sur les ressources en eau et les productions **végétales**. *Veille Climatique Satellitaire*, **7,29p**.
- ALLEN L. H., BOOTE K.J., HAMMOND L.C. (1976) : Peanut stomatal diffusion **resistance affected** by **soil** water and **solar** radiation. *Proc. Soil and Crop Sci. Soc. Fia.* 35, 42-46.
- ALLMARAS R.R., BURWELL R.E., **LARSON** W.E., HOLTZ R.F. (1966) : Total porosity and random roughness of the interrow zone as **influenced** by tillage. USDA-ARS Conservation Research Report **No.7, pp15**
- AMIR J. (1968) : A study on the reproductive stage of the groundnut, **Arachis** hypogaea, L. The **Volcani Institute** of Agric. Research, Bet **Danan, Israel**, 334-338.
- ANDREWS M., **SCOTT** W.R., MCKENZIE .B.A (1991) : Nitrate **effects** on pre-emergence growth and **emergence** percentage of wheat (**Triticum** aestivum L.) from different sowing depths. *J. Exp. Bot.*, 42 : 1449-1454.
- ANGE A. (1991) : Gestion de la fertilité des sols et stratégies de mise en valeur des ressources naturelles. Exemple du mil dans les **systèmes** de culture du sud du bassin arachidier sénégalais. In : *Terres de savanes, terres fertiles ?* (:Actes du séminaire de Montpellier, Décembre 1990). CIRAD-CA **Publ.**, 2550.
- ANGE A., BRUYERE V. (1986) : Analyse de la gestion de l'espace par une communauté villageoise au Sud **Sine-Saloum**, Sénégal. **CIRAD-IRAT**, Montpellier, 47 p.
- ANNEROSE** D.J.M. (1985) : Réponses d'une variété d'arachide soumise à des sécheresses d'intensité croissante durant différentes phases de son cycle. **Doc.ISRA/CNRA** Bambey, 41 p.
- ANNEROSE** D.J.M. (1990) : Recherches sur les **mécanismes** physiologiques d'adaptation à la sécheresse. Application au ms de l'arachide (**Arachis hypogaea** L.) cultivée au Sénégal. Thèse de doctorat sci. nat., Paris VII, 200 p.
- PRNDT W. (1965) : The nature of the mechanical impedance to seedlings by surface seals. *Aust. J. Soil Res.* **45-54**.
- PSHLEY J.M. (1984) : Groundnut. In : Goldsworthy P.R. and Fisher N.M.(Eds), *The physiology of tropical field crops*. John Wiley & Sons Ltd., London. pp 453-494.
- EARET** F. (1980) : Caractérisation hydrodynamique d'un sol de la région de Nioro du Rip. **ISRA/CNRA**, 18 p.
- BENOIT-CATTIN M (1986). Les unités expérimentales du Sénégal. **CIRAD**, Montpellier, 500 p.
- BERTRAND R. (1972) : **Morphopédologie** et orientations culturales des régions soudaniennes du Sine-Saloum (Sénégal). *Agron. Trop.*, vol. XXVII, n° 11 : 1115-1190.
- EIHAGSARI A.S., BROWN R.H., SCHEPERS J.S. (1976) : **Effect** of moisture stress on photosynthesis and related physiological **characteristics** in peanut. *Crop Sci.* 16 : 712-715.
- BILLAZ** R. (1962) Comparaison de quatre variétés d'arachides pour leur résistance à la sécheresse. *Oléagineux*, 17 : **35-39**.
- BILLAZ** R., OCHS, R. (1961). Stades de sensibilité de l'arachide à la sécheresse. *Oléagineux* 16 : 605-611.
- BIRD** J.B. (1948) : **America's** oldest farmers. *Natural History* (New York) 57 : **296-303**, 334-335.

- BLONDEL D. (1965) : Premiers éléments sur l'influence de la densité apparente du sol sur la croissance racinaire de l'arachide et du sorgho. Ses conséquences sur les rendements Coll. sur la Cons. et l'Amélior. de la Fert. des Sols, Khartoum (8-12 Nov 1965), OAU/STRC. 173-1 81.
- BOCKELEEE-MORVAN A. (1986) : L'arachide : ses perspectives. AGRITROP, **10**, 83-90.
- BOIFFIN J. (1984) : La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèses de doctorat, Paris INA-PG, 320 p.
- BOIFFIN J., BRUCKLER L., AUBRY C. (1983) : **Rôle** des propriétés physiques du lit de semence sur l'imbibition et la germination. III. Valeur **prévisionnelle** d'un modèle d'imbibition au champ et caractérisation des lits de semence. Agronomie 3 (**4**), **291-302**.
- BOIVIN P. (1991) : Caractérisation physique des sols sulfates acides de la vallée de **Katouré** (Basse casamance, Sénégal). Etude de la variabilité spatiale et relation avec les caractéristiques **pédologiques**. Editions de l'ORSTOM. Collections Etudes et Thèses. 226 p.
- BOOTE K.J., VARNELL R.J., DUNCAN W.G. (1976) : Relationships of **size**, osmotic concentration and sugar concentration of peanut pods to **soil** water. Proceedings Soil and Crop Science Society of Florida, 35 :**47-50**.
- BOOTE K.J., STANSELL J.R., SCHUBERT A.M., STONE J.F. (1982) : Irrigation, water use, and water relations. In : "Peanut Science and Technology", **Pattee** H.E. et Young C.T. (eds). Am. Peanut Res. & Ed. **Soc., Yoakum**, Texas, 165205.
- BOOTE, K.J. (1982) : Growth stages of peanut (**Arachis** hypogaea L.). Peanut Sci. 9 : **35-40**.
- BOUAZIZ A., BRUCKLER L. (1989) : Modeling of wheat imbibition and germination as **influenced** by **soil** physical properties. Soil Sci. Soc. Am. J., 53 : **219-227**.
- BOUFFIL F. (1951) : Biologie, écologie et sélection de l'arachide au Sénégal. Bull. scient. Minist Colon. Fr. Outre Mer **Sect. tech.** Agric. trop., 111 p.
- BOYER J. (1982) : Les sols ferrallitiques. Tome **X.Facteurs** de fertilité et utilisation des sols. Initiation. Documentations techniques n° 52, 384 p.
- BRAUDEAU** E. (1988a) : Equation généralisée des courbes de retrait d'échantillon de sol structures, C.R. Acad. Sci. Paris, t307, **Série II**, p.**1731-1734**.
- BRAUDEAU** E. (1988b) : Essai de caractérisation quantitative de l'état structural d'un sol basé sur l'étude de la courbe de retrait. C.R. Acad. Sci. Paris, t307, **Série II**, p.**1933-1936**.
- BRAUDEAU E., BRUAND A. 1993 : Determination of the **clay** shrinkage **curve** using the shrinkage of the undisturbed **soil** sample. Application to a **soil sequence** in ivory Coast. CR Acad. Paris, T. 316, p.685682.
- BRISTOW** ET AL (1986) : Simulation of heat and moisture transfer through a surface **residue-soil** system. Agric. For. Meteorol., 36 :**193-214**.
- BRUCKLER** L. (1983) : **Rôle** des propriétés physiques du lit de semences sur l'imbibition et la germination. I. Elaboration d'un modèle du système terre-graine. Agronomie 3 (3) : 213-222.
- BRUCKLER** L., BOUAZIZ A. (1991) : La germination des semences en conditions **sèches**. **Sécheress**, 2 : 239-249.
- CAHANER** A, ASHRI A. (1974) : Vegetative and reproductive development of virginia-type peanut varieties under different stand densities. Crop Sci. 14 : 412-416.

- CHAPMAN S.C., LUDLOW M.M., **BLAMEY** F.P.C., FISCHE:R K.S. (1992) : Effect of drought **during early** reproductive development on growth of **cultivars** of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). II. Biomass production, pod development and yield. Field Crops Research, 32 : 211-225. Elsevier Science **Publishers** B.V. Amsterdam.
- CHARREAU C., VIDAL P. (1965) : Influence de l'acacia *albida* Del. sur le sol, la nutrition minérale et les rendements des mils pennisetum au Sénégal. In Agro. n° 20, **620-625**.
- CHARREAU C., **NICOU** R. (1971) : L'amélioration du profil **cultural** dans les sols sableux et **sablo-argileux** de la zone tropicale **sèche** ouest-africaine et ses incidences agronomiques. Bulletin Agronomique N° 23.254 p.
- CHOPART J.L. (1980) : Etude au champ des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal (Arachide-Mil-Sorgho-Riz pluvial). Thèse de **doct.** I.N.P. Toulouse, 162 p.
- CHOPART J.L. (1994) : Techniques de gestion du sol et alimentation hydriques des cultures annuelles tropicales. Etude coordonnée des effets du labour, de l'engrais et du fumier dans cinq pays d'Afrique tropicale **sèche** et sub-humide. Rapport **final** de projet du Réseau CORAF-R3S. 57 P.
- CISSE L. (1986) : Etude des effets d'apports de matière organique sur les bilans hydriques et minéraux et la production de mil et d'arachide sur sol sableux dégradés du centre-nord du Sénégal. **Thèse** de **doct.** ingénieur, **INPL/NANCY**, 184 p.
- CISSE L., **VACHAUD** G. (1987) : Effet d'un amendement organique sur l'infiltration, les coefficients de transferts hydriques, et l'évaporation d'un sol dégradé du **nor-Sénégal**. Hydrol. continent., 2 (1) : 15-28.
- CEEMAT (1975) : Manuel de culture attelée avec traction animale. Techniques rurales en Afrique. Ministère de la Coopération, 335 p.
- COX F.R., MARTIN C.K. (1974) : Effect of temperature on time from planting to flowering in **virginia**-type peanuts (*Arachis hypogaea* L.). Peanut Sci. 1 : 86-90.
- DANCETTE** C. (1978) : Estimation des chances de réussite de trois types d'arachide (90, **105** et 120 jours) à partir de l'analyse pluviométrique. programme **Brunet** Moret (ORSTOM). Cas de Bambey. **ISRA/CNRA**, Bambey, Sénégal, 16 p.
- DANCETTE** C. (1983a) : Estimation des besoins en eau des principales cultures en zone **soudano-sahélienne**. **L'Agronomie** Tropicale, 38 (4) : 281-294.
- DANCETTE** C., **FOREST F.**(1986) : Alimentation en eau de l'arachide en zone tropicale semi-aride. In : Agrometeorology of groundnut. Proceedings of the International Symposium, ICRISAT Sahelian Center, Niamey (Niger), **21-26** August **1985**, **69-81**.
- DANCETTE** C., **POULAIN** J.F. (1968) : Influence de l'acacia albida sur les facteurs **pédoclimatiques** et les rendements des cultures. **IRAT/CNRA** Bambey.
- DELECAUX** D. (1987) : Effets des températures fraîches sur la germination des graines de quatre cultivars **d'Arachis** hypogaea L. Oléagineux, 42 (5) : 197-205.
- DE RAISSAC M.**(1992) : Mécanisme d'adaptation à la sécheresse et maintien de la productivité des plantes cultivées. **L'Agronomie** Tropicale, 46-1 : 29-39
- DUCREUX** A. (1984) : Caractérisation mécanique des sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche de l'Afrique de l'**Ouest**. Etude d'un prototype d'outil permettant de les travailler en période sèche. Thèse de doctorat sci. agron., USTL Montpellier, 134 p.

- DUNCAN W.G., Mc CLOUD D.E., Mc GRAW R.L., BOOTE K.J. (1978) : Physiological aspects of peanut improvement. *Crop Sci.*, 18, n° 6, 10151020.
- ENYI B.A.C. (1977) : Physiology of grain yield in groundnuts (**arachis** hypogaea). **Expl. Agric.**, 13 :101-110.
- FAYE A., NIANG L., **SARR** D.Y., THIAM A. (1985) : Etude monographique de la communauté rurale de Thyssé-Kaymor. **ISRA**, Dakar (Sénégal), 100 p.
- FENNECH J., PAPY F. (1977) : Conditions de réussite de la levée en climat méditerranéen. Cas du des cultures de céréales en sec au Nord du Maroc. *Ann. Agron.*, 28 (**6**), 599-635.
- FOREST F.**(1984) : Simulation du bilan hydrique des cultures pluviales. Modèle **BIP4**. **IRAT-DEVE**, Montpellier, 30 p.
- FORTANIER E.J. (1957) : Control of flowering in **Arachis** hypogaea L. *Meded. Handbou.* Wageningen 57, H 16.
- GARIN** P. (1989) : Phytotechnie arachide à Sob, village du Sine en 1988. **IRSA/CIRAD**, Kaolack, **23p** + annexe.
- GARIN P., FAYE A., **LERICOLLAIS** A., CISSOKHO M. (1990) : Evolution du rôle du bétail dans la gestion de la fertilité des terroirs **sereer** au Sénégal. *Les Cahiers de la Recherche Développement* n° 26 : 65-84.
- GAUTREAU J. (1966) : Recherches variétales sur la résistances à la sécheresse. **Oléagineux**, 21 (**7**) : **441-444**.
- GAUTREAU J. (1978) : Niveaux de potentiels foliaires intervenétaux et adaptation de l'arachide à la sécheresse au Sénégal. *Oléagineux* 32 :**323-332**.
- GIRARD, X (1987) : Modélisation des effets climatiques sur la production d'arachide au Sénégal. Mémoire de **DEA** de Biologie végétale tropicale. Université Paris VI.
- GOLDIN** E, **HAR-TZOOK** A. (1966) : Observation on the flowering and reproduction of groundnut (**Arachis** hypogaea L.) in Israel. *Israel J. agric. Res.* 16 :**3-9**.
- GUERIF** J. (1990) : Conséquences de l'état structural sur les propriétés et les comportements physiques et mécaniques. In : La structure du sol et son évolution, Laon (France), 9 Janvier 1990 Ed. **INRA**, Paris 1990 (Les Colloques de l'INRA, n° 53). **pp.71-89**.
- HADAS** A, **RUSSO** D. (1974) : Water uptake by seeds as **affected** by water stress, **capillarity conductivity** and **seed-soil** water contact. I. Experimental study. *Agron. J.*, vol. 66, 643-647.
- HAMMONDS** L.C., **BOOTE** K.J., **VARNALL** R.J., **ROBERTSON** W.K. (1978) : Water use and yield of peanuts on a well drained **sandy soil**. *Proc. Amer. Peanut Res. Educ. Soc.* **10:73**.
- HAMMONS R.O.**(1968) : Origin and early history of the peanut. In : "Peanut Science and Technology", Pattee H.E. et Young C.T. (eds). *Am. Peanut Res. & Ed. Soc., Yoakum, Texas*, 1-20.
- HAVARD M. (1987) : Le parc de matériels de culture attelée et les possibilités de maintenance dans dans le département de Fatick : résultats d'enquêtes. **ISRA**, **doc.** de travail 87-6.
- HENRY Y. (1907) : Rapport agricole pour l'année 1906. Services d'Agriculture. Stations Agron. et **cult.** Productions naturelles exploitées. Produits susceptibles d'exploitations. Inspection de l'Agriculture, Gouvernement général de l'**AOF**. Augustin Challamel, Editeur. 310 p.

- IMBERNON J (1979) : Dynamique de l'eau et variabilité spatiale du sol. Note interne, CNRA Bambey, Sénégal, 28 p.
- IL'INA A.I.(1958) : Definition of **périods** of high sensitivity of peanut plants to soil moisture. Sov. Plant Physiol. **50** : 253-258.
- JIJNCKER E., SENE M. (1990) : Comparaison de plusieurs dents pour le travail du sol en sec en traction bovine. ISRA, Kaolack, Sénégal, 27 p.
- KETRING D.L. (1984a) ; Root distribution among genotypes. Crop Sci. 24: 229-232.
- KETRING D.L., BROWN R.H., SULLIVAN G.A., JOHNSON **B.B.(1982b)** : Growth physiology. In : "Peanut Science and Technology", Pattee H.E. et Young C.T. (eds). Am. Peanut Res. & Ed. **Soc., Yoakum**, Texas, 41 1-457.
- KHALFAOUI J.L (1988) : Approche de l'amélioration génétique de l'adaptation **à** la sécheresse des **especes** cultivés en zones semi-arides. Application au cas de l'arachide (**Arachis hypogaea** L.) destinée **à** la région sèche du Sénégal. **Thèse** de doctorat. Université d'Orsay. 297 p.
- KHALFAOUI J.L.B., **ANNEROSE** D. (1986) : Création variétale adaptée aux contraintes **pluviométriques** des zones semi-arides. In : Agrometeorology of groundnut. Proceedings of the International Symposium, ICRISAT Sahelian Center, Niamey (Niger), 21-26 **August** 1985, 127-134.
- LEE T.A., KETRING D.L., POWELL R.D. (1972) : Flowering and growth response of peanut (**Arachis hypogaea** L. var. **Starr**) at two levels of relative humidity. Plant physiology, 49, n° 3, 190-193.
- LENKA J.D., MISRA P.K. (1973) : Response of groundnut (**Arachis hypogaea**) to irrigation. Ind. J. Agron. 18 :49-2497.
- LEONG S.K., ONG C.K. (1983) : The **influence** of temperature and **soil** water **deficit** on the development and morphology of groundnut (**Arachis hypogaea** L.). J. Exp. Bot., Vol. 34, No. 144, 1551-1561.
- LERICOLLAIS A. (1988)** : La gestion du paysage ? Sahélisation, surexploitation et **délaissements** des terroirs sereer au Sénégal. Séminaire : La dégradation des paysages en Afrique de l'ouest, Dakar **21-26/1 1/1988**. ORSTOM.
- LEVITT J, SULLIVAN C.Y, KRULL E. (1960)** : Some problems in drought **resistance**. Bull. Res. Court. **Israel**, 80: 173-1 80.
- L.HOSTE P. (1986) : L'association agriculture-élevage, évolution du système agropastoral au Sine Saloum (Sénégal). Thèse de doctorat sci. agro.,INA-PG, 284 p.
- LIN H.C., CHEN C.C., LIN C.Y. (1963) : Study of drought **resistance** in the virginia and spanish types of peanut. J. Agric. **Assoc.** China, 43 : **40-51**.
- MAERTENS C. (1964) : La résistance mécanique des sols **à** la pénétration : ses effets et son influence sur l'enracinement. Ann. **Agron.**, 15 :**539-554**.
- MAPANGUI **A.(1992)** : Etude de l'organisation et du comportement des sols ferrallitiques argileux de la vallée du **Niari** (Congo). Conséquences sur l'évolution physique sous culture de manioc en mécanisé depuis 15 **ans**.**Thèse** de **doct.** de **l'Univ.** de P. et M. CURIE. 228 p.
- MATLOCK R.S., GARTON J.E., STONE J.F. (1961) : Peanut irrigation **studies** in Oklahoma, **1956-1959**. Oklahoma A.E.S. Bull. B-580.

- MEISNER, C. A. (1990) : Peanut roots, shoot, and yield under water **stress**. **Ph.D.**, University of Georgia. 113 p.
- METOCHIS C. (1993) : Inigation of groundnut (**Arachis hypogaea**) grown in a Mediterranean environment. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 121 : 343-346.
- MICHEL P. (1973) : Les bassins des fleuves **Sénégal** et Gambie. Etude géomorphologique (tome 1). **Coll. Mémoires ORSTOM, n° 63**, 365 p.
- MONTENEZ J.** (1957) : **Recrches** expérimentales sur l'écologie se la germination chez l'arachide. Bruxelles :Ministère des colonies, 124 p.
- MORANT **P.**(1991) : Caractérisation de la fragilité **écologique** et des potentialités agronomiques de la région de Hounde au Burkina Faso. **Thèse de doct. INPL**, 168 p.
- NAGESWARA RAO.R.C., SINGH S., SIVAKUMAR M.V.K., SRIVASTAVA K.L., WILLIAMS J.H. (1985) : Effect of water deficit at different growth phases of peanut. 1. Yield responses. *Agron. J.*, 77: 782-786.
- NAGESWARA **RAO** H.R.C., WILLIAM J.H., SIVAKUMAR M.V.K., WADIA K.D.R. (1988) : Effect of water deficit at different growth phases of peanut. II. Response to drought **during** preflowering phase. *Agron. J.* 80 : 431-438
- NICOU R.**, CHARREAU C., CHOPART J.L. (1993) : **Tillage** and soil physical properties in **semi-arid** West **Africa**. *Soil and tillage Research*, 27 : 125-147.
- ONO Y.**, **NAKAYAMA.K.**, **KUBOTA.M.** (1974) : **Effects** of soil temperature and soil moisture in podding zone and pod development of peanuts plants. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* 43 : 247-251.
- FALLAS J.E.**, STANSELL J.R., KOSKE T.J. (1979) : **Effects** of drought on florunner peanuts. *Agron. J.* 71 : 853-858.
- FANDEY R.K.**, HERRERA W.A.T., PENDLETON J.W. (1984a) : Drought response of grain legumes under irrigation gradient : I. Yield and yield components. *Agron. J.* 76 : 549-552.
- PANDEY R.K., HERRERA W.A.T., VILLEGAS A.N., PENDLETON J.W. (1984c) : Drought response of grain legumes under irrigation gradient : III. Plant growth. *Agron. J.* 76 : **557-560**.
- PELLISSIER **P.**(1966) : Les paysans du Sénégal. Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance. Saint-Yrieix : **Impmerie** Fabrègue, 940 p.
- PEREZ P.**(1994) : **Génèse** du ruissellement sur les sols cultivés du sud Saloum (Sénégal). Du diagnostic à l'aménagement de la parcelle. Thèse de doctorat, ENSAM, 252 p.
- PIERI C.** (1989) : Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. **CIRAD-IRAT**, Montpellier, 444 p.
- PIERI. C** (1969) : Etude **pédologique** de la région de Niorodu-Rip. **IRAT-CNRA**, Bambey Sénégal, 131 p.
- PREVOT P., OLLAGNIER **M.**, GILLIER P. (1960) : Résistance de l'arachide à la sécheresse **C.R.Acad. de l'Agric.**, 211-218.
- RICHARD G., GUERIF J. (1988a) : Modélisation des transferts gazeux dans le lit de semence : application au diagnostic des conditions d'hypoxie des semences de betterave sucrière (*Beta vulgaris L.*) pendant la germination. **I.Présentation** du modèle. *Agronomie*, 8 (6), 539-547.

- RICHARD G., GUERIF J. (1988b) : Modélisation des transferts gazeux dans le lit de semence : application au diagnostic des conditions d'hypoxie des semences de betterave sucrière (*Beta vulgaris* L.) pendant la germination. II. Résultats des simulations modèle. *Agronomie*, 8 (7), 639-646.
- ROBERTSON W.K., HAMMOND L.C., JOHNSON J.T., BOOTE K.J. (1980). **Effects** of plant-water stress on root distribution of corn, soybeans, and peanuts in **sandy** soil. *Agron. J.* 72 : 548-550.
- ROCHESTER E.W., BACKMAN P.A., YOUNG S.C., HAMMOND J.M (1978). Irrigation **policies** for peanut production. *Alabama Agric. Exp. Sta. Cir.* 241, 15 p.
- RUELLE P., SENE M., JUNCKER E., DIATTA M., PERE2 P. (1990) : **Défense** et restauration des sols. **ISRA/CIRAD**, coll. Fiches Techniques, **Unival** Dakar, 6 fiches + photos.
- SANDERS T.H., SCHUBERT A.M., **PATTEE** A.H. (1982) : Maturity methodology and postharvest physiology. In : "Peant Science and Technology", **Pattee** H.E. et Young C.T. (eds). *Am. Peanut Res. & Ed. Soc.*, Yoakum, Texas, 624-654.
- SMITH, B.W. (1954) : **Arachis hypogaea**. Reproductive efficiency. *Amer. J. of Bot.* 41 : 607-616
- SENE M.** (1989) : Quelques caractéristiques de l'enracinement de l'arachide dans le sud-est du bassin arachidier du Sénégal. **Doc.** interne ISRA Kaolack, 20 p.
- SENE M., GARIN **P.**(1990) : Le travail à la dent sur sol gravillonnaire au Sénégal. In : Starkey P.H. and Faye A. (Eds.). *Animal traction for agriculture development. Proceedings of the third workshop of the WAATN*, July 7-12 1988, Saly, Sénégal : 218-223.
- SENE M., PERE2 P. (1994) : Contraintes et possibilités de valorisation des ressources naturelles dans le sud du bassin arachidier (Sine-Saloum, Sénégal). In : Reyniers F.N., Netoyo L. (Eds), *Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique Tropicale (Actes du séminaire international de Bamako, Décembre 1991)*. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext Ed., Montrouge, 217-234.
- SHEN YU-JUN.**, AN KE (1988) : Effet du contrôle de la croissance des gynophores pendant le **début** de la floraison de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.). *Oléagineux*, Vol. 43, n° 3, 127-133.
- SHIBUYA T.** (1935) : Morphological and physiological studies on fructification of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Mem. Fac. Sci. Taihoku imp. Univ.* 17, 1-120.
- SKELTON B.J., SHEAR G.M. (1971) : Calcium translocation in the peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Agron. J.* 63 : 409-412
- SIVAKUMAR M.V.K.** (1991) : Durée et fréquence des périodes sèches en Afrique de l'ouest. *Bulletin de recherche* n° 13, ICRISAT, 181 p.
- SOUTY N.**, RODE C. (1994) : La levée des plantules au champ : un problème de mécanique ? *Sécheresse* n° 1, vol. 5, 13-21.
- STENGEL P. (1979) : **Utilisation** de l'analyse des **systèmes** de **porosité** pour la caractérisation de l'état physique du sol **in situ**. *Ann. agron.*, 30 (1), 27-51.
- SU K.C.**, LU P.C (1963) : The **effect** of time of irrigation and amount of **water** irrigated on peanut yield. *J. Agric. Assoc. China*, 41 : 43-51.
- TAYLOR H.M., RATLIFF L.F. (1969) : Root elongation rates of **cotton** and peanut as a **function** of soil strength and **soil** water content. *Soil Sci.*, 108 : 113-119.

- TOURTE R., BAUR S. (1966) : Note sur un test de résistance à la sécheresse de l'arachide. Oléagineux, n° 7, 445-447.
- TURK K.J., HALL A.E., ASBELL C.W. (1980c). Drought adaptation of cowpea. II. **Influence** of drought on plant water **status** and relations with **seed** yield. Agron. J., 72 : 421-427.
- UNDERWOOD C.V., TAYLOR H.M., HOVELAND C.S. (1971) : Soil physical **factors** affecting peanut pod development. Agron. J. 63 : 953-954.
- UNGER P.W. (1984) : Tillage **effects** on surface **soil** physical conditions and sorghum **emergence**. Soil Sci. Soc. Am. J., vol 48 : 1423-1432.
- UNGER P.W., MUSICK J.T. (1990). Ridge **tillage** for managing irrigation water on the U.S. Southern Great Plains. Soil Tillage Res. 18 : 267-282
- VALET S. (1985) : Notice explicative de la carte d'occupation comparative des sols en 1970 et 1983. Région de Thyssé Kaymor (Sine Saloum, Sénégal). CIRAD-CA, Montpellier, 52 p.
- VENEMA L.B. (1978) : The Wolof of Saloum : Social structure and rural development in Senegal. **Dep.** of rural sociology of the Tropics, Agric. Univ, Wageningen, The Netherlands. Agric. Research Report 871.228 p.
- WOOD I.M.W. (1968) : The **effect** of temperature at early flowering on the growth and development of peanuts (*Arachis hypogaea*). **Aust.** J. Agric. Res. 19 : 241-251.
- WYNNE J.C., EMERY D.A., DOWNS R.J. (1973) : Photoperiodic responses of peanuts. Crop Sci. 13 : 511-514.
- YARBROUGH J.A. (1949) : *Arachis hypogaea*. The seedling, its **cotyledons**, hypocotyl, and **roots**. Amer. J. Bot. 36, 758-772.
- YOUNG H.J., PERSON N.K., DONALD J.O, MAYFIELD W.D. (1982) : **Harvesting, curing** and energy **utilization**. In : "Peaunt Science and Technology", Pattee **H.E.** et Young C.T. (eds). Am. Peanut Res. & Ed. Soc., Yoakum, Texas, 458-485.

LISTE DES FIGURES

- Figure 1.1 : Evolution de la production de l'arachide au Sénégal
- Figure 1.2 : Le Bassin Arachidier au Sénégal.
- Figure 1.3 Esquisse morphopédologique d'une toposéquence dans le sud Saloum. (Source : Bertrand, 1972)
- Figure 1.4 : Distribution comparée de pluies annuelles et de rendements en arachide dans la région de Kaolack (Nioro). (Sources : *Statistiques agricoles du Ministère de l'Agriculture. Communication personnelle Schilling et Dimanche (CIRAD)*).
- Figure 1.5 : Comparaison entre les pluies et la demande climatique (ETP Penman) décennales à Nioro entre 1983 et 1987. (Source : *Dacosta, 1992*).
- Figure 1.6 : Evolution des conditions pluviométriques au Sénégal de 1951 à 1985. (*D'après le service de Bioclimatologie de l'ISRA*).
- Figure 1.7 : Distribution de la matière sèche et développement reproductif de l'arachide en fonction des différents stades (*D'après Boote et al., 1982*). [pegs = gynophores ; pods = gousses].
- Figure 1.8 : Rendements relatifs de l'arachide en fonction du nombre de Jours Après Semis (jas). (*D'après Young et al., 1982*).
- Figure 1.9 : Carte variétale de l'arachide au Sénégal. (*D'après Khalfaoui (1988) citée par Annerose, 1990*).
- Figure 1.10 : Potentiel de l'eau de la semence en fonction de sa teneur en eau (cas du maïs). (*D'après Bruckler et al., 1991*).
- Figure 1.11 : Cinétique d'imbibition de la semence en phase liquide et gazeuse à potentiel nul. Cas du maïs. (*D'après Bruckler et al., 1991*).
- Figure 1.12: Cinétique d'imbibition observée pour des semences de maïs placées à différentes profondeurs dans le sol en voie de dessèchement. (*D'après Bruckler et al., 1991*).
- Figure 1.13 : Rôles du milieu sur l'imbibition et la germination des semences en conditions sèches. Les techniques culturales, le climat et le sol interviennent simultanément pour déterminer l'humidité au contact des semences. (*D'après Bruckler et Bouaziz, 1997*).
- Figure 1.14 : Rôle du milieu physique sur les composantes du rendement de l'arachide.
- Figure 2.1 : Répartition de la durée de la période sans pluie depuis le semis
- Figure 2.2 : Fréquence des séquences de jours successifs sans pluie au cours de la période sensible. Site de Bambey et Nioro. a) : pour toute la période 1950 à 1991, et b) en distinguant la période humide de la période sèche.
- Figure 3.1 : Variation décennale de la moyenne de la température, de l'humidité relative et de l'ETP. Moyenne des saisons des pluies 1990-1992.
- Figure 3.2 : Variation décennale de la moyenne de la température, de l'humidité relative et de l'ETP au cours de l'essai. Janvier à Avril 1993.
- Figure 3.3 : Plan du dispositif expérimental.
- Figure 3.4 : Courbes de retrait des horizons 0-15 cm et 15-35 cm caractérisant la structure du sol.
- Figure 3.5 : Relation entre la teneur en eau du sol et le potentiel hydrique dans le profil en évaporation naturelle. (*D'après Baret, 1980*).

- Figure 3.6 : Relation entre le potentiel hydrique et l'humidité pondérale pour l'horizon 0-10 cm.
- Figure 3.7 : Evolution de l'évaporation après humectation du profil en saison sèche. (D'après Baret et al., 1980).
- Figure 3.8 : Schéma représentant le prélèvement de terre utilisé pour la détermination de l'humidité du soi
- Figure 3.9 : Front d'humectation au cours du temps. Niro, 1993.
- Figure 3.10 : Evolution de la teneur en eau. Horizon 2-4 cm.
- Figure 3.11 : Evolution de l'humidité volumique. Horizon 4-10 cm.
- Figure 3.12 : Evolution du profil hydrique en fonction du type de sarclage. Pluie de semis de 17 mm (P1).
- Figure 3.13 : Evolution du profil hydrique en fonction du type de sarclage. Pluie de semis de 30 mm (P2).
- Figure 3.14 : Evolution du profil hydrique en fonction du type de sarclage. Pluie de semis de 37 mm (P3).
- Figure 3.15 : Evolution du stock hydrique en fonction du type de sarclage pour chaque pluie de semis.
- Figure 3.16 : Evaporation du sol nu au cours de la germination-levée.
- Figure 3.17 : Relation entre l'humidité volumique de surface (0-10 cm) et l'ETR avant la levée de l'arachide.
- Figure 3.18 : Effet du sarclage sur la température maximale à différentes profondeurs en rapport avec la température de l'air.
- Figure 3.19 : Température et humidité du sol à 5 cm de profondeur en fonction du type de sarclage
- Figure 3.20 : Température et humidité du sol à la base de la butte pour les sarclo-buttages.
- Figure 3.21 : Evolution de la densité de population en fonction du type de sarclage pour chaque pluie de semis.
- Figure 3.22 : Masse sèche produite en fonction du type de sarclage pour chaque pluie de semis à 14 et 30 jours après le semis.
- Figure 3.23 : Evolution du contenu relatif en eau de la plante en fonction du type de sarclage.
- Figure 3.24 : Densité à la levée et humidité volumique dans le lit de semence à 6 jours après le semis en fonction des traitements. Horizon 4-10 cm a), horizon 2-4 cm b), et horizon 0-2 cm c).
- Figure 3.25 : Densité à la levée et humidité volumique dans le lit de semence à 3 jours après semis en fonction des traitements. Horizon 0-2 cm a), et horizon 2-4 cm b).
- Figure 3.26 a, b, c : Diminution relative de la densité de population en fonction de l'humidité du sol.
- Figure 3.27 : Contenu relatif en eau de la plante et l'humidité volumique de la couche la plus humide dans le profil.
- Figure 4.1 : Schéma du dispositif de l'essai relatif à l'analyse du rythme des gynophores de l'arachide en fonction de l'alimentation en eau.
- Figure 4.2 : Teneur en eau pondérale du sol dans le tube à différentes dates de récolte.

- Figure 4.3 : Contenu relatif en eau en fonction de l'alimentation en eau.
- Figure 4.4 a : Evolution du nombre moyen de feuilles par pied en fonction de l'alimentation en eau
- Figure 4.4 b : Evolution du nombre moyen de fleurs émises par pied en fonction de l'alimentation en eau.
- Figure 4.5 : Rythme journalier d'émission de gynophores.
- Figure 4.6 : Nombre de fleurs produites par gynophore émis au cours du temps en fonction de l'alimentation en eau.
- Figure 4.7 : Nombre de gynophores produits par gousse formée.
- Figure 4.8 : Comparaison des conditions climatiques entre la serre et le milieu ambiant. a): Température et b) Humidité relative.
- Figure 4.9 : Schéma de l'aménagement au niveau d'un tube des loges représentant chacune un état de surface pour la pénétration des gynophores.
- Figure 4.10 a : Courbe de dessèchement de surface sur 5 cm du sol pour T1 et T3 après humectation.
- Figure 4.10 b : Courbe moyenne de dessèchement sur 5 cm des loges au cours du temps après leur humectation.
- Figure 4.11 : Evolution de la résistance du sol à la pénétration en fonction de la teneur en eau pondérale et de la densité apparente.
- Figure 4.12 : Observation de la pénétration des gynophores par rapport à la date de semis.
- Figure 4.13 : Relation entre la teneur en eau de surface du sol et le taux de pénétration des gynophores.
- Figure 4.14 : Relation entre la résistance à la pénétration de l'horizon de surface du sol et le taux de pénétration des gynophores. a) densité apparente = 1,5; b) densité apparente = 1,6.
- Figure 5.1 : Schéma de présentation des facteurs de variation des pertes de rendements en gousses à la récolte.
- Figure 5.2 : Courbes comparées en fonction du temps de l'évaporation cumulée et du développement de la cohésion de l'horizon 0-20 cm. (D'après Charreau et Nicou, 1977).
- Figure 5.3 : Courbe caractéristiques du potentiel hydrique en fonction de la teneur en eau pour l'horizon 0-10 cm de surface du sol pour les deux sites (Papem et Darou).
- Figure 5.4 : Schéma du type de bâti et de la lame souleveuse en traction animale.
- Figure 5.5 : Schéma du dispositif de l'essai relatif à l'analyse des pertes de rendement en gousses à la récolte.
- Figure 5.6 : Distribution de la pluviométrie par décade au niveau des deux sites au cours de la saison des pluies 1993. Pour chaque mois, les décades sont désignées respectivement par dec1, dec2 et dec3.
- Figure 5.7 : Distribution de la pluviométrie de fin de cycle en rapport avec les dates de récolte pour les deux sites.
- Figure 5.8 a : Relation entre la teneur en eau pondérale et la profondeur de récolte. Les chiffres 1, 2 et 3 représentent respectivement les premières, deuxièmes et troisièmes dates de récolte.

Figure 5.8 b : Relation entre la teneur en eau pondérale et l'effort de traction de la paire de boeufs lors de la **récolte**.

Figure 5.8 c : Relation entre l'effort de traction et la profondeur de récolte.

Figure 5.9 : Perte relative de rendement en gousse (%) en fonction de la date de récolte pour les sites du Papem et de **Darou**.

Figure 5.10 : Evolution des pertes de rendement en gousses à la récolte *en* fonction de la profondeur de récolte.

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1.1 : Rôle de la séquence climatique et des techniques de semis sur la cinétique de germination. Cas du blé. (D'après Bouaziz et Bruckler, 1989).
- Tableau 2.1 : Facteurs de détermination de la pluie de semis pour trois sites représentatifs du bassin arachidier. (D'après Annerose, 1990).
- Tableau 2.2 : Type de saison de pluies
- Tableau 2.3 : Localisation des sites et statistiques sur la pluviométrie des 4 dernières décennies.
- Tableau 2.4 : Récapitulatif des statistiques sur la pluviométrie des trois sites les deux périodes avant et après l'apparition de la sécheresse.
- Tableau 2.5 : Répartition de la pluie en début de saison des pluies pour toute la période 1950-1991
- Tableau 2.6 : Répartition de la pluie en début de cycle en distinguant la période humide (1950-1967) et la période sèche (1968-1991)
- Tableau 2.7 : Répartition des semis en fonction du type de saison des pluies pour toute la période 1950-1991.
- Tableau 2.8 : Répartition des semis en fonction du type de saison des pluies. Distinction de la période humide (1950-1967) et de la période sèche (1968-1991).
- Tableau 2.9 : Relations entre le type de saison des pluies et les variables décrivant la pluviométrie de début de cycle de la culture.
- Tableau 2.10 : Durée des périodes sèches après le semis sur une pluie minimale (Psem inférieure ou égale à 20 mm).
- Tableau 2.11 : Fréquence des situations de conditions pluviométriques limitantes en début de cycle.
- Tableau 2.12 : Distribution de la pluviométrie au cours de la fructification.
- Tableau 2.13 : Répartition du nombre total des jours sans pluie en séquences dans la phase sensible pour la fructification. Période 1950-1991 à Bambey et Nioro.
- Tableau 2.14 : Relations entre le type de saison des pluies et les variables décrivant la pluviométrie au cours de la fructification.
- Tableau 2.15 : Distribution des pluies par rapport aux trois dates de récoltes. Période 1950-1991.
- Tableau 2.16 : Distribution des pluies par rapport aux trois dates de récolte. Distinction de la période humide (1950-1967) et de la période sèche (1968-1991).
- Tableau 2.17 : Relation entre le type de saison des pluies et les conditions pluviométriques de la récolte de l'arachide.
- Tableau 2.18 : Durée de la période sans précipitation précédant la récolte.
- Tableau 3.1 : Caractéristiques texturales du site de Nioro. LF = Limons fins; LG = Limons grossiers; SF = Sables fins; SG = Sables grossiers.
- Tableau 3.2 : Méthodes d'analyse physico-chimique pour la caractérisation du site de l'essai.
- Tableau 3.3 : Caractéristiques chimiques du sol du site d'expérimentation. S : somme des bases échangeables; S/T : taux de saturation des bases.
- Tableau 3.4 : Caractéristiques de l'irrigation pour chaque série.

Tableau 3.5 : Modelé de surface résultant des sarclages de prélevée.

Tableau 3.6 : Masse volumique du site d'essai.

Tableau 3.7 : Estimation des paramètres de la relation entre conductivité hydraulique et teneur en eau des horizons des surface du site d'essai. (*D'après Baret, 1980*).

Tableau 3.8 : Stock moyen d'eau dans le profil à la fin de la saison des pluies sur le site d'implantation de l'essai (12 répétitions pour chaque horizon).

Tableau 3.9 : Variation de la profondeur de semis.

Tableau 3.10 : Diminution du stock hydrique au cours des 3 premiers jours après semis.

Tableau 3.11 : Cumul de l'évaporation en sol nu avant la levée (0-6 jas).

Tableau 3.12 : Evapotranspiration totale sur la période 0-42 jas.

Tableau 3.13 : Densité de peuplement à la levée en fonction de la hauteur de pluie de pluie de semis et du type de sarclage de prélevée. ** : Effet significatif au seuil de 1 %; ns : Effet non significatif au seuil de 5 %; DL : Degrés de liberté; F = Statistique de Fischer.

Tableau 3.14 : Densité de peuplement à la levée en fonction du type de sarclage de prélevée. Les lettres **différentes** indiquent des moyennes significativement différentes au seuil de 5 %.

Tableau 3.15 : Pourcentage de la levée par rapport à l'optimum en fonction du type de sarclage de prélevée.

Tableau 3.16 : Taux de mortalité des plantes d'arachide lors de la sécheresse de début de cycle.

Tableau 3.17 : Poids secs racinaires de l'arachide à 14 jours en fonction du type de sarclage pour les semis sur les pluies de 17 mm et de 37 mm.

Tableau 3.18 : Evolution du CRE moyen en fonction de la hauteur de la pluie de semis.

Tableau 3.19 : Contenu relatif en eau de la plante et mortalité des plantes au cours du temps pour les 3 pluies de semis.

Tableau 3.20 : Variation des valeurs moyennes de la teneur en eau (H_v en cm^3/cm^3) et du potentiel hydrique (h en hPa) en surface lors de la germination et la levée.

Tableau 3.21 : Matière sèche (MS) et ETR suivant les traitements appliqués.

Tableau 3.22 : Efficience d'utilisation de l'eau par la culture.

Tableau 3.23 : Variation entre le stock hydrique dans le sol et CRE. nd = non déterminé.

Tableau 4.1 : Description des six traitements d'alimentation en eau

Tableau 4.2 : Volume d'eau d'irrigation apporté tous les trois jours.

Tableau 4.3 : Cumul d'eau d'irrigation aux dates de récoltes.

Tableau 4.4 : Evolution de la densité apparente en fonction du traitement.

Tableau 4.5 : Variation du front d'humectation (en cm) en fonction de l'alimentation en eau aux différentes dates de récolte.

Tableau 4.6 : Stock résiduel (en mm)aux dates de récolte.

Tableau 4.7 : Nombre de gynophores et alimentation en eau.

Tableau 4.8 : Poids de matières sèches. (MSA = Matière sèche aérienne ; MSR = Matière sèche racinaire).

Tableau 4.9 : Rendement moyen de gousses par pied à 105 jas et alimentation en eau. NGT = Nombre de gousses total, NGM = Nombre de gousses matures, PG = Poids des gousses (en g).

Tableau 4.10 : Apport d'eau d'irrigation en mm en fonction de la modalité d'alimentation de la plante.

Tableau 4.11 : Etats de surface de la zone de fructification pendant la pénétration des gynophores. (Esi = état de surface du traitement i).

Tableau 4.12 : Valeurs moyennes (6 répétitions) de la densité apparente de surface dans les loges au moment de la pénétration des gynophores.

Tableau 4.13 : Variation de la résistance à la pénétration du sol (RP) en fonction du potentiel hydrique (h) et de la teneur en eau pondérale (Hp) de l'horizon O-5 cm de surface du sol pour chacune des deux valeurs de densité apparente (Da).

Tableau 4.14 : Le CRE en fonction de l'alimentation en eau durant la pénétration des gynophores.

Tableau 4.15 : Production moyenne par pied à 75 jas de matières sèche aériennes (MSA), et racinaire (MSR) en fonction de l'alimentation en eau. FH est le front d'humectation moyen atteint dans les tubes.

Tableau 4.16 : Répartition du nombre total d'observations de pénétration de gynophores NGPO en fonction de la durée entre l'humectation de la loge et l'observation de leur pénétration (DHP). T1 et T3 représentent respectivement les modalités d'alimentation en eau optimale et stressée.

Tableau 4.17 : Répartition des gynophores suivis en fonction de la durée entre les dates d'humectation des loges et d'observation de la pénétration (DHP). NGPO = nombre de pénétrations observées de gynophores; NPR = nombre de pénétrations réussies de gynophores; TxP = taux de pénétration.

Tableau 4.18 : Pénétration des gynophores en période de stress hydrique (T3).

Tableau 4.19 : Pénétration des gynophores et caractéristiques physiques de l'état de surface, RP1 = résistance à la pénétration pour Da = 1,5; RP2 = résistance à la pénétration pour Da = 1,6.

Tableau 5.1 : Caractéristiques pédologiques des sites (Source : Bertrand, 1972).

Tableau 5.2 : Texture de l'horizon O-10 cm de surface.

Tableau 5.3 : Descriptif des dates de récolte.

Tableau 5.4 : Valeur de la teneur en eau pondérale (Hp en $g/g \times 10^{-2}$) et la densité apparente (Da) pour les couches de sol O-5 cm et 5-15 cm et pour les deux sites. d1 et d3 sont respectivement les première, deuxième, et troisième dates de récolte.

Tableau 5.5 : Effet de la date de récolte et du type de bâti sur les variables décrivant l'opération de soulèvement en traction bovine au Papem et à Darou. d1 d2 et d3 sont respectivement les première, deuxième, et troisième dates de récolte. Ar et HS sont respectivement le bâti Ariana et le bâti Houe Sine. Les nombres affectés d'une lettre différente sont significativement différents au seuil de 5 %.

Tableau 5.6 : Effet de la date de récolte et du type de bâti sur les rendements récolte en gousses et les pertes de rendement en gousses. Bâti Ariana = Ar; bâti Houe Sine = HS. Les nombres affectés d'une lettre différente sont significativement différents au seuil de 5 %.

...

ANNEXES



Caractérisation structurale par la méthode rétractométrique

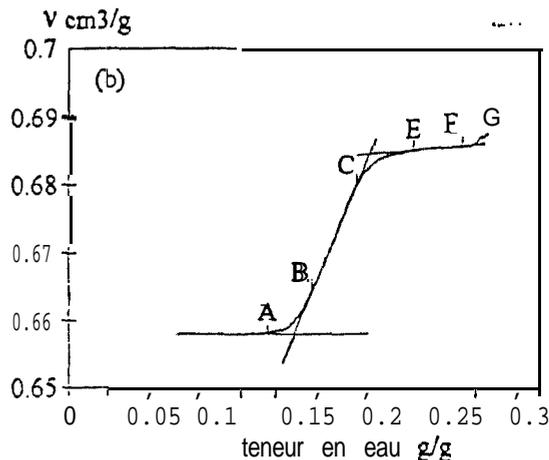
Sur les sols tropicaux, Braudeau (1988) a développé une méthode rétractométrique de l'analyse structurale. Celle-ci a été mise en œuvre dans un certain nombre d'études (Boivin, 1991; Mapangui, 1992; Col euille, 1993). En ce qui concerne ce travail, la méthode est utilisée pour la caractérisation structurale du site d'essai de Niore.

Les concepts et la méthode étant développés par ailleurs (Braudeau, 1994), seul un rappel succinct est fait dans ce présent mémoire.

1) Courbe de retrait et paramètres pédohydriques d'un

La courbe de retrait permet de suivre la variation de volume ou la modification de l'espace poral d'un échantillon de sol non remanié, placé à saturation dans une enceinte thermostatée au cours de son dessèchement. Elle est obtenue à l'aide d'un appareillage utilisant des capteurs de déplacement et de pression d'eau, permettant des mesures automatiques et en continu. Le retrait de l'échantillon est mesuré avec une résolution de l'ordre du micromètre.

Cette courbe caractérisée par des points significatifs A, B, C, E, et F a fait l'objet d'une modélisation basée sur des hypothèses conceptuelles permettant la définition des « paramètres pédohydriques » (Braudeau, 1988).



Exemple de courbe de retrait calculée à l'aide du rétractomètre montrant les points significatifs A, B, C, E, F. (d'après Bruand et al. 1990).

2) Rappels théoriques

-- Les hypothèses

Trois hypothèses sous-tendent l'établissement de modèle de retrait structural.

- (i) dans le sol, il existe un système poral microscopique constituant l'un des volumes fonctionnels responsables du retrait global de l'échantillon. Le point B de la courbe de retrait marquant la transition entre les deux phases de retrait normal et résiduel est le point d'entrée d'air.
- (ii) la microporosité totale de l'échantillon correspond exactement à la porosité du système poral microscopique (V_{mi}) et la teneur en eau θ_B de l'échantillon au point d'entrée d'air B : $V_{mi} = \theta_B$.
- (iii) le volume global de l'échantillon est une fonction linéaire de ses volumes fonctionnels, soit le volume microporal V_{mi} et la teneur en eau macroporale θ_a . Cette relation s'exprime sous la forme:

$$dV = K_1 c! V_{mi} + K_2 d\theta_m / \rho_w \quad (1)$$

K_1 et K_2 sont les pentes respectives des phases linéaire C-B et F-E.

Définitions des points significatifs des phases de retrait

Point A: limite de retrait; c'est le point où le volume de l'échantillon cesse de diminuer

Point B: point d'entrée d'air dans la phase microporale, ou plasma

Point C: point de vidange de la macroporosité à partir duquel la teneur en eau de la phase macroporale est nulle lors du dessèchement

Point E: point où la phase microporale commence à participer au dessèchement de l'échantillon, c'est-à-dire le point à partir duquel la teneur en eau de la phase microporale diminue.

En partant de la saturation, l'interprétation de la courbe de retrait tenant compte des points définis ci-dessus est la suivante:

- de la saturation jusqu'à E : le dessèchement de l'échantillon qui se produit sans que la teneur en eau des agrégats ne varie, concerne la vidange de l'eau des macropores. La pente de la phase linéaire E-F permet de caractériser la stabilité structurale. Ainsi, par exemple, si la porosité inter-agrégats est stable, cette pente est nulle.
- partie E-C de la courbe : le dessèchement de l'échantillon concerne l'eau contenue dans les agrégats, mais il reste de l'eau dans la macroporosité jusqu'au point C. Il y a coexistence de la rétraction de la microporosité et de la macroporosité. Au point C, la teneur en eau de la phase macroporale est nulle, contrairement à la phase microporale qui reste saturée.
- de C à B : seule la phase microporale participe au dessèchement, l'entrée d'air ne se faisant qu'au point B. La phase étant saturée, toute réduction de la teneur en eau s'accompagne d'une réduction de volume. La pente K_1 de la phase linéaire C-B est un paramètre de quantification du comportement structural du sol. Ainsi :
 $K_1 = 1$, le volume des agrégats est stable
 $K_1 > 1$, le volume macroporal (espace inter-agrégat) a tendance à s'effondrer, donc à causer une prise en masse du sol lors de son dessèchement
 $K_1 < 1$, la diminution du volume des agrégats qui se rétractent s'accompagne d'une augmentation de volume macroporal.
- de B à A : en raison de l'entrée d'air dans la phase microporale, le retrait est de plus en plus réduit avant de s'annuler.

Calcul des porosités (V_i) et de teneurs en eau spécifiques (w_i) associées

Il est fait à partir de l'équation de base (1), le tableau étant tiré de Boivin (1991). Les constantes de retrait d'échantillon de sol non remanié K_1 et K_2 respectivement pour les phases B-C et E-F sont données par les équations ci-après:

$$K_1 = (V_C \cdot V_B) \cdot (w_C \cdot w_B)^{-1}$$

$$K_2 = (V_F \cdot V_E) \cdot (w_F \cdot w_E)^{-1}$$

Par ailleurs si on pose x comme étant la fraction de l'eau qui s'évapore de l'échantillon provoquant le retrait des systèmes, on peut écrire: $dV_{mi} = xdw$.

Ainsi les valeurs de x et w_n dans chaque phase obtenues par intégration sont résumées au tabl. 1.

Tableau 1 : Valeurs de x et w_n dans chaque phase de retrait

Phase	F-E	E-C	C-B	B-A
x	0	$(e'' - 1) \cdot (e \cdot 1)^{-1}$	1	$(e'' - 1) \cdot (e - 1)^{-1}$
w_f		$(w \cdot w_E) \cdot (w_C \cdot w_E)^{-1}$		$(w \cdot w_A) \cdot (w_B \cdot w_A)^{-1}$

Les volumes poraux des phases sont calculés comme suit:

-Phase B-A: $V_n = (V \cdot V_A) \cdot (V_B - V_A) = (e'' \cdot w_n - 1) \cdot (e \cdot 2)^{-1}$

-Phase E-C: $V_n = (V \cdot V_E) \cdot (V_C \cdot V_E) = [K_1(e'' \cdot w_n \cdot 1) + K_2(e \cdot w_n \cdot e^{wn} + 1)] \cdot [K_1(e \cdot 2) + K_2]^{-1}$

-Utilisation du modèle

La détermination des grandeurs V_A , w_A , w_B , w_C , w_E , K_1 , K_2 , et V , (volume massique de la phase solide) permet de calculer pour toute teneur en eau w , tout les volumes structuraux de l'échantillon. Ces derniers sont V_P , V_{mi} , V_{ma} qui sont respectivement les porosités totale, microscopique et macroscopique. De même, on détermine la séparation de l'eau et de l'air dans cet échantillon.

Les applications du modèle de retrait structural proposées par Braudeau (1988) sont les suivantes :

- caractérisation quantitative de l'état structural du sol
- définition et mesures associées de la notion d'agrégats fonctionnels
- cadre explicatif, spécifiquement pédologique, aux notions empiriques de réserves en eau et tests hydriques particuliers, utilisées en agronomie pour évaluer les potentialités d'alimentation en eau des plantes par le sol.

Annexe 4.1

T1 : Alimentation en eau optimale.

ES_i : Etat de surface du i^{ème} trait. correspondant à une durée donnée de dessèchement (jours) depuis humectation de la loge

NGT = Nombre total de gynophores identifiés ; NGS = Nombre de gynophores suivis

NGPO = Nombre de pénétrations de gynophore observés

NGPR = Nombre de pénétrations réussies de gynophores

TxP = Taux de pénétration ; DHP = durée (j) entre l'humectation de la loge et l'observation de la pénétration

Trait.	Rép	NGT	NGS	NGPO	NGPR	TxP	DHP
ES1	1	3	2	2	2	1	1
	2	2	1	1	1	1	1
	3	6	3	3	3	1	1
	4	9	2	2	2	1	1
	5	1	1	1	1	1	0
	6	3	1	1	1	1	1
ES2	1	0	0	0	0	-	2
	2	5	2	2	2	1	2
	3	7	2	2	2	1	2
	4	3	1	1	1	1	2
	5	1	1	1	1	1	2
	6	8	3	3	3	1	2
ES3	1	1	1	1	1	1	4
	2	3	2	2	2	1	4
	3	8	3	3	3	1	8
	4	6	3	3	3	1	9
	5	1	1	1	1	1	5
	6	10	3	3	3	1	7
ES4	1	5	1	1	1	1	9
	2	7	1	1	1	1	8
	3	6	2	1	1	0.5	9
	4	4	3	3	1	0.33	10
	5	3	2	2	1	0.5	9
	6	9	4	3	3	1	8
ES5	1	2	1	1	0	0	11
	2	8	3	3	0	0	14
	3	8	2	2	0	0	14
	4	6	3	3	0	0	15
	5	6	2	2	1	0.5	9
	6	15	4	4	0	0	14
	Total	156	60	59	41		- - -

Annexe 4.2

1'3 : Sécheresse de 20 j à partir du 45ème jas.

NGT = Nombre total de gynophores identifiés ; NGS = Nombre de gynophores suivis

NGPO = Nombre de pénétrations de gynophore observés

NGPR = Nombre de pénétrations réussies de gynophores

TxP = Taux de pénétration ; DHP = durée (j) entre l'humectation de la loge et l'observation de la pénétration

Trait.	Rép	NGT	NGS	NGPO	N G P R	TxP	D H P'
ES1	1	6	2	2	2	1	1
	2	5	3	3	3	1	1
	3	7	3	3	3	1	1
	4	4	2	2	2	1	1
	5	4	2	2	2	1	0
	6	3	2	2	2	1	1
ES2	1	3	2	2	2	1	2
	2	2	1	1	1	1	2
	3	5	2	2	2	1	2
	4	6	2	2	2	1	3
	5	3	1	1	1	1	3
	6	2	2	2	2	1	7
ES3	1	4	1	1	1	1	5
	2	5	2	2	2	1	5
	3	3	1	1	0	0	14
	4	4	3	3	3	1	6
	5	5	2	2	2	1	5
	6	4	4	4	4	1	5
ES4	1	4	3	3	3	1	9
	2	4	4	4	3	0.75	9
	3	3	2	2	1	0.5	9
	4	4	4	4	2	0.5	10
	5	3	2	2	2	1	6
	6	0	0	0	0	-	-
ES5	1	4	4	4	0	0	14
	2	1	1	1	0	0	14
	3	2	2	2	0	0	14
	4	2	1	1	0	0	15
	5	3	1	1	0	0	14
	6	5	2	2	0	0	14
	Total	110	63	63	47		

En ce qui concerne les saisons des pluies tardives, le semis peut se faire sur une pluie de semis de hauteur minimale. Dans ces circonstances, l'apparition probable d'une courte période sans pluie après le semis peut affecter la levée.

Résumé

Dans les conditions de pluviométries **incertaines** du Sahel, outre les risques induits par une sécheresse lors de la **phase** d'implantation, la nature souterraine de la fructification de l'**arachide confère à l'état** physique des couches de surface du sol un **rôle** déterminant dans la réussite de la **fructification** et de la maturation-récolte.

L'**analyse fréquentielle** des pluies et des périodes sèches a pu démontrer l'étroite relation entre la **précocité** de la saison des pluies et la distribution **des** périodes sèches dans le cycle **cultural**.

L'**analyse** de l'incidence de la sécheresse sur la germination, la levée et le comportement de la **plantule** a été réalisée pour différentes hauteurs de pluie de semis. Comparé au sarclage de prélevée traditionnel **à plat**, le sarclage de **prélevée** avec ou sans enfouissement de fumier permet de conserver l'humidité du lit de semences. Cet effet est d'autant plus bénéfique sur la densité **à la levée** que **la** pluie de semis est faible. Le sarclage de **prélevée** favorise aussi la survie des **plantules**.

Un stress hydrique en début de fructification active, en plus de la diminution **sensible du rythme d'émission** des gynophores qu'il occasionne, augmente le risque d'occurrence d'une maturation non **homogène** des gousses en fin de **cycle**. La pénétration dans le sol des gynophores est étroitement liée à l'**état** hydrique et mécanique de la surface du sol. L'étude met en évidence des valeurs seuils de teneur en eau et de résistance **à** la pénétration **de** la surface du sol.

Les **pertes** de rendement en gousses sont d'autant plus importantes que la récolte est tardive. Avec la fin de la saison des pluies, l'augmentation de la prise en masse des horizons superficiels limite le **volume** de sol concerné par la soulevage et donc **la quantité** de gousses récoltées.

Mots-clefs Arachide - Sénégal - Composantes du rendement - Sécheresse - Implantation de la culture - Pénétration du gynophore - Etat hydrique et mécanique du sol - Techniques **culturales**.