

CR000521

1497

12 NOV. 1997



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE;

-----t-m-----

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'AGRICULTURE

DÉPARTEMENT PRODUCTIONS VÉGÉTALES

CENTRE D'ÉTUDE RÉGIONAL POUR
L'AMÉLIORATION DE L'ADAPTATION
À LA SÉCHERESSE

**BILAN HYDRIQUE ET ÉVALUATION DE LA
PRODUCTION AGRICOLE CHEZ TROIS
VARIÉTÉS D'IGNAME - HARICOT
(*PACHYRHIZUS EROSUS* (L.) URBAN)**

∴

MEMOIRE PRESENTE POUR L'OBTENTION DU

DIPLÔME D'INGÉNIEUR AGRONOME

SPECIALISATION : **PRODUCTIONS VÉGÉTALES**

PAR

M. Omar Ndaw FAYE

SOUTENU LE 19 NOVEMBRE 1997 DEVANT LE

JURY : M. Moussa FALL, Directeur de l'ENSA, Président

M. Aliou COLY, Directeur des Etudes, ENSA

Dr Saliou NDIAYE, Chef de Département, ENSA

Dr Macoumba DIOUF, Directeur de Stage, CERAAS

Dr Nicholas DIALLO, Enseignant-chercheur, UCAD

M. Cheikh Tidiane LÔ, Inspecteur de l'Agriculture

DEDICACES

Je rends grâce à DIEU pour nous avoir donné la santé nécessaire pour réaliser ce document que je dédie à :

• ma très chère mère : NDEYE NDAW et mon père ABDOU

pour les sacrifices qu'ils ont consenti pour notre éducation

• à mes soeurs ADAMA et CODOU DIOP FAYE

• ma chérie ANTA NDIAYE née Mme FAYE

-SERIGNE DIOP et Madame

- Dr Macoumba Diouf CERAAS

REMERCIEMENTS

Je voudrais profiter de cette opportunité pour exprimer mes remerciements à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce document.

• Mes remerciements vont

• d'abord au Directeur de L'ENSA à travers lui tout le corps enseignants et

l'ensemble du personnel et particulièrement à Dr Saliou Ndiaye, aux techniciens de labo Jules et Hyacinthe pour leur disponibilité et leurs conseils et suggestions

• au CERAAS qui m'a confié ce travail ainsi qu'à tout le personnel : chercheurs informaticiennes, secrétaires, techniciens et ouvriers agricoles.

• à mon père Khory pour ses conseils ainsi qu'à tous mes frères et sœurs pour leur convivialité

• à toute la famille Sock de Thiès particulièrement à mon très cher ami Elhadji et ma sœur Ndeye Sokhna Sylla Ndjèguène.

• à mes frères : Tède depuis Alger, Pape, ainsi que mes sœurs Ndeye, Maty et Awa

• à ma tante « BADJENE » Fatou pour son soutien moral et financier

• à toute la famille Mbodj, Sène, Faye, Cissé, Barro et Dièye de Bambey

• à ma tante Thiama et mon père Banda depuis Diourbel.

• à mes copains d'enfance : Thialan, Mara et madame, Bings, Basse, Pape, Demba depuis Guinée, Adams, ma chérie Bigué, Sidi et Yace depuis AHDIS à travers eux tout le personnel

à Dieynaba

Je suis également reconnaissant à tous les ouvriers agricoles qui m'ont beaucoup aidé à l'exécution des travaux de terrain

Je remercie aussi tout le personnel de la cuisine de l'ENSA ; Alboury, Assane, Bouba et ma chérie Adjil Diagne.

En fin je réserve des remerciements très sincères à toute la promotion sortante, à mes frères et sœurs étudiants Tounkara, Cheickh, Amadou, Sarr, Tapha, Sidi, Mbow, Thiām, Diaw, mon infirmière et sœur Djigueul, Aminata, Oumy, Bocoum pour leur convivialité.

LISTE DES TABLEAUX

<u>TABLEAU 1</u> : LES DIFFERENTS STADES DE DEVELOPPEMENT DES TUBERIFERES <i>IN GRUM</i> (1990)	11
<u>TABLEAU 2</u> : QUELQUES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DU SOL DU SITE D'ETUDE	19
<u>TABLEAU 3</u> : EVOLUTION DES PARAMETRES CLIMATIQUES. T.MOY. = TEMPERATURE MOYENNE JOURNALIERE EN °C ; H.R.MOY. = HUMIDITE RELATIVE MOYENNE JOURNALIERE EN % ; D.I.MOY. = DUREE D'INSOLATION MOYENNE JOURNALIERE EN HEURES ; E.V.PICHE = EVAPOTRANSPIRATION PICHE MOYENNE JOURNALIERE EN MM ; V.V.MOY = VITESSE MOYENNE JOURNALIERE DU VENT EN M/S ; ETP = EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE MOYENNE JOURNALIERE CALCULEE PAR LA METHODE DE PENMAN EN MM /J ; PLUVIO. = CUMUL DE LA PLUVIOMETRIE HEBDOMADAIRE EN MM.	28
<u>TABLEAU 4</u> : PLANNING DES APPORTS HYDRIQUES AVANT L'HIVERNAGE.	30
<u>TABLEAU 5</u> : PHENOLOGIE DE <i>PACHYRHIZUS EROSUS</i> AU COURS DU CYCLE.	34
<u>TABLEAU 6</u> : EVOLUTION DE ETM ET KC DES 3 VARIETES DE <i>PACHYRHIZUS EROSUS</i> AU COURS DU CYCLE.	39

LISTE DES FIGURES

<u>FIGURE 1</u> :	CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DE <i>PACHYRHIZUS EROSUS</i> . A, PORT. B FLEUR ; C: FLEUR VUE DE COTE ; D : CALICE OUVERT ; E : ETENDARD AVEC ETAMINE MEDIANE LIBRE. F : AILE ; G : CARENE. H : ETAMINE ; J : PISTIL AVEC DISQUE BASAL ; K : VUES DE COTE ET DE FACE DU STYLE ET DU STIGMATE ; L : AXE INFLORESCENTIEL LATERAL ; M : GOUSSES MURES ; N : VUES DE COTE ET DE DESSUS DE GRAINE ; O : COUPE DE LA SURFACE INFERIEURE DE LA FEUILLE. /N SORENSEN (1996).	8
<u>FIGURE 2</u> :	<i>PACHYRHIZUS TUBEROSUS</i> . A : PORT; B : FLEUR; C : FLEUR VUE DE COTE ;D CALICE OUVERT. E : ETENDARD AVEC ETAMINE MEDIANE LIBRE; F : AILE ; G : CARENE. H-J : ETAMINES ; K: VUES DE COTE ET DE FACE DU STIGMATE ; L : AXE INFLORESCENTIEL LATERAL ; M : GOUSSE MURE ; N : VUE DE COTE ET DE DESSUS DE LA GRAINE ; O : COUPE DE LA SURFACE INFERIEURE DE LA FEUILLE. /N SORENSEN(1996) .	9
<u>FIGURE 3</u> :	<i>PACHYRHIZUS AHIP</i> . A : PORT ; B : FLEUR ; C : FLEUR VUE DE COTE ; D : FLEUR VUE DE DESSOUS ; E : CALICE OUVERT ; F : ETENDARD AVEC ETAMINE MEDIANE LIBRE; G : AILE ; H : CARENE ; J : ETAMINES ; K : PISTIL AVEC DISQUE BASAL ; L : VUES DE COTE ET DE FACE DU STYLE ET DU STIGMATE ; M : VUES DE ET DE DESSUS DE GRAINE ; N : COUPE DE LA SURFACE SUPERIEURE DE LA FEUILLE. /N SORENSEN(1996) .	10
<u>FIGURE 4</u> :	EVOLUTION INTERANNUELLE DE LA PLUVIOMETRIE (P (MM)) DE LA STATION DE THIES.	16
<u>FIGURE 5</u> :	PLUVIOMETRIE DECADEAIRE DE THIES (SERIE 1950-1996).	17
<u>FIGURE 6</u> :	BLANDU EXPERIMENTAL .	20
<u>FIGURE 7</u> :	PLUVIOMETRIE DE LAPERIODEID'ETUDE.	30
<u>FIGURE 8</u> :	EVOLUTION DU CONTENU RELATIF EN EAU AU COURS DU CYCLE CHEZ <i>PACHYRHIZUS EROSUS</i> .(A) : EC 114 ; (B) : EC117 ; (C) : EC 204.	32
<u>FIGURE 9</u> :	EVOLUTION DL POTENTIEL HYDRIQUE FOLIAIRE AU COURS DU CYCLE CHEZ <i>PACHYRHIZUS EROSUS</i> .(A) : EC 114 ; (B) : EC117 ; (C) : EC 204.	33
<u>FIGURE 10</u> :	EVOLUTIONDEL'INDICEFOLIAIREAU COURS DE DEVELOPPEMENT DE LA CULTURE - LAI - (A) : EC 114 ; (B) : EC 117 ; © : EC 204.	35
<u>FIGURE 11</u> :	EVOLUTIONDU NOMBREDEFUILLLES AU COURS DU CYCLECHEZ .(A, : EC 114 . (B) : EC 117 ; © : EC 204.	36
<u>FIGURE 12</u> :	ETALONNAGE DE L'HUMIDIMETRE NEUTRONIQUE TROXLER 4300.	37
<u>FIGURE 13</u> :	RENDEMENT A LA RECOLTE DES TROIS VARIETES DE <i>PACHYRHIZUS EROSUS</i> EN FONCTIONDU REGIMEHYDRIQUE.	41

RESUME

Le genre *Pachyrhizus* Rich. ex DC est une légumineuse tubérisée originaire de l'Amérique centrale. Son introduction au Sénégal date des années 1988-1989 au niveau des centres de recherche de l'ISRA. Cette plante a déjà fait l'objet de travaux de recherche notamment en physiologie et en agronomie, mais l'extension de sa culture est surtout limitée par la non maîtrise de ses besoins en eau. Ainsi, l'objectif de ce travail était de déterminer les 'besoins en eau, et d'évaluer la productivité de trois variétés de *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban (EC114, EC 117 et EC204).

Pour se faire, deux types de grandeurs ont été suivies durant le cycle de développement de la plante. Il s'agit :

- des grandeurs qui caractérisent à tout instant l'état hydrique du végétal : contenu relatif en eau (CRE) et potentiel hydrique foliaire (ψ) ;
- des grandeurs relatives au milieu ou au végétal, et définissant les conditions d'alimentation en eau : les composantes du bilan hydrique du sol.

Ainsi, nous avons assuré un suivi de l'état hydrique de la culture à l'aide de mesures du CRE et de ψ , et établi le bilan hydrique à l'échelle de la parcelle élémentaire.

Les besoins en eau ont été estimés pour les trois variétés d'igname-haricot - EC114, EC 117 et EC 204 - respectivement à 524, 515 et 532 mm en moyenne. L'analyse de la variance montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les différents traitements

L'ensemble des variétés ont eu un comportement similaire vis à vis des rendements en tubercules et fanes avec 4 t/ha et 8.5 t/ha respectivement.

ABSTRACT

Pachyrhizus erosus Rich ex DC commonly known as Yam bean is a native of Central America. It was introduced into Senegal in 1988. However, extensive growth of this crop has been limited by the lack of knowledge about its water needs in this country,

The aim of this work therefore, is to determine the water needs and evaluate the yield of the three varieties at different level of irrigation. Two parameters used to determine plant water status and establish water balance were namely leaf relative water content and water potential

The water consumption of EC 114 was found to be 524 mm while those of EC 117 and EC 204 were 515 and 532 mm respectively. These values did not differ significantly from each other. The varieties also did not differ in terms of tuber and shoot production, 4 t/ha of tuber and 8.5 t/ha of shoot dry matter were produced by the various varieties.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
INTRODUCTION	3
CHAPITRE 1: ETAT DES CONNAISSANCES	5
1.1 ORIGINE ET DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE	5
1.2 BOTANIQUE ET SYSTEMATIQUE	6
1.2.1. <i>Eléments de taxonomie (Sorensen, 1988)</i>	6
1.2.2. <i>Description des espèces cultivées</i>	6
1.2.2.1 <i>Pachyrhizus erosus</i> (L.) Urban	8
1.2.2.2. <i>Le Pachyrhizus tuberosus</i> (Lam.) Sprengel	0
1.2.2.3. <i>Le Pachyrhizus ahipa</i> (Weddi) Parodi	10
1.2.3. <i>Phénologie</i>	11
1.3. PHYSIOLOGIE ET AGRONOMIE	11
1.4 IMPORTANCE DE LA CULTURE	12
1.4.1. <i>Les tubercules</i>	12
1.4.2. <i>L'effet insecticide des gousses</i>	12
1.4.3. <i>Le fourrage</i>	13
1.5 CONDITIONS ET TECHNIQUES DE CULTURE	13
1.5.1. <i>Pédoclimat</i>	13
1.5.2. <i>Les techniques culturales</i>	13
CHAPITRE 2 : ETUDE DU MILIEU	15
2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE	15
2.2 TENDANCES CLIMATIQUES DE LA REGION	15
2.2.1 <i>Climat régional</i>	15
2.2.1.1. <i>La pluviométrie annuelle</i>	15
2.2.2.2. <i>La pluviométrie décadaire</i>	16
2.2.2.3. <i>L'évapotranspiration potentielle (ETP)</i>	17
2.3 TOPOGRAPHIE- HYDROGRAPHIE	17
2.4 GEOLOGIE	17
2.5 PEDOLOGIE	IX
2.6 VEGETATION	18
CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES	19
3.1 SITE EXPERIMENTAL	19
3.2 CONDITIONS CULTURALES	19
3.2.1 MATERIEL ET TECHNIQUES DE MESURE	21
3.2.1.1. <i>Etat hydrique et conditions d'alimentation en eau des plantes</i>	21
3.2.1.2. <i>Suivi de l'état hydrique des plantes</i>	21
3.2.1.2.1 <i>Contenu Relatif en Eau (CRE)</i>	21
3.2.1.2.2 <i>Potentiel hydrique foliaire</i>	22
3.2.1.3. <i>Suivi du bilan hydrique</i>	22
3.2.1.3.1. <i>Méthode gravimétrique</i>	23
3.2.1.3.2. <i>Méthode neutronique</i>	24
3.2.1.3.3. <i>Estimation du drainage</i>	25
3.2.2. <i>Suivi de la croissance et du développement</i>	27
3.2.2.1. <i>Mesure de l'indice foliaire</i>	27
3.2.2.2. <i>Mesures agromorphologiques</i>	27
CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS	28
4.1 CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DU SITE D'ETUDE	28
4.1.1. <i>Pluviométrie</i>	28
4.1.2. <i>Insolation-Température</i>	29

1.1.3. Humidité relative - Evaporation	29
1.1.1. Vent.....<	29
4.2. CONDITIONS D'ALIMENTATION ET L'ETAT HYDRIQUES DES PLANTES	29
4.2.1. Les apports hydriques	29
4.2.2. Le contenu relatif en eau (CRE).....<	31
4.2.3. Le potentiel hydrique	33
4.3. DEVELOPPEMENT MORPHOPHENOLOGIQUE.....<	33
4.3.1. Phénologie	33
4.3.2. L'indice foliaire ou LAI (Leaf Area index)	34
4.4. BILAN HYDRIQUE	36
4.4.1. Teneur en eau du sol	36
4.4.1.1. Evolution des profils hydriques.....<	37
4.4.1.2. Evolution des stocks d'eau.....<	38
4.4.2. Détermination des besoins en eau : ETM...	38
4.4.3. Les coefficients culturaux<	38
4.5. ANALYSE DU RENDEMENT.	40
4.6. EFFICACITE D'UTILISATION DE L'EAU.....<	41
CONCLUSION ET PERSPECTIVES<	42
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES<	44

INTRODUCTION

Plus de vingt ans après la conférence mondiale de 1974 sur l'alimentation, le souci d'assurer une sécurité alimentaire suffisante à la population mondiale est redevenu un problème très actuel. Face à la flambée des prix sur le marché mondiale et la baisse des réserves mondiales de céréales, les pronostics de nombreux observateurs deviennent de plus en plus pessimistes.

Aujourd'hui, selon la FAO (1996) près de 800 millions de personnes souffrent actuellement de malnutrition chronique dans le monde, et en 2020, 730 millions de personnes de pourraient être atteintes de sous alimentation

En Afrique subsaharienne, l'écart se creuse encore entre la production agricole et les besoins alimentaires des populations. En effet, la croissance démographique dépasse 3% pour une production alimentaire qui tourne autour de 2%. En outre Singer, souligne que la moyenne calorifique par habitant et par jour dans cette région est tombée de 2 100 calories entre 1961 et 1963 à 2040 calories entre 1999 et 1992.

Dans ce contexte, de nombreux symposiums et colloques se sont tenus à travers le monde pour se pencher sur la question d'identification des espèces végétales sous utilisées et susceptibles d'améliorer le bien être des populations des pays sous développés. Ces rencontres ont également recommandé la sélection d'espèces ayant la plus grande valeur inhérente, et l'identification des besoins de recherche à mener pour développer le potentiel de ces espèces. C'est ainsi qu'un panel de scientifique s'était tenu en 1979 aux Iles Hawaii pour identifier les légumineuses peu utilisées (Sorensen, 1994). A la suite de ce panel, le genre *Pachyrhizus* a fait l'objet d'une attention particulière.

Pachyrhizus est une légumineuse à tubercules, communément appelé, igname-haricot. Originaire de l'Amérique centrale, l'igname-haricot est caractérisé par une bonne valeur nutritionnelle des tubercules, un effet insecticide de ces gousses et graines mûres et sèches et un fourrage bien apprécié par le bétail.

Les expérimentations sur le genre *Pachyrhizus* ont commencé timidement au Sénégal depuis les années 1988 - 1989 à la SOCA (Diop, *comm. pers.*). Ce n'est qu'en 1992 que ces recherches ont été intensifiées par le CERAAS, et notamment sur sa physiologie et son comportement agronomique pour déterminer son adaptabilité en zone semi - aride.

Les différents comportements des plantes en fonction des zones agro-écologiques, font que l'étude des besoins en eau devrait constituer un préalable pour une introduction rationnelle de cette culture

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail qui a pour objectif principal de déterminer les besoins et l'efficacité d'utilisation de l'eau chez trois variétés de l'igname-haricot : EC 114, EC 117 et EC204

Pour se faire, un bon suivi de l'état hydrique du végétal et de son développement a été effectué pour bien contrôler le niveau d'alimentation hydrique. En outre, les besoins en eau de la culture seront exprimés par l'évapotranspiration au cours des différentes phases du cycle ; le climat étant l'un des

facteurs qui influent le plus sur ces besoins. L'évaluation de la production agricole se fera en terme de production de tubercules et de fanes

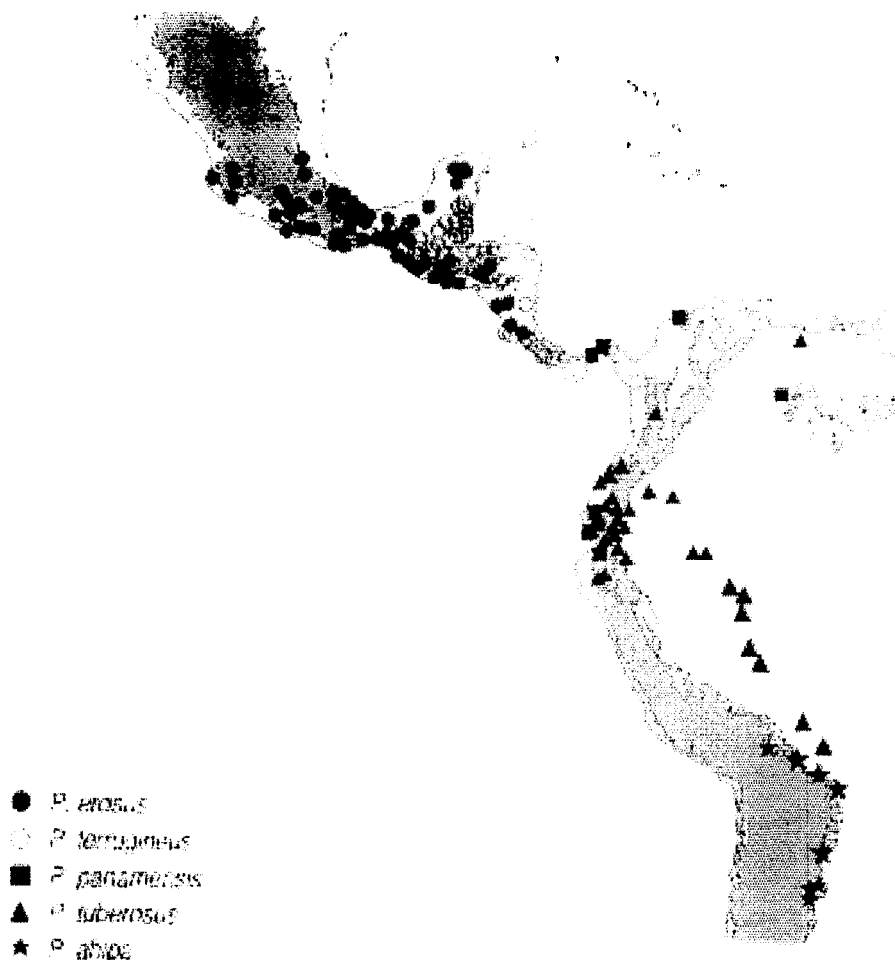
C'est ainsi que nous tenterons dans le premier chapitre de ce mémoire, de dresser d'abord l'état des connaissances sur la plante, ensuite de dégager dans un deuxième chapitre, le contexte climatique dans lequel l'essai a été réalisé. Dans un troisième chapitre, nous présenterons le matériel et les méthodes utilisés, alors que le quatrième chapitre donnera les résultats qui seront discutés pour aboutir à une conclusion générale et des perspectives d'avenir.

CHAPITRE 1 : ETAT DES CONNAISSANCES

1.1. Origine et distribution géographique

D'après Sorensen (1988) le genre *Pachyrhizus* est originaire de l'Amérique centrale dans les pays suivants : Mexique, Costa Rica, Guatemala, Belize, Bolivie, Pérou, Panama, Colombie (Carte 1). Sa distribution à travers le monde est entrain de connaître un grand essor. C'est ainsi que la plante est actuellement cultivée dans plusieurs autres pays comme:

- * Caraïbes : Antigua, Cuba, Dominique, Jamaïque, Puerto Rico.
- * Amérique du Sud : Brésil, Paraguay, Vénézuéla.
- * Afrique : Cameroun, Ghana, Tanzanie, Zaïre.
- * Océan Indien : Ile Maurice, Réunion.
- * Asie : Birmanie, Cambodge, Indonésie, Laos, Malaisie, Singapour, Thaïlande, Vietnam
- * Océan Pacifique : Formose, Hawaii, Philippines.



Carte 1 : Distribution géographique du *Pachyrhizus*.

1.2. Botanique et systématique

1.2.1. Eléments de taxonomie (Sorensen, 1988)

Le genre *Pachyrhizus* est séparé du genre *Dolichos* par Du Petit Thouars (1806) sous le nom de *Caraca*, mais dix neuf ans plus tard, De Candolle le changea en *Pachyrhizus*, nom tiré de l'herbier de Richard (1825). Selon Lackey (1995) cité par Sorensen (1988), le genre *Pachyrhizus* Richard ex D.C ou igname haricot (*yam bean* en anglais) est classé dans le sous tribu des *Doleinae*, tribu des *Phaseoleae*, super famille des légumineuses, famille des *fabaceae* et sous famille des *Papillonae* (*Faboidea*).

Le genre *Pachyrhizus* est morphologiquement caractérisé par un port grimpant ou semi-dressé, ramifié, poilu, avec des feuilles composées en trifolioles. Les folioles peuvent être entières, dentées, palmées ou lancéolées suivant les espèces et les variétés. Les tiges sont herbacées mais pouvant présenter chez certaines espèces une partie ligneuse (cas de *P. ferrugineus*).

Les inflorescences sont axillaires en racèmes avec un calice en tube et une corolle en forme de papillon. Le stigmate et le style ont une structure unique à la surface de l'ovaire, des poils courts s'étendant jusqu'au stigmate forment une " barbe " le long du style recourbé

Le fruit est une gousse pouvant atteindre 25 cm de long chez certaines espèces comme *P. panamensis* avec une dizaine de graines. Les graines peuvent être arrondies, carrées ou plates avec une couleur vert-olive, brune, rouge-verdâtre, rouge, orange, noire ou noire tachetée de blanc selon l'espèce ou la variété.

1.2.2. Description des espèces cultivées

Le genre *Pachyrhizus* comprend cinq espèces dont trois sont couramment cultivées et produisent des tubercules comestibles (Photo 1) : *P. erosus* (L.) Urban, *P. tuberosus* (Lam.) Sprengel et *P. ahipa* (weddi) Parodi ; deux autres possédant un faible rendement agronomique : *P. panamensis* Clausen et *P. ferrugineus* (Piper) Sorensen. A maturité les gousses et les graines contiennent une substance toxique appelée la roténone qui les rend impropres à la consommation (Zinzou, 1992) cité par Sorensen (1994).

Photos : Parties souterraines (1) et aériennes (2) du *Pachyrhizus erosus*.

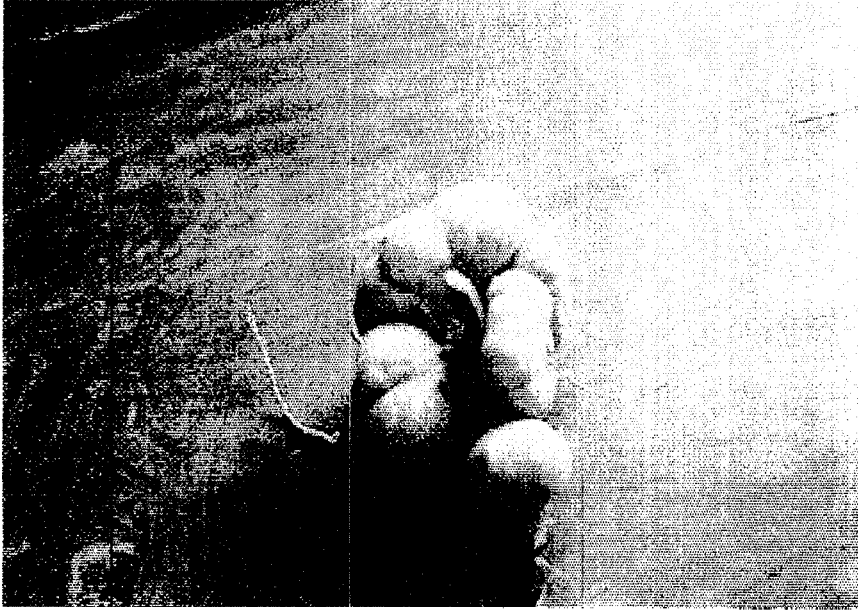


Photo 1 : Tubercule de *Pachyrhizus erosus*

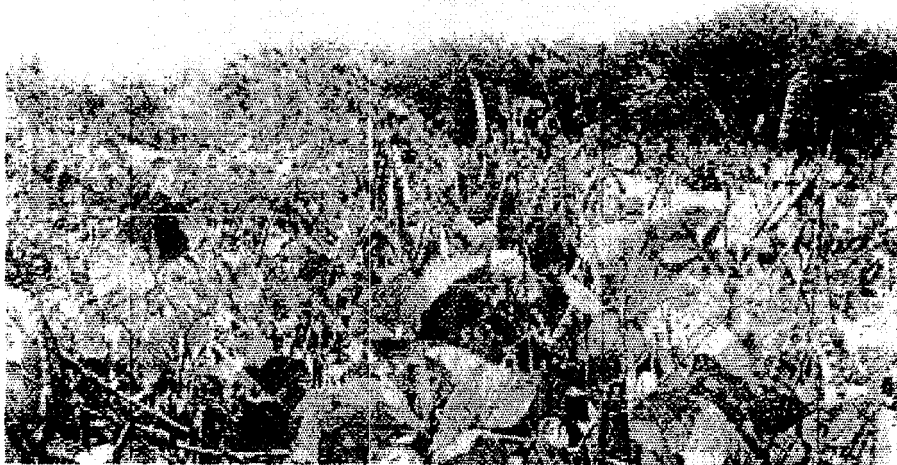


Photo 2 : Partie aérienne du *Pachyrhizus erosus*

1.2.2.1. *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban

P. erosus, pois patate ou encore dolique tubéreux est une herbe grimpante avec une grande variation de: folioles de la forme dentée à celle palmée (Figure 1 et Photo 2). Cette espèce est caractérisée par l'absence de poils sur les pétales. Le nombre de fleurs varie de 4 à 11 par axe d'inflorescence latéral et la longueur de l'inflorescence de 8 à 45 cm.

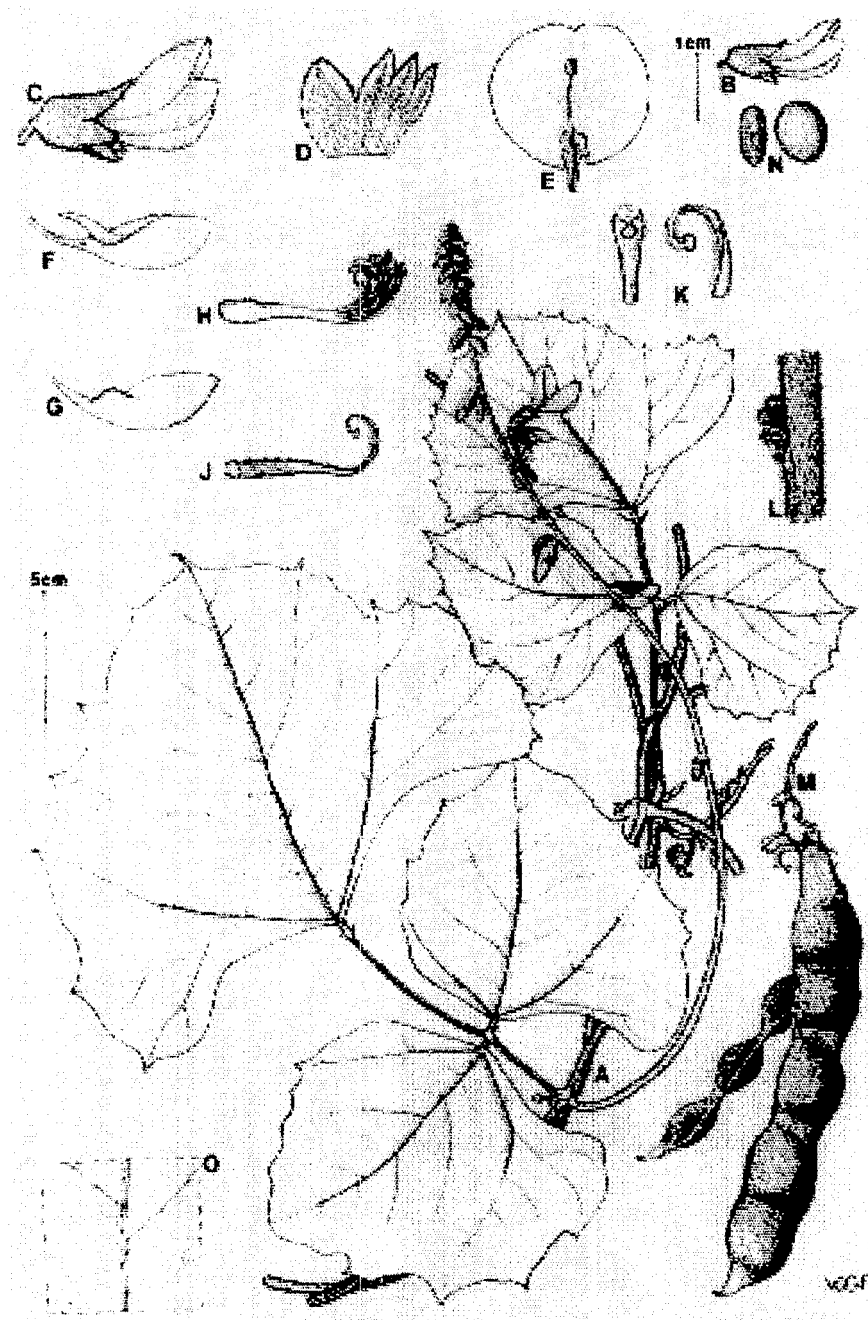


Figure 1 : Caractéristiques morphologiques de *Pachyrhizus erosus*. A. : Port; B Fleur . C Fleur vue de côté ; D Calice ouvert ; E : Etendard avec étamine médiane libre. F : Aile ; G : Carène, H Etamine ; J : Pistil avec disque basal ; K : Vues de côté et de face du style et du stigmate ; L Axe inflorescentiel latéral ; M Gousses mûres ; N Vues de côté et de dessus de graine , O Coupe de la surface inférieure de la feuille. In Sorensen (1996).

En outre, les caractères morphologique, qualitatif ou quantitatif des gousses la distinguent bien des autres espèces. Leur taille variant de 8 à 13 cm x 8 à 17 cm, la réduction des poils à maturité et leur couleur variant d'un brun pâle au vert olive ou brun sont spécifiques à cette espèce. La couleur des graines varie d'un vert olive, brun au rouge verdâtre avec une forme plate, carrée ou at rondie (Sorensen, 1988 ; 1990).

1.2.2.2. Le *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Sprengel

P. tuberosus ou pois de cochon se distingue des autres espèces par ses caractères morphologiques (Figure 2). Ses tiges sont beaucoup plus longues pouvant atteindre 7 m et les folioles terminales atteignent souvent 280 mm x 260 mm. Les folioles sont entières ou dentées mais parfaitement uniformes

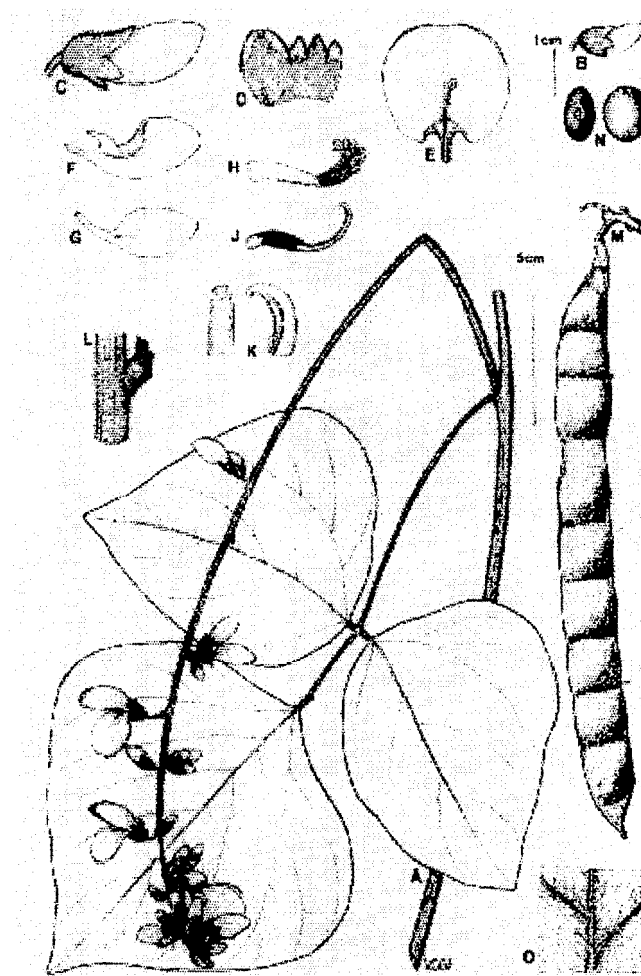


Figure 2 *Pachyrhizus tuberosus*. A : Port de la plante ; B : Bouton de fleur ; C : Calice fermé ; D : Calice ouvert. E : Etendard avec étamine médiane libre ; F : Aile ; G : Carène. H-J : Etamines ; K : Vues de côté et de face du stigmate ; L : Axe inflorescentiel latéral ; M : Gousse mûre ; N : Vue de côté et de dessus de la graine ; O : Coupe de la surface inférieure de la feuille. In Sorensen (1996).

L'inflorescence varie de 7 à 29 cm de long avec un nombre de fleurs de 7 à 33 par axe latéral les gousses ont des dimensions plus grandes (255 mm x 230 mm) que celles des autres espèces (Sorensen, 1996). Les graines réniformes sont de couleur rouge, orange, ou tachetée de blanc

1.2.2.3. Le *Pachyrhizus ahipa* (Weddi) Parodi

P ahipa , ou dolique tubéreux d'Ande est une herbe qui se distingue par ses folioles entière;; ou dentées , avec des racèmes courts (48 à 92 mm) et l'absence de racèmes simples en général (Figure 3). Le nombre de fleurs par racème latéral, si elles sont présentes varie de 2 à 6. La gousse a une taille de 13 à 17 cm x 11 à 16 cm Les graines sont noires ou noire tacheté de blanc-crème, réniformes et de dimensions 9 x 10 mm (Sorensen, 1996)

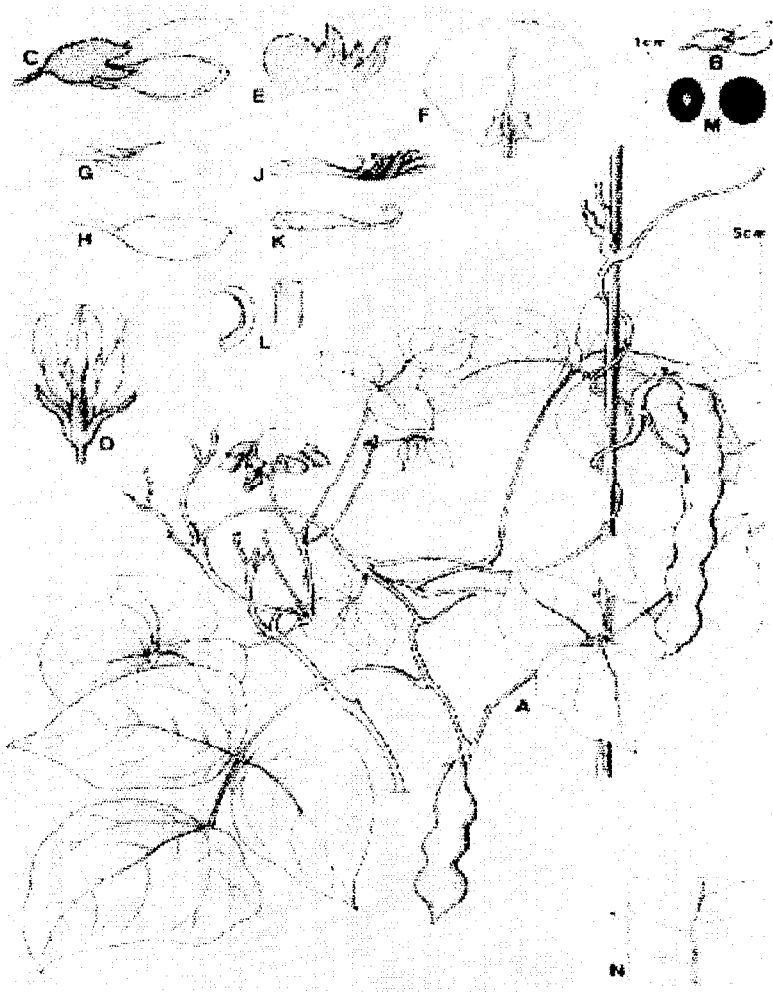


Figure 3 : *Pachyrhizus ahipa*. A : Port ; B : Fleur ; C : Fleur vue de coté ; D : Fleur vue de dessous ; E : Calice ouvert ; F : Etendard avec étamine médiane libre ; G : Aile , H : Carène ; J : Etamines , K : Pistil avec disque basal ; L : Vues de coté et de face du style et du stigmate ; M : Vues de et de dessus de graine N : Coupe de la surface supérieure de la feuille. In Sorensen (1996).

1.2.3. Phénologie

Les stades phénologiques de développement ont été décrits par Grum (1990) en adaptant les stades décrits sur les légumineuses à graines par Fernandez et *al.* (1986). Cinq stades végétatifs numérotés de V₀ à V₄ et cinq stades reproducteurs de R₅ à R₉ (Tableau 1) ont été distingués. Le cycle peut s'étaler sur 3 à 9 mois selon les cultivars et les conditions de culture (Sorensen, 1990).

Tableau 1. Les différents stades de développement des légumineuses tubérifères *in* Grum (1990)

REFERENCE	STADE ET DESCRIPTION
V ₀	Germination et apparition des feuilles primaires
V ₁	Emergence: feuilles primaires et épicotyle
V ₂	Feuilles primaires totalement ouvertes
V ₃	Première trifoliolée s'ouvre et la deuxième trifoliolée apparaît.
V ₄	Troisième trifoliolée s'ouvre et les bourgeons végétatif se développent.
R ₅	Préfloraison: le premier bourgeon ou racème apparaît.
R ₆	Les premières fleurs s'ouvrent.
R ₇	Formation des gousses
R ₈	Remplissage des gousses: à la fin les gousses sont dures.
R ₉	Maturité physiologique: les feuilles sèchent et tombent.

Le genre *Pachyrhizus* est une plante autogame. La multiplication peut s'effectuer soit par les tubercules, soit par les graines. Le nombre de chromosomes est de $n = 11$ (Lackey, 1981)

La présence simultanée des deux sites de stockage (graines et tubercules) conduit à une compétition entre les deux puits. D'ailleurs Heredia (1971) cité par Sorensen (1994) a pu montrer qu'une ablation florale favorise la formation des tubercules.

1.3. Physiologie et agronomie

Le genre *Pachyrhizus* comprend des espèces essentiellement photopériodiques. La sensibilité à la photopériode peut se traduire par le passage de port déterminé au port indéterminé, l'allongement du cycle de la plante, l'inhibition de la floraison et de la tubérisation par les jours longs (Khan, 1992).

L'aptitude à produire à la fois des graines et des tubercules et à fixer l'azote atmosphérique lui confère une physiologie plus complexe. En effet, selon Zinzou (1992) cité par Sorensen (1994) la floraison, la fructification et la tubérisation sont gouvernées par les jours courts qui sont nécessaires à l'induction, à la mise en place des puits et à leur remplissage. Cet auteur distingue ainsi quatre puits au cours du développement de la plante : gousses, graines (partie aérienne), tubercules et nodosités (partie souterraine).

Heredia *et al* (1988) ont montré que les rendements les plus élevés en tubercules et en graines dépendent de la taille de la source photosynthétique mise en place en jours longs

Ainsi le démarrage du cycle de la plante pour des objectifs de production de tubercules ou de gousses doit s'effectuer en jours longs ; la taille de la source étant déterminée par la durée de l'exposition de celle-ci pendant ces jours longs (Zinzou, 1987 cité par Sorensen 1994).

Au Sénégal, des travaux sur la caractérisation des mécanismes physiologiques de tolérance à la sécheresse ont porté sur deux espèces notamment *P. erosus* variété EC033 et *P. ahipa* variété AC102. Les résultats ont montré que, d'une part *P. erosus* variété EC033 développe une stratégie d'évitement à la déshydratation grâce à une bonne régulation stomatique, et que, d'autre part *P. ahipa* variété AC102 exprime une tolérance de déficit hydrique par un phénomène d'ajustement osmotique permettant de maintenir un bon niveau de turgescence des tissus foliaires (Diouf, 1992)

En agronomie, des essais ont été conduits entre 1993 et 1996 dans différents sites pédo-climatiques (CDH Dakar, ENSA: Thiès. CNBA: Bambey et au centre de l'ISRA de Tambacounda) pour préciser les performances agronomiques de 5 variétés de *P. erosus* (EC509, EC204, EC 1 17, EC 1 14 et EC033). Les résultats ont montré une variabilité interannuelle des rendements (7 à 30 t/ha en 1995, 6 à 96 t/ha en 1994 et de 5 à 43 t/ha en 1993) pour l'ensemble des sites. Cette variabilité traduit à la fois des effets sites et des interactions génotype x milieu (Annerose et Diouf, 1996).

D'autre part des essais sur les dates de semis ont permis de montrer qu'un semis du mois de mars à la première quinzaine du mois de mai favorise la production des fanes au détriment des tubercules, tandis qu'un semis de la deuxième (quinzaine du mois de mai au mois de septembre entraîne plutôt une bonne production de tubercules des variétés de *P. erosus*.

1.4. Importance de la culture

1.4.1. Les tubercules

Les tubercules sont essentiellement utilisés dans l'alimentation humaine ou animale. Au Mexique, ils peuvent être préparés avec la soupe ou utilisés comme fruit ou légume. En Thaïlande, les tubercules du *Pachyrhizus* font partie des aliments de base (Ratanadilok et Thanisawanyangkura, 1994) cités par Sorensen (1996).

Les travaux de Peckolt (1983) cités par Diouf (1992) sur les constituants biochimiques des tubercules confirmant leur haute valeur nutritionnelle complètent ceux de Porterfield et Aguilat (1951, 1958) cités par Sorensen (1996) sur l'importance de la teneur en sucres des tubercules de l'igname haricot

1.4.2. L'effet insecticide des gousses

Les travaux de Norton (1943), de Norton et Hansberry (1945), de Hansberry *et al.* (1947) et de Duke (1981) ont permis de montrer la présence de roténone et d'érosine dans les gousses et les graines mûres sèches.

Par ailleurs, Rdjahossou et Sogbenon (1992) cités par Sorensen (1994) ont étudié l'effet insecticide des graines de *Pachyrhizus erosus* sur les parasites de *Vigna unguiculata*. Selon ces auteurs la suspension de la poudre des graines a un effet inhibiteur très significatif sur la prolifération des *Taeniothrips sjostedtii* observés sur les fleurs.

1.4.3. Le fourrage

Comme pour la plupart des légumineuses, les fanes du *Pachyrhizus* sont essentiellement utilisées pour l'alimentation du bétail. Selon Diop (1997 *comm. pers.*) les expérimentations conduites à la SOCA (Sénégal) durant les années 1989 et 1990 pour des objectifs de production fourragère ont donné des rendements de 15 t/ha.

1.5 Conditions et techniques de culture

1.5.1. Pédoclimat

Originnaire de l'Amérique, centrale le genre *Pachyrhizus* se cultive sous un climat chaud avec une humidité modérée à une altitude comprise entre 0 à 1750 m voire 2000 m. Les besoins en eau sont variables de 250-500 à 1500 mm (Sorensen, 1988).

La plante s'adapte plus aux sols argileux, sableux à argilo-sableux légers et à bon drainage (Sorensen, 1988)

La plante a une capacité de tolérance à la sécheresse mais est sensible au froid. L'induction florale et l'initiation de la tubérisation ont lieu en photopériode de 11 à 12 h, le développement complet des tubercules se poursuit en jours courts (Sorensen, 1996).

1.5.2. Les techniques culturales

Selon Heredia (1985) cité par Grum (1990), le *Pachyrhizus* est traditionnellement cultivé au Mexique en association avec le maïs (*Zea mays L.*) et le haricot (*Phaseolus vulgaris L.*), ou en culture pure dans les exploitations agricoles à vocation commerciale.

Le sol doit être bien préparé avec un labour de 25 cm de profondeur suivi d'un hersage pour avoir un sol léger, bien drainé et un bon lit de semis. Le semis peut s'effectuer à sec avec une profondeur de 60 mm ou en humide à 30 mm (Sorensen, 1996). Heredia (1985) et Sahadeven (1987) indiquent que les densités de semis peuvent varier de 2,5 à 18 poquets par mètre carré selon la période (photopériodisme) et les objectifs fixés.

Les semences peuvent être imbibées dans de l'eau 24 à 48 heures avant semis pour faciliter la germination

Pour la fertilisation, Sorensen (1996) recommande seulement un apport en phosphore pour une bonne fixation symbiotique de l'azote. Grum (1990) souligne que l'ablation florale fait parti des pratiques culturales utilisées au Mexique pour favoriser la tubérisation.

Duke (1981) cité par Diouf (1992) révèle quelques ennemis de la culture. Il distingue notamment.

un nematode : *Heterodera marioni* qui attaque les racines ;

* une punaise farineuse *Ferrisia virgata* et un thrips américain *Frankliniella occidentalis* qui provoquent la chute prématurée des boutons floraux.

Les maladies cryptogamiques sont dues essentiellement au *Pythium aphanidermatum* qui provoque la pourriture radiculaire (YU *et al.*, 1945) ou au *Cercospora canescens* dont l'attaque se manifeste par des taches foliaires aboutissant à une défoliation de la culture (Mohanty et Behar, 1961)

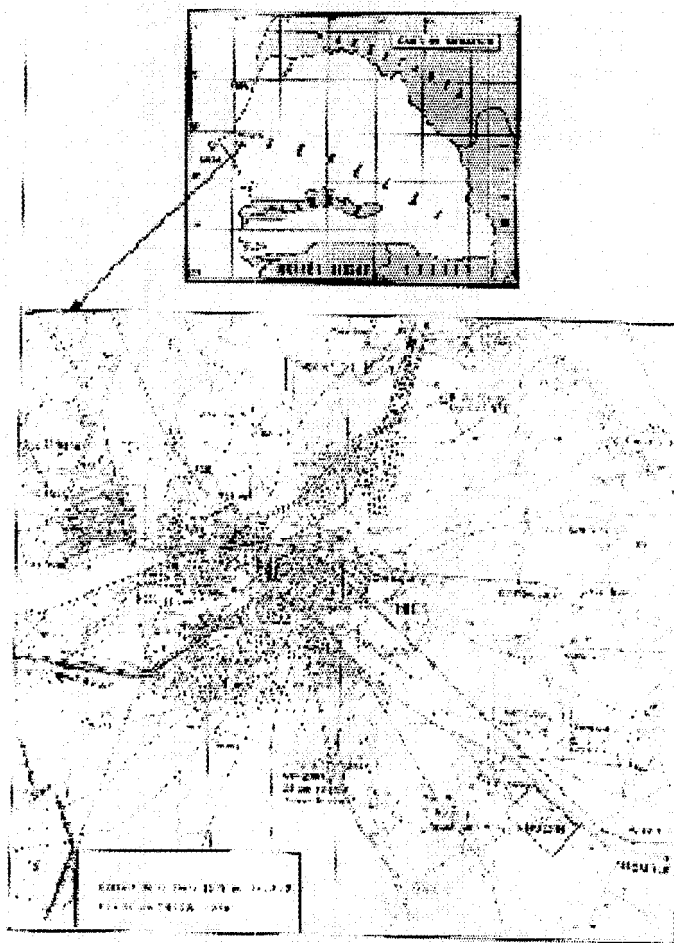
Birch *et al* (1981) signalent une maladie bactérienne causée par le *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolica* se manifestant aussi par des taches foliaires et une chute des feuilles

En 1932, une maladie virale a été décrite par Fajardo et Marañon du nom de *sincama mosaïque* C'est une maladie sévère qui se manifeste par des chloroses, la chute des bourgeons floraux et une perte de fertilité des pollens.

CHAPITRE 2 : ETUDE DU MILIEU

2.1. Situation géographique

Cette étude a été conduite au Centre d'Application des Techniques d'Agriculture (CATA) de l'ENSA à 3 km de la ville de Thiès situé entre 14°42'52'' de la latitude Nord et 16°28'64'' de longitude Ouest (Carte 2).



Carte 2 : Situation géographique du site d'étude.

2.2. Tendances climatiques de la région

2.2.1. Climat régional

Selon Aubreville (1949), le climat de la région de Thiès est du type sahélien sénégalais qui est une transition entre le climat d'alizé maritime, et le climat soudano-sahélien des régions orientales. Il se caractérise ainsi par une courte saison humide (3 à 4 mois) aux précipitations relativement faibles et une température qui reste élevée, et une longue saison sèche (8 à 9 mois).

2.2.1.1. La pluviométrie annuelle

L'évolution interannuelle de la pluviométrie de la région de Thiès montre une forte variabilité durant la période 1950-1996 (Figure 4) avec une moyenne annuelle de 541,1 mm.

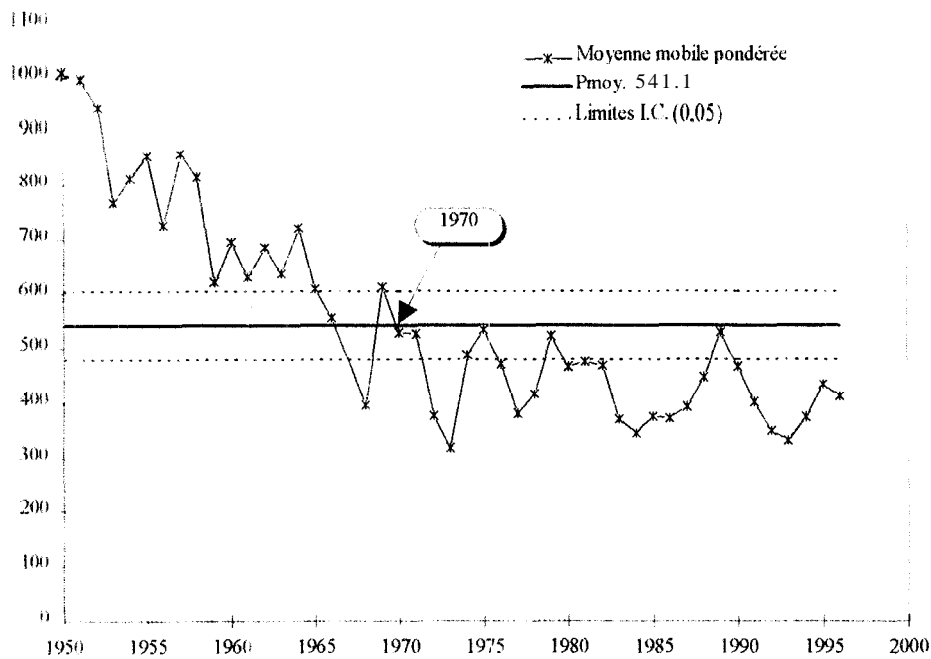


Fig. Evolution interannuelle de la pluviométrie (P (mm)) de la station de Thiès

En somme on peut distinguer deux grandes périodes :

- de 1950 à 1970 qui est une période de pluviométries excédentaires même si les années de 1965 à 1967 a été déficitaire ;
- de 1970 à 1996 correspondant à l'installation effective de la sécheresse climatique

2.2.2.2. La pluviométrie décadaire

L'évolution de la pluviométrie décadaire moyenne de la période de 1950 à 1996 nous montre que l'hivernage dans la région de Thiès s'installe à partir de fin juillet - début août pour une période pluvieuse qui va jusqu'en fin Septembre soit ainsi une durée de deux mois. Le maximum de la pluviométrie intervient au cours de la dernière décade du mois d' Août et de la deuxième du mois de Septembre (Figure 5).

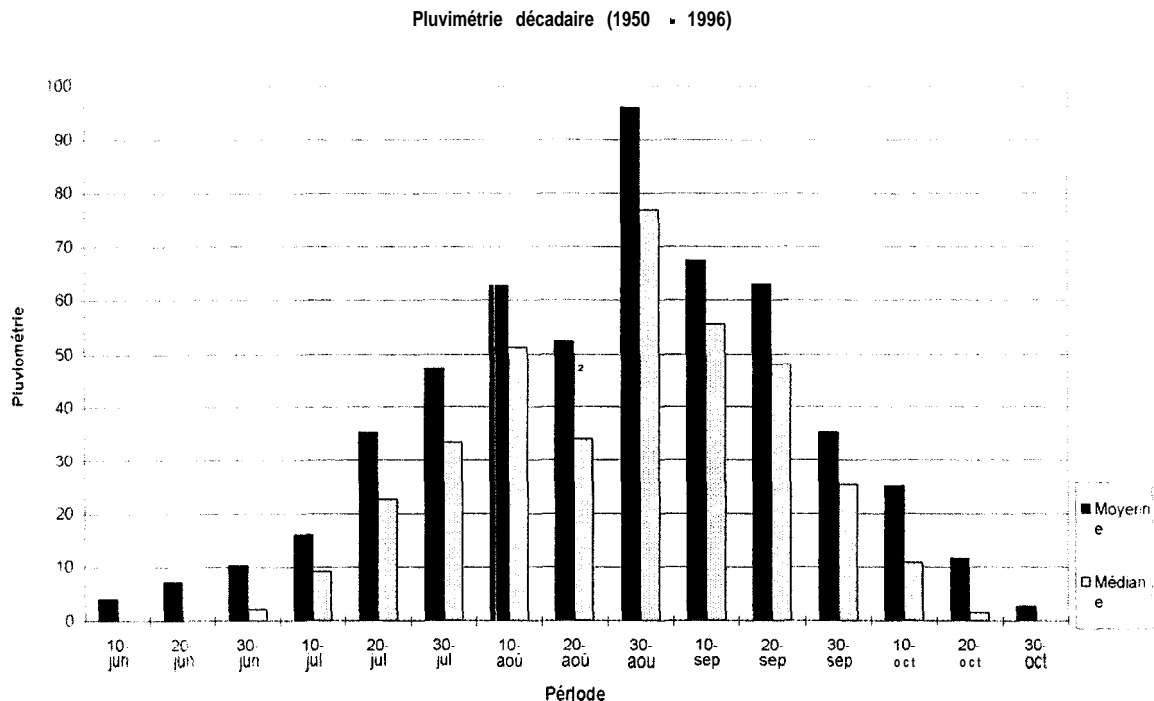


Figure 5 Pluviométrie décadaire de Thiès (série 1950- 1996).

2.2.2.3. L'évapotranspiration potentielle (ETP)

L'évolution décadaire des évapotranspirations potentielles montre une faible variation de celles-ci de juin en octobre avec une moyenne de 5,27 mm/j. Le maximum des ETP se situe durant la première décennie de Juin et le minimum du 20 août au 10 septembre correspondant à la période la plus pluvieuse de la saison.

2.3. Topographie- hydrographie

L'ENSA est située sur le plateau de Thiès, long de 50 km du nord au sud et 20 à 30 km dans la direction Est-Ouest. Le périmètre de l'école se situe entre les deux courbes de niveau 50 et 60 m, la pente est orientée N.E. - S.O. avec un dénivelé de 4 m soit 4/100.

Le terrain de l'ENSA est situé entre les ramifications du marigot de Fandène au Nord du Krou Gangue.

2.4. Géologie

Le substrat géologique est constitué du marno-calcaire plus ou moins phosphaté. Zante (1983) révèle que, ces sédiments, par altération de certains de leurs matériaux d'origine ont contribué à la formation d'une cuirasse ferrallitique phosphaté qui atteint plusieurs mètres d'épaisseur. Cette cuirasse est dure et compacte en surface. de couleur brune, patinée lorsqu'elle vient en affleurement; en profondeur sa structure est vacuolaire et vermiculaire; ces cavités sont plus ou moins remplies d'un matériau phosphaté blanc-jaunâtre, friable.

2.5. *Pédologie*

Zante (1983) distingue quatre classes de sol en faisant la carte pédologique de l'ENSA

- les sols minéraux bruts
- les sols peu évolués
- les sols à sesquioxydes
- les sols hydromorphes

2.6. *Végétation*

La végétation naturelle est du type soudano-sahélien occidental, correspondant au climax d'origine humaine, ou péniclimax de friches et jachères sous *Faidherbia albida*. Cette espèce est généralement accompagnée de quelques *Balanites aegyptiaca* et de nombreux roniers dans la partie Nord-Est. La strate arbustive est composée de quelques combretacées, tandis que les herbes peu denses sont constituées essentiellement de graminées avec des pelouses à *Eragrotis* et *Acanthospermum*

CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES

3.1. Site expérimental

L'essai a été tenu en place dans le périmètre de l'ENSA sur un sol ferrugineux sableux. Des analyses physico-chimiques qui ont été effectuées avant son installation donnent les caractéristiques de ce sol (Tableau 2). Il s'agit d'un sol sableux à sableux - argileux, neutre à légèrement alcalin et saturé.

Tableau 2 : Quelques caractéristiques physico-chimiques du sol du site d'étude.

		Horizons (cm)		
		0-10	10-20	20-30
PH	Eau	7,79	7,88	7,85
	KCl	7,48	7,5	7,49
Calcaire total (%)		0,17	0,13	0,24
Humidités (%) de terre sèche	pF4,2	2,86	2,9	2,86
	pF2,5	6,98	7,21	7,38
Granulométrie (%)	Argiles	6,8	6,76	6,86
	Limons	3,53	3,43	3,43
	Sables très fins	7,27	7,03	7,27
	Sables fins	54,70	54,07	54,67
	Sables grossiers	27,30	28,47	27,60
Complexe absorbant	Ca	3,32	3,19	3,22
	Mg	0,87	0,85	0,80
	Na	0,23	0,09	0,10
	K	0,19	0,18	0,19
	S (mécq%)	4,61	4,32	4,34
	T (CEC) en méq%	4,33	4,47	4,20
	V (%)	97	91	99

3.2. Conditions culturales

Cet essai est installé sur précédent cultural à *Ipomea Batatas* (L) Lam Ayant reçu une fertilisation en engrais (10 - 10 - 20), en phosphore et en urée.

Le sol a été préparé avec un labour en humide (après irrigation) de profondeur suivi d'un hersage donnant ainsi un bon lit de semis. Les apports d'eau ont été assurés par une irrigation par aspersion de la mise en place: de l'essai à l'installation effective de l'hivernage le 17 Août. Le semis est effectué à la main en humide le 10 Juin après trempage des graines dans de l'eau pendant 24 heures. Le début de levée est constaté une semaine après semis et le taux de germination à 50 % a été obtenu au 15^{ème} jour après semis (jas). Le matériel végétal utilisé est composé de trois variétés de *Pachyrhizus erosus*. E.C 114 originaire du Brésil, E.C 117 originaire du Thaïlande et E.C. 204 originaire du Mexique.

ETM 80% EC 204	ETM 80% EC 114.	ETM 80% EC 117
ETM EC 204	ETM EC 117	ETM EC 114
ETM 80% EC 204	ETM 80% EC 117	ETM 80% EC 114
ETM EC 117	ETM EC 114	ETM EC 204
ETM 80% EC 204	ETM 80% EC 117	ETM 80% EC 114
ETM EC 114	ETM EC 204	ETM EC 117

Figure 6 : Plan du dispositif expérimental.

Pour la fertilisation deux épandages d'engrais (8-18-27) à la dose de 150 kg/ha ont eu lieu au 23^{ème} et 65^{ème} jas. Des sarclages et désherbages manuels ont été régulièrement pratiqués suivant l'importance des mauvaises herbes

Le taux de 50 % de floraison a eu lieu au 99^{ème} jas et des ablations ont été effectuées hebdomadairement à partir de ce jour jusqu'à la récolte au 133^{ème} jas (21/10/97) pour favoriser la tubérisation.

La récolte a été faite à la main au 133^{ème} sur les carrés de rendement.

Le dispositif expérimental est en split - plot à deux facteurs :

- le régime hydrique qui comprend une alimentation optimale (ETM absolue) et un niveau à 80 % de l'ETM absolue (ETM 80 %)
- les variétés de *Pachyrhizus* (EC114, EC 114, EC204)

faisant ainsi 6 traitements avec 3 répétitions soit au total 18 parcelles élémentaires. Les parcelles élémentaires de 6 m x 6 m sont espacées de 1,5 m avec un carré de rendement de 2,4 m x 2,4 m (Figure 6)

3.2. Matériel et techniques de mesure.

3.2.1. Etat hydrique et conditions d'alimentation en eau des plantes.

Les recherches sur l'alimentation en eau des cultures et ses conséquences sur la croissance et le rendement requièrent la détermination de deux types de grandeurs :

- celles qui caractérisent à tout instant l'état hydrique du végétal ; et
- celles relatives au milieu ou végétal lui-même et définissant les conditions d'alimentation hydriques.

3.2.1.1. Suivi de l'état hydrique des plantes

Dans ce travail les paramètres utilisés pour caractériser l'état hydrique dans la plante sont le Contenu Relatif en Eau (CRE) et le potentiel hydrique foliaire. Ils nous ont permis de contrôler l'état hydratation des plantes et de piloter les apports au niveau des deux régimes appliqués.

3.2.1.1.1. Contenu Relatif en Eau (CRE)

La mesure du CRE permet d'estimer la teneur en eau du végétal à un moment donné par rapport à sa turgescence maximale

Pour se faire, un disque foliaire de la quatrième feuille de l'axe principal à partir de l'apex sur l'une des deux folioles, a été prélevé à l'aide de l'emporte-pièce. Ce disque est ensuite rapidement introduit dans une fiole préalablement tarée.

Aussitôt après la fiole est hermétiquement fermée puis pesée au laboratoire à l'aide d'une balance de précision Mettler (AE 200) pour obtenir le poids frais (PF). La fiole est ensuite remplie d'eau distillée

et conservée à l'obscurité. Après trois heures de réhydratation le disque est essuyé avec du papier avec du papier filtre Whatman, et ensuite enveloppé dans du parafilm déjà taré et pesé pour déterminer le poids turgescent (PT). Le poids sec (PS) de ce même disque foliaire est obtenu après séchage à 85°C pendant 24 heures.

Ces trois grandeurs (PF, PS, PT) ont permis de calculer par la formule suivante le CRE

$$CRE = [(PF - PS) / (PT - PS)] \times 100$$

3.2.1.1.2. Potentiel hydrique foliaire

Le potentiel hydrique foliaire est une grandeur thermodynamique qui caractérise l'état de l'eau dans un milieu donné (sol, tissu végétal, air...) et qui permet de connaître le sens des flux hydriques entre deux points d'un système isotherme (Nobel, 1983)

Le contenu relatif en eau étant une grandeur statique ne donnant pas d'indication sur l'état énergétique de l'eau dans la plante, nous avons suivi concomitamment le potentiel hydrique foliaire par la chambre à pression PMS 1001 pour compléter les informations sur l'état hydrique de notre culture.

D'autre part le potentiel hydrique foliaire commande certaines fonctions des plantes telles que la différenciation et l'élongation cellulaire et la régulation stomatique.

Le procédé de mesure employé est celui employé par Scholander *et al* (1965). Il s'agit de déterminer la force de liaison de cette eau au végétal. Pour se faire la troisième feuille de la plante a été prélevée hebdomadairement. Aussitôt après l'échantillon est placé dans la chambre étanche et à l'aide d'un papier buvard on nettoie soigneusement cette section du pétiole. Par la suite une pression est exercée progressivement sur l'échantillon grâce à une arrivée de gaz inerte. La pression lue sur le manomètre dès l'apparition de la première tache sur le papier buvard appliqué contre la section correspond au potentiel hydrique de la plante.

il est admis que le potentiel hydrique de l'eau pure à la pression atmosphérique est nul. Ce dernier étant pris comme référence, le potentiel hydrique foliaire sera noté en valeurs négatives.

3.2.1.2. Suivi du bilan hydrique

La détermination du bilan hydrique consiste en une évaluation hebdomadaire des variations des variations d'humidité du sol en fonction des apports (irrigations, précipitations) et des pertes (évapotranspiration, percolation profonde), de ce fait l'équation du bilan hydrique s'écrit comme suit

$$A - ETR - R \pm Dr \pm \Delta S = 0$$

avec A = Apports hydriques (précipitations et irrigation); ETR = Evapotranspiration Réelle, Dr = drainage ou remontée capillaire; AS = variation du stock hydrique.

Le buttage effectué sur le périmètre des parcelles en plus du niveau presque homogène du terrain nous a permis de négliger le ruissellement et de réduire l'équation comme suit :

$$A - ETR \pm Dr \pm \Delta S = 0$$

Les apports d'eau sont mesurés d'une part à l'aide de petits pluviomètres pendant les irrigations, et d'autre part au niveau de la station météorologique de l'ENSA pour les précipitations. Les irrigations ont été effectuées avec: un système de rampes comportant des asperseurs qui basculent dans les deux sens un jet de 6 m environ nous permettant ainsi d'homogénéiser les irrigations au sein d'un régime

Les variations d'humidité du sol sont estimées grâce à la détermination hebdomadaire de la teneur en eau avec les méthodes gravimétrique et neutronique.

3.2.1.2.1. Méthode gravimétrique

C'est une méthode précise de détermination de la teneur en eau du sol. Cependant elle est destructive et laborieuse, Les prélèvements ont débuté: avec l'installation des tubes d'accès (mise en place de l'essai) sur toute la profondeur du sol, d'abord à sec puis en humide, sur des horizons de 10 cm d'épaisseur jusqu'à 100 cm, puis de 20 cm entre 100 et la profondeur maximale, selon le tube d'accès (variabilité de l'emplacement de la profondeur du sol) . ceci pour les besoins de l'étalonnage

La méthode consiste à prélever des échantillons de sol à l'aide d'une tarière sur une profondeur déterminée et de les mettre dans des boîtes hermétiquement fermées et préalablement tarées. Immédiatement après le prélèvement le poids frais (PF) est déterminé par pesé au laboratoire avant leur passage à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures. Le poids sec (PS) est déterminé ainsi déterminé à la sortie de l'étuve, et l'humidité pondérale (Hp) est déterminée par la formule :

$$H_p = [(PF - PS) / PS] \times 100$$

Par la suite on détermine l'humidité volumique (Hv) par la formule :

$$H_v = H_p \times d_a$$

avec d_a = densité apparente

• Détermination de la densité apparente

La densité apparente a été déterminée avec un appareil nommé gamma densimètre TROXLER. C'est un appareil radioactif qui émet à partir d'une source de Césium 137 un rayonnement gamma (γ) dans le profil. Ces particules réfléchies sont captées par un détecteur. Cet appareil autorise deux méthodes de mesures :

- 1 mesure directe : la tige est enfoncée dans le sol et le rayonnement est envoyé latéralement sur la profondeur prospectée ; celui réfléchi est enregistré au niveau d'un microprocesseur qui indique la densité du sol en cm^3 pour un intervalle de temps de 15 s.
- 2 mesure par radiodiffusion au cours de laquelle l'appareil posé à la surface du sol envoie le rayonnement sur une profondeur d'un mètre. Le microprocesseur estime ainsi la densité apparente moyenne sur cette profondeur.

Cependant, il faut préciser qu'avant de démarrer les mesures, l'appareil doit être étalonné en effectuant une mesure standard sur le bloc de l'étalon.

Les mesures sur six profils ont été ainsi effectuées et pour chacun on a déterminé : la densité apparente moyenne sur une profondeur d'un mètre ; puis trois mesures directes sur les horizons 0 - 10 , 10 - 20 et 20 - 30 cm

3.2.1.2.2. Méthode neutronique

L'humidimètre neutronique est l'une des méthodes de suivi de la teneur en eau du sol les plus actuelles Elle est aussi rapide, fiable, non destructive et permet des mesures répétitives sur un même site

L'appareil utilisé est la sonde TROXLER 4300, constitué d'une source radioactive et d'un câble ce la sonde

Le principe de mesure consiste à irradier le sol par des neutrons rapides. La source radioactive est constituée par un mélange d'américium et de béryllium. L'américium radioactif émet des particules α (${}^4_2\text{He}$) qui réagissent avec le béryllium (${}^9_4\text{Be}$) pour émettre des neutrons



Les neutrons rapides émis entrent en collision avec les noyaux des noyaux d'atomes de masse voisine présents dans le sol, Les neutrons réfléchis (neutrons lents) sont détectés puis évalué par un compteur de neutrons lents Les atomes d'hydrogène, essentiellement contenus dans les molécules d'eau sont les plus efficaces pour créer ce choc. Ce qui permet ainsi d'avoir une estimation de la teneur en eau du sol Toute fois il faut préciser qu'une utilisation judicieuse de la sonde à neutrons doit être précédée d'un étalonnage Ce dernier est fonction du type de sol et permet d'établir une relation entre les comptages neutroniques et les humidités correspondante.

Avant de dénnarrer la mesure on vérifie la connexion entre câble et moniteur de la sonde Ensuite, pour réaliser la mesure. on fait descendre à l'aide du câble la source dans les d'accès installés lors de la mise en place de l'essai au milieu de chaque parcelle élémentaire. Les tubes d'accès sont en PVC installés dans des trous forés à l'aide d'une tarière. Pendant que l'appareil est posé en surface, on effectue le comptage de référence ou le comptage d'étui pour un délai de 4 mn. Avec un pré-temps de 30 s, les mesures sont faites à différentes cotes (tous les 10 cm de 0 à -100 cm et tous les 20 cm de -100 à la. profondeur maximale du tube).

4 la fin de série de mesures on effectue une autre mesure d'étui. La moyenne des mesures de l'étui va nous permettre d'effectuer une correction des comptages *in-situ* à l'état de la sonde

• Etalonnage

La présence dans sol d'atomes d'hydrogène autres que ceux des molécules d'eau (matière organique, argile) et d'autres corps capables d'absorber les neutrons (chlore, fluor) fait que L'étalonnage devient indispensable pour une estimation fiable de la. teneur en eau du sol.

Dans ce travail, l'étalonnage de la sonde a été effectué par la méthode gravimétrique sur tous les tubes en humide et en sec. Les valeurs d'humidité volumique (Hv) obtenues par la gravimétrie sur chaque tube sont couplées avec le comptage de neutrons bruts qui sont corrigés (Nr) avec le comptage moyen

à l'étui comptage de référence - (Ne). Les comptages de neutrons réduits ou corrigés (Nr) s'obtiennent par la formule

$$Nr = (Ni / Ne) \times 100$$

Ni : le nombre de neutrons bruts lu directement sur l'écran de la sonde

On établit par la suite la corrélation (régression linéaire) entre ces couples de valeurs (Nr, Hv)

La sphère d'influence de la sonde 15 à 30 cm de diamètre en plus des perturbations fréquentes au niveau des horizons superficiels font qu'on a souvent noté des comptages aberrants entre 0 et 20 cm.

Pour éviter ces erreurs, l'humidité du sol pour les horizons 0 à -10 et de -10 à -20 cm a été mesurée hebdomadairement par gravimétrie pendant toute la durée du suivi.

- Les stocks et les profils hydriques ont été établis à l'aide d'un logiciel de bilan hydrique appelé BIPODE. Ce logiciel permet à partir des caractéristiques géographiques de la station, de la pente de la droite d'étalonnage et des comptages hebdomadaires de la sonde de calculer les stocks d'eau de la tranche de sol explorée par les tubes et de tracer les profils hydriques.

3.2.1.2.3 Estimation du drainage :

La faible profondeur du sol au niveau de certaines parcelles élémentaires constatée lors de la mise en place des tubes d'accès de la sonde, en plus des importants apports d'eau avec les pluies ont fait constater la descente du fond d'humectation recouvrant toute la profondeur du sol au sein de ces parcelles dès que le niveau du stock hydrique atteignait un certain niveau. Ceci étant des tubes tensiomètres ont été aussitôt implantés pour une estimation du drainage avec la loi de Darcy.

Darcy (1856) établit que le débit d'eau (Q) à travers un lit de sable d'une composition donnée était proportionnel à la différence de la hauteur d'eau entre les deux extrémités du lit de sable ($h_a - h_b$) et inversement proportionnel à la longueur d'écoulement (L). Il a ainsi déterminé un coefficient de proportionnalité (K) qui dépend de la nature du milieu poreux; K étant la conductivité hydraulique. Ainsi,

$$Q = K \times A \times (h_a - h_b) / L$$

avec : A = étant la surface de la section du lit de sable ; $\Delta H / l$ = gradient hydraulique = la force motrice.

A partir de Q, la loi de Darcy on définit le flux d'eau (q) ou débit spécifique du lit de sable

$$q = Q / A$$

Slichter (1899) généralise cette loi pour les milieux poreux saturés en une équation différentielle macroscopique à trois dimensions de la forme :

$$q = -K \times \nabla H$$

Ce qui revient à dire que l'écoulement d'un fluide à travers un milieu poreux se fait dans la direction de la force motrice, le gradient hydraulique agissant sur le liquide, et à un régime qui lui est proportionnel et aussi proportionnel à la conductivité (K).

• Détermination du gradient hydraulique

C'est avec des tensiomètres mesurant le potentiel matriciel du sol que nous avons estimé cette force motrice. Deux tensiomètres à bougie poreuse ont été implantés au centre de la parcelle drainée

Les tensiomètres à bougie poreuse que nous avons utilisés, sont composés de deux parties

- un tube tensiomètre DTM5000 dont le fond est en bougie poreuse rempli d'eau distillée en contact direct avec le sol, et installés respectivement à -90 et -110 cm ;
- un manomètre électronique DTE 1000 qui permet d'effectuer les lectures du potentiel matriciel à l'équilibre du système sol - tensiomètre Ce qui permet de dire que le potentiel matriciel (τ) est égal au potentiel hydraulique qui est réduit à la composante pascalienne.

En appliquant ainsi la loi de Darcy on a ainsi notre flux d'eau drainée (q) :

$$q = -K \times \nabla \tau$$

avec $\nabla \tau$ = le gradient de potentiel matriciel qui est déterminé en faisant la différence entre les valeurs de potentiel obtenues pour les cotes fixées sur chaque parcelle.

• Détermination de la conductivité hydraulique

La conductivité hydraulique dépend à la fois des caractéristiques du sol et du fluide Les caractéristiques du sol qui influent le plus la conductivité sont la porosité totale et la distribution de la taille des pores. Pour le fluide, c'est surtout sa densité et sa viscosité.

Backer, (1984) en distinguant bien la conductivité hydraulique et la perméabilité d'un sol a dissocié cette première en perméabilité intrinsèque (k) et en fluidité (f).

Ainsi

$$K = k \cdot f$$

La fluidité étant inversement proportionnelle à la viscosité on a :

$$f = \delta / \mu$$

δ étant le poids spécifique et μ la viscosité dynamique, constantes de l'eau déterminées sur des tableaux k a été tiré des travaux de pédologie de Zante (1983) sur l'enceinte de l'ENSA.

Le flux (q) dû au drainage est donc déterminé par la relation :

$$q = -k \times (\delta / \mu) \times \nabla \tau$$

La consommation en eau des plantes ou évapotranspiration réelle a été déterminée à partir de la formule du bilan hydrique :

$$ETR = A - Dr - AS$$

Dans nos conditions les niveaux d'alimentation hydrique sont supposés optimaux ce qui nous a permis de poser l'équation du bilan hydrique sous la forme :

$$ETR = ETM = A - Dr - AS, \text{ avec } ETM = \text{Evapotranspiration Maximale}$$

3.2.2. Suivi de la croissance et du développement

3.2.2.1. Mesure de l'indice foliaire

La mesure de l'indice foliaire a été effectuée hebdomadairement à l'aide de l'analyseur LAI 2000. Cet appareil permet une estimation du développement et de la structure du couvert végétal des parcelles. En effet la pénétration du rayonnement solaire incident, la température de l'air, la productivité, l'évapotranspiration, sont d'autant de facteurs qui dépendent directement de la distribution du couvert végétal au sein de la parcelle.

Le principe repose sur le calcul, à l'aide d'un algorithme, à partir de la différence entre le flux quantique mesuré au dessus de la canopée et celui mesuré en différents points en dessous.

L'appareil est constitué d'une manche et d'un boîtier. La manche connectée au boîtier porte un capteur optique protégé par un cache muni d'une fente adéquate suivant l'intensité lumineuse (celle-ci sera d'autant plus petite que le rayonnement est important). Avant le démarrage des mesures certaines opérations de calibrage au cours desquelles les options adéquates de lecture sont choisies.

La mesure est simple et consiste à placer la manche au point voulu et à appuyer sur le bouton de mise en route ; on entend par la suite un bip qui annonce la première et un second qui signale l'accomplissement des répétitions programmées. Nous avons débuté avec la mesure en haut suivie quatre mesures faites en diagonal sur le long l'interligne à partir du pied d'un individu de la parcelle. Après trois répétitions au sein d'une parcelle, l'écran affiche la valeur moyenne de l'indice ainsi que celle de l'erreur standard sur sa mesure.

Les données peuvent être immédiatement transférées à l'ordinateur grâce au programme C 2000, ou visualiser sur l'écran pour une lecture directe.

3.2.2.2. Mesures agromorphologiques.

Ces mesures ont porté respectivement sur le nombre de feuilles par pied et le poids de matière sèche aérienne et souterraine. Elles ont été réalisées, avec une fréquence de 15 jours en raison de 3 répétitions par parcelle élémentaire

Parallèlement des observations ont porté sur les dates de floraison, de début de tuberisation et sur le nombre moyen de fleurs par axe d'inflorescence.

CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1. Caractéristiques climatiques du site d'étude

4.1.1. Pluviométrie

La hauteur de pluie est de 448,5 mm, soit un déficit de 93,6 mm par rapport à la moyenne annuelle de 1950 à 1996. En effet, les décades les plus pluvieuses restent la dernière du mois d'août et la première de septembre (Tableau 3)

Tableau 3 : Evolution des paramètres climatiques. T.moy. = Température moyenne journalière en °C ; H.R.moy = Humidité relative moyenne journalière en % ; D.I.moy. = Durée d'insolation moyenne journalière en heures ; E.V.Piche = Evapotranspiration Piche moyenne journalière en mm ; V.V.moy = Vitesse moyenne journalière du vent en m/s ; ETP = Evapotranspiration Potentielle moyenne journalière calculée par la méthode de Penman en mm /j ; Pluvio. = Cumul de la pluviométrie hebdomadaire en mm.

Période	T.moy.	HR.moy	D.I.moy.	E.V.Piche	V.V.moy.	ETP	Pluvio.
- 17/06	27,52	67,57	-	3,91	2,27	-	0
17 - 24/06	28,17	65,35	-	3,84	2,43	-	0
24 - 01/07	28,35	65,78	-	3,74	2,48	-	0
01 - 08/07	29,56	67,42	8,77	4,13	2,48	7,30	0
08 - 15/07	28,82	69,86	8,13	3,38	2,36	6,05	0
15 - 22/07	28,61	69,71	9,30	3,67	2,77	6,63	0
22 - 29/07	29,26	70,36	8,67	3,07	2,49	6,41	13
29 - 05/08	27,98	69,43	8,45	2,98	2,38	6,03	12,5
05 - 12/08	27,74	66,71	9,18	3,77	2,89	6,81	0
12 - 19/08	27,94	72,07	9,04	2,50	1,77	5,54	36
19 - 26/08	27,59	73,78	6,85	1,93	2,42	5,32	21
26 - 02/09	27,33	77,20	5,11	1,68	1,81	4,48	11 1
02 - 09/09	27,57	78,85	7,84	1,84	1,61	5,80	60,5
09 - 16/09	28,45	75,71	5,81	1,76	1,10	4,60	9
16 - 23/09	28,85	76,42	7,4 1	1,82	1,60	5,69	45,5
23 - 30/09	28,57	73,71	8,14	2,48	1,99	5,55	54
30 - 07/10	28,33	73,21	8,5	2,61	1,99	5,82	65
07 - 14/10	28,27	71,50	9,10	2,92	1,85	5,91	20
14 - 21/10	27,41	72,71	7,74	3,71	2,75	5,83	0

4.1.2. Insolation-Température

L'évolution de l'insolation moyenne durant la période de l'étude, montre une variation plus ou moins importante de celle-ci avec un maximum de 9,3 heures en mi-juillet- avec l'approche de l'hivernage et minimum de 5,11 heures du 26/08 au 02/09

Les températures quant à elles varient autour d'une moyenne de 28,20 °C. Le mois le plus chaud est celui de juillet et surtout la première semaine avec une moyenne de 29,6 °C par jour avec l'approche de la saison des pluies ; alors que la période allant du mois d'août à la première décennie de septembre a enregistré les plus faibles températures.

4.1.3. Humidité relative - Evaporation

L'humidité relative moyenne hebdomadaire suit le cycle de la saison avec un maximum durant la deuxième semaine de Septembre

L'ETP déterminée par la méthode de Penman a été calculée à l'aide du logiciel Sanji. Sa variation est faible avec des valeurs qui tournent autour de 5 mm/j.

4.1.4. Vent

La vitesse moyenne journalière durant cette période est de 2,2 m/s. Sa variation est faible avec un maximum moyen décadaire de 2,8 m/s en juillet et un minimum de 1,1 m/s durant la première semaine de septembre.

4.2 Conditions d'alimentation et l'état hydriques des plantes

4.2.1. Les apports hydriques

L'essai a été mis en place durant la fin de la période sèche et s'est poursuivi jusqu'à la fin de l'hivernage. Les apports durant la première période (du semis au 52 jas) étaient essentiellement sous forme d'irrigation par aspersion avec un système de rampes pivotantes. Le cumul de l'irrigation durant cette période est de 204 mm en moyenne pour l'ETM 80%, et 248 mm pour ETM 100% (Tableau 3). Pendant cette période, quelques rares pluies de faibles quantités ont également été notées.

Tableau 4 : Planning des apports hydricfues avant l'hivernage

Date	ETM 80%	ETM 100 %
08/06/97	7.2	7.2
10/06/97	15.0	11.0
12/06/97	7.5	9,0
16/06/97	15.0	15.0
19/06/97	5.8	11.4
20/06/97	17.2	16.9
23/06/97	5.6	9,0
26/06/97	5.5	5,5
01/07/97		15,0
03/07/97	12,0	15,0
08/07/97	12,0	15,0
11/07/97	12,0	15,0
17/07/97	12,0	15,0
20/07/97	12,0	15,0
25/07/97	25,0	28,0
31/07/97	12,0	15,0
04/08/97	24,5	23,5
09/08/97	4,3	7,2
TOTAL	204,6	248,8

A partir du 12/08/97 (52 jas), avec l'installation effective de l'hivernage. l'évolution de la pluviométrie a été suivie journalièrement à la station météorologique de l'ENSA (Figure 7) Au début du mois de septembre, de fortes pluies ont été enregistrées. Le cumul pluviométrique durant cette période a été de 422 mm sur l'ensemble des deux régimes.

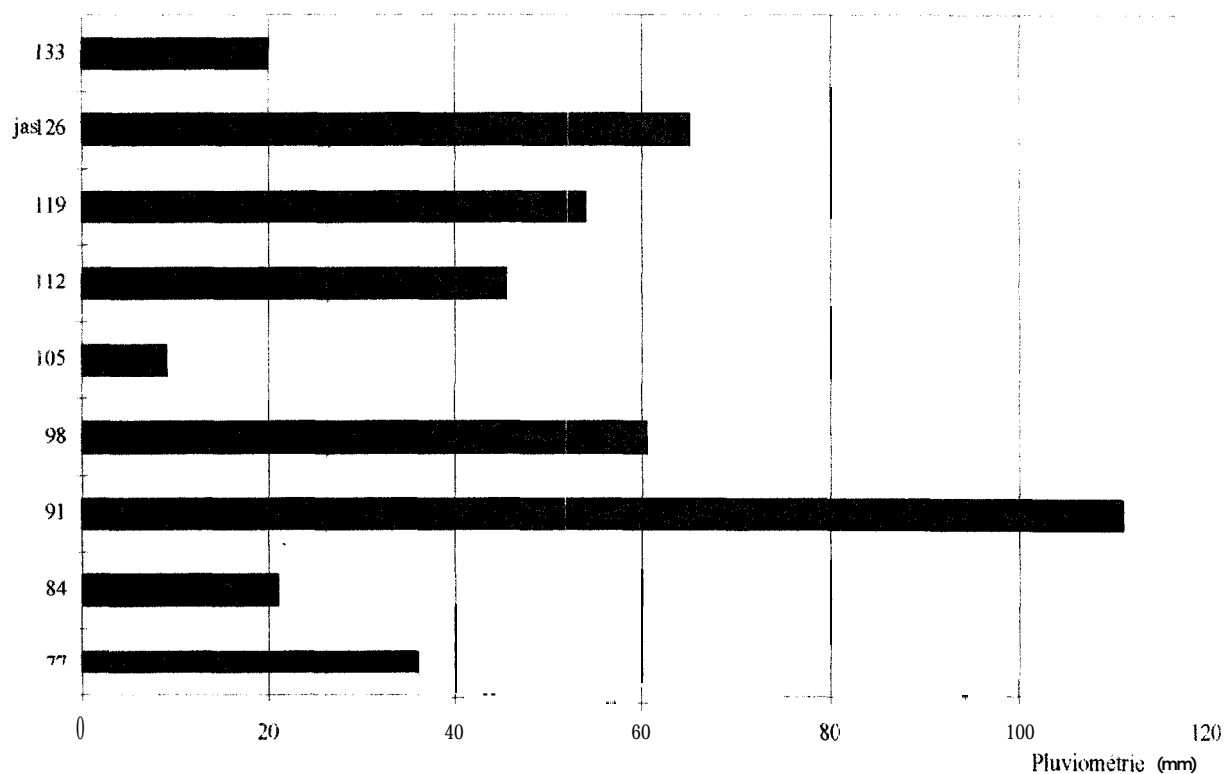


Figure 7 Pluviométrie de la période d'étude.

Ainsi, la totalité des apports hydriques est estimée respectivement à 626 et 670 mm pour ETM 83% et ETM 100% durant tout le cycle pour assurer un niveau satisfaisant d'alimentation des plantes. L'état hydrique des plantes dans ces conditions d'alimentation en eau a été suivi par la mesure du CRE et du potentiel hydrique foliaire.

4.2.2. Le contenu relatif en eau (CRE)

La mesure du CRE nous a permis de suivre l'évolution de l'état hydrique de la plante. En effet, la valeur moyenne au cours du cycle tourne autour de 90 % (Figure S) pour l'ensemble des variétés. L'analyse de la variance ne montre pas de différences significatives au seuil de 5 % entre les traitements. Ainsi, on a pu s'assurer de la bonne teneur en eau de notre culture qui traduit une alimentation hydrique satisfaisante.

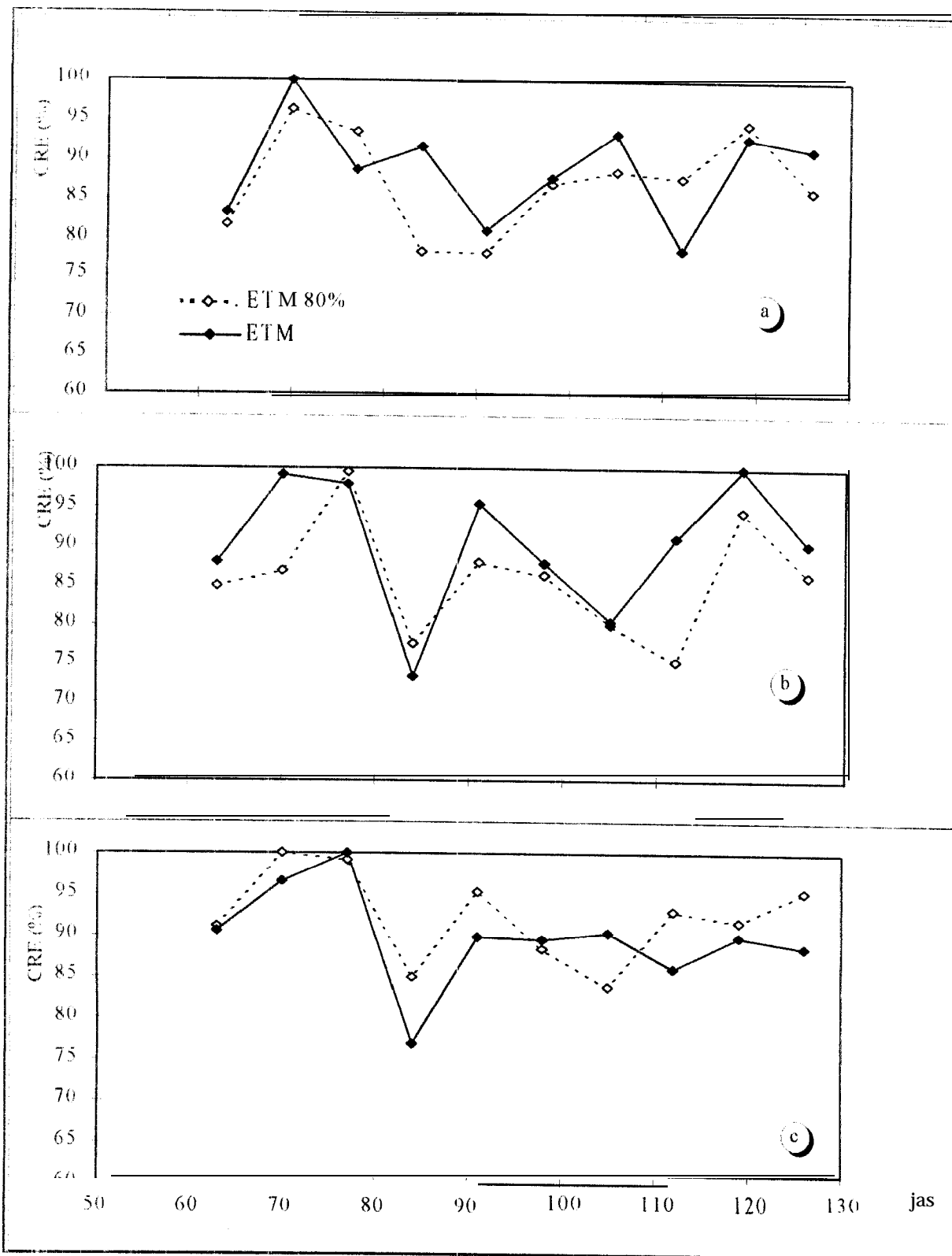


Figure 8 : Evolution du contenu relatif en eau **au** cours du cycle chez *Pachyrhizus erosus*. (a) EC 114 ; (b) EC 117 ; (c) : EC 204.

Toutefois, le CRE ne rend compte que du volume d'eau dans la plante. Pour apprécier l'état énergétique de l'eau dans la plante, la mesure du potentiel hydrique a été réalisée, ce dernier contrôlant les flux d'eau entre le sol et la plante.

4.2.3. Le potentiel hydrique

L'évolution du potentiel hydrique des plantes durant tout le cycle est compris entre un maximum de -0,7 MPa et un minimum de -1,05 MPa (Figure 9).

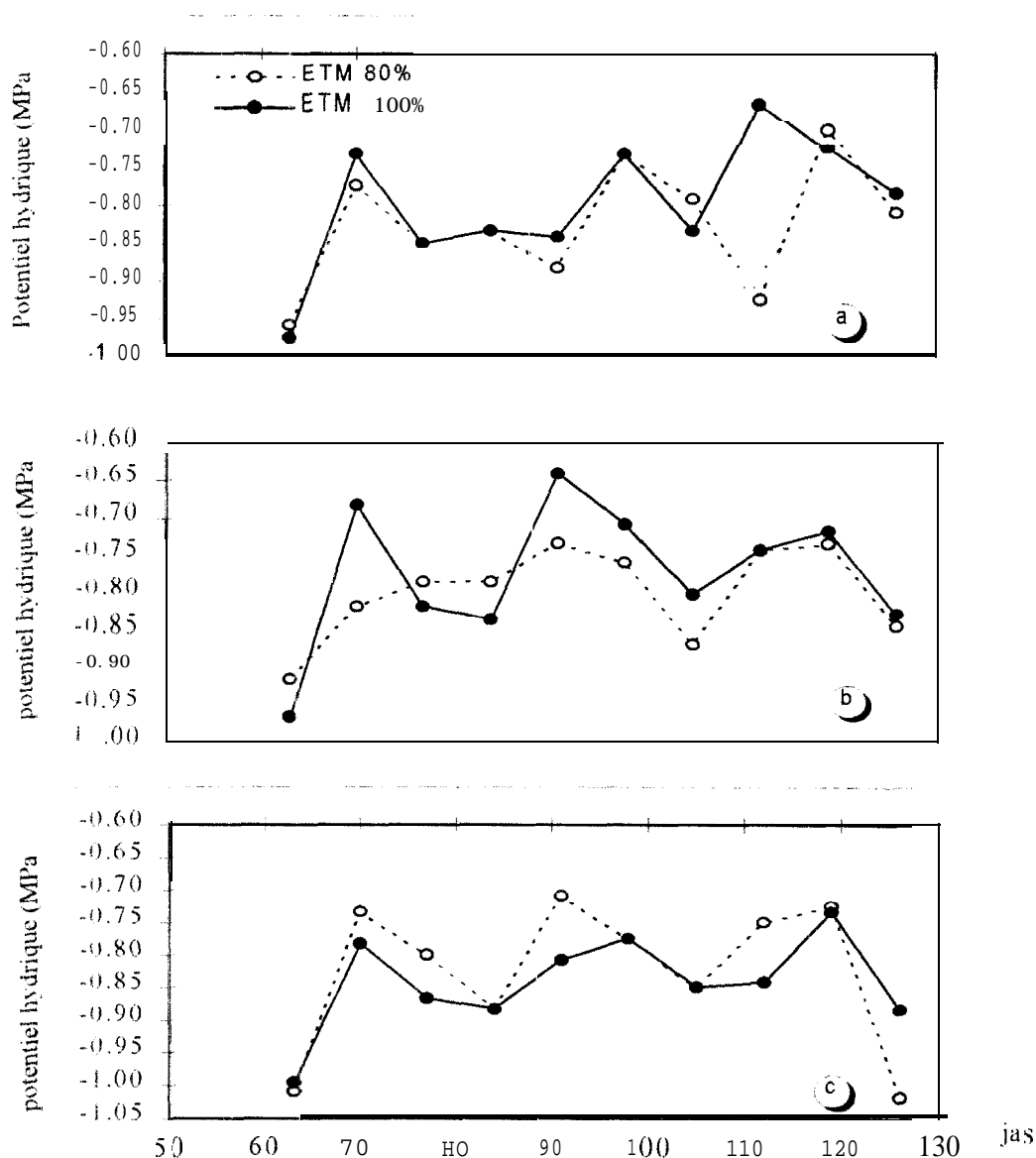


Figure 9 : Evolution du potentiel hydrique foliaire au cours du cycle chez *Pachyrhizus erosus*. (a): EC114. (b) EC 117 (c) EC 203.

Cette gamme de variation est caractéristique de niveaux de potentiels élevés. Ceci confirme le bon comportement hydrique des plantes durant tout le cycle.

4.3. Développement morphophénologique

4.3.1. Phénologie

Les mesures agromorphologiques ont permis de suivre les différents stades de développement et de production (Tableau 5)

Tableau 5 : Phenologie de *Pachyrhizus erosus* au cours du cycle

Observations	Nombre de jours apres semis
Levée	15
Début de tubérisation	57
Floraison	72
Nouaison	92
Début de formation des gousses	98
Récolte	133

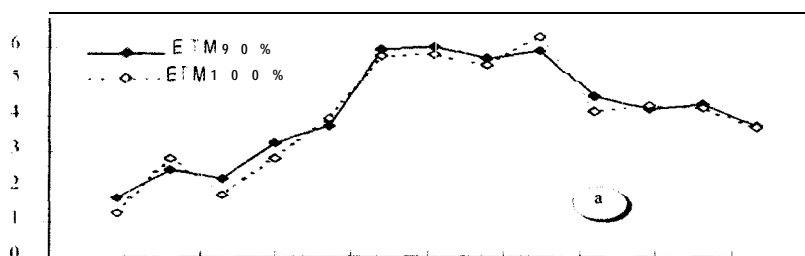
La phase végétative a duré près de deux mois du 10/06 au 10/07 environ (période de jours longs) : de la germination à la floraison. C'est durant cette période que s'effectue la mise en place et le développement des sources (organes photosynthétiques). Cette phase s'est déroulée au moment où la longueur du jour variait entre au maximum 12,87h et un minimum 12,53h. Selon Zinzou (1987), la durée de cette phase de développement est fortement influencée par les jours longs. Ainsi, en période de jours courts (photopériode inférieur à 12h), cette phase peut être réduite en 4 à 5 semaines. L'initiation tubérale qui est indépendante de la photopériode est intervenue au 57ème jour

La phase reproductive a démarré à partir de la floraison et a duré près de 70 jours (avec seulement une période de jours courts à partir de la deuxième décade du mois de septembre). C'est durant cette phase que s'effectue le remplissage des puits (tubercules et gousses). Ce remplissage des puits est aussi gouverné par les jours courts. En effet, l'initiation tubérale est entamée durant la phase végétative mais le remplissage des puits de tubercules ne s'effectue qu'en jours courts.

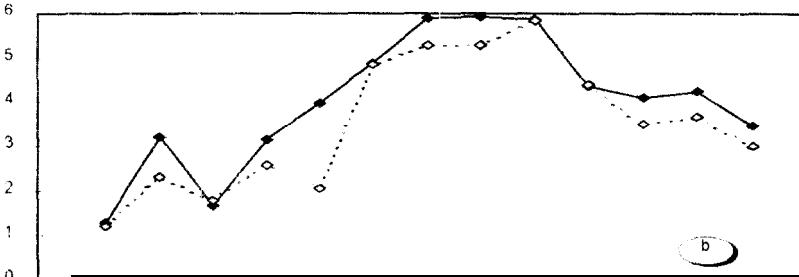
4.3.2. L'indice foliaire ou LAI (Leaf Area Index)

L'évolution de l'indice foliaire (Figure 10) permet de distinguer trois principales périodes au cours du développement de la plante :

Lai



Lai



Lai

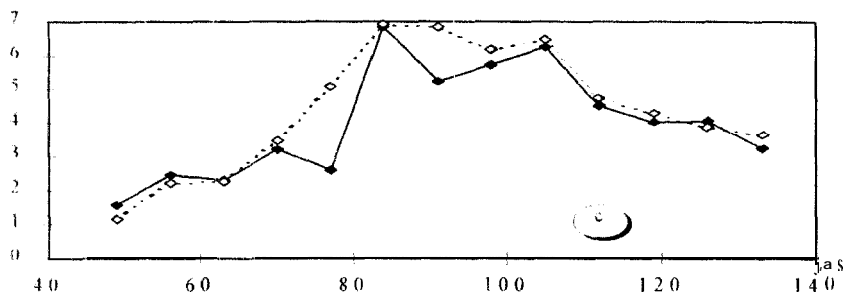


Figure 10. Evolution de l'indice foliaire au cours de développement de la culture - LAI -
 (a) EC 114 ; (b) EC 117 ; © : EC 204.

- une première période allant du semis jusqu'au 90^{ème} jas où cet indice augmente constamment pour atteindre une valeur maximale de 7 pour la variété EC204 et de 6 pour EC 114 et EC 117. Cette période qui va du semis jusqu'à la fin de la tubérisation, correspond aussi à la phase de développement végétatif. La plante met en place et développe ses organes végétatifs, par ramification, croissance et émission des feuilles (Figure 11).

- une deuxième période du 90^{ème} au 110^{ème} jas où les valeurs de l'indice foliaire se maintiennent au maximum. Dans cette phase commence la formation des gousses et le remplissage des puits de tubercules. Le développement végétatif est complet et le nombre de feuilles est au maximum.

- une troisième période du 110^{ème} jusqu'à la récolte où on note une diminution de l'indice

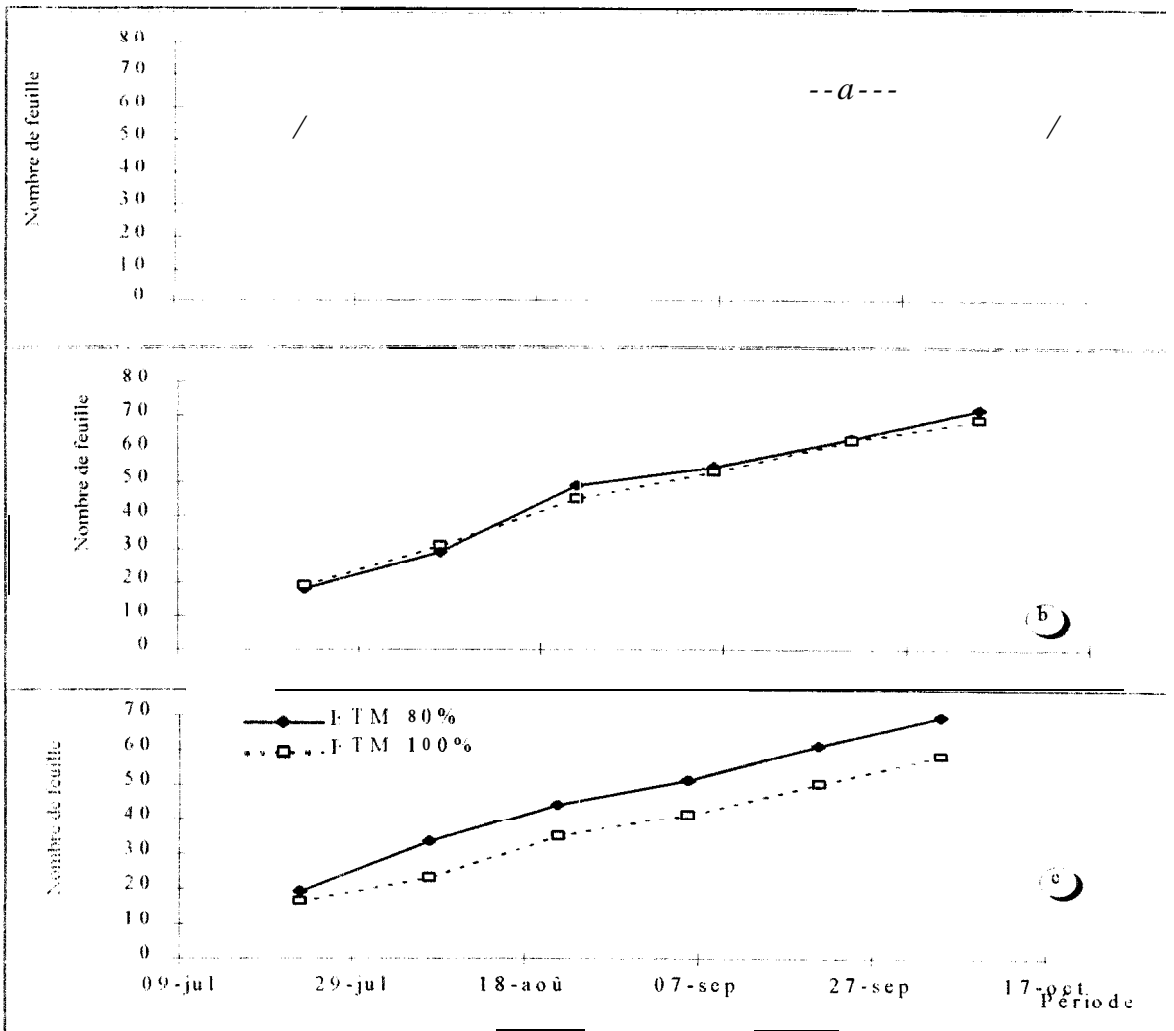


Figure 11 Evolution du nombre de feuilles au cours du cycle chez (a) : EC 114 ; (b) EC 117 (c) EC 204.

En effet, a cette période de jours courts, le remplissage des puits (tubercules et gousses) se poursuit bien.. Zinzou(1987) Les assimilats durant cette période de jours courts sont utilisés pour remplir les gousses et surtout les tubercules. Ceci peut ainsi entraîner un ralentissement ou un arrêt de la croissance foliaire.

4.4. Bilan hydrique

4.4.1. Teneur en eau du sol

L'étalonnage de la sonde à neutrons TROXLER 4300 qui a été réalisé par la méthode gravimétrique a permis d'établir une relation entre l'humidité volumique du sol et le comptage neutronique. On obtient l'équation : $H_v = 0,0514 \times N_r - 1,27$ (Figure 12)

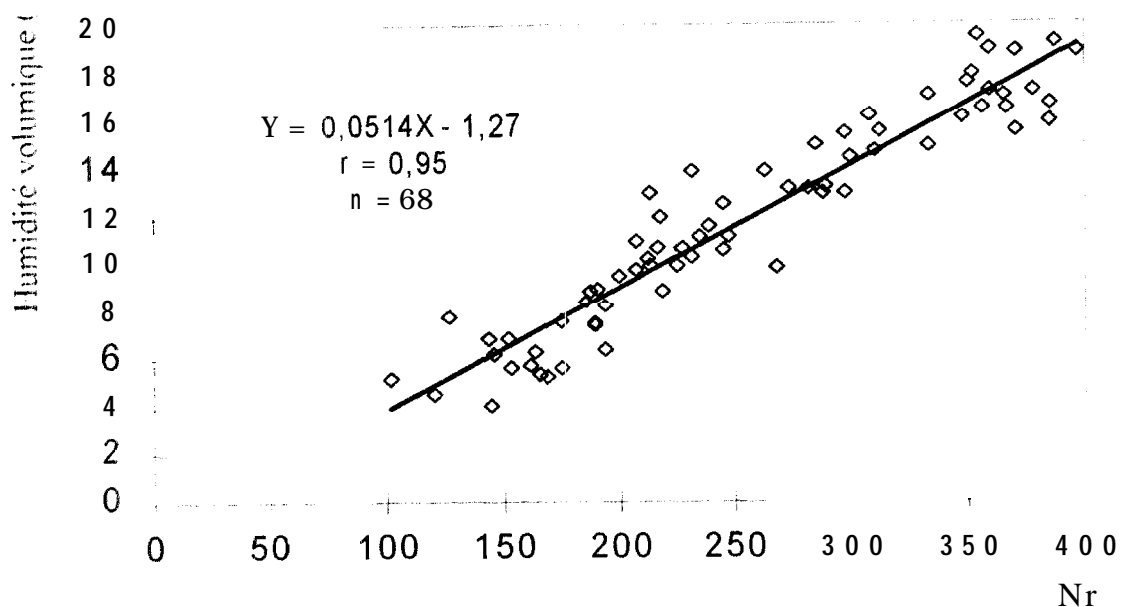


Figure 12 Etalonnage de l'humidimètre neutronique Troxler 4 300

Ainsi, à partir des mesures neutroniques effectuées une fois par semaine, on a déterminé avec cette équation, les humidités volumiques pour chaque horizon à l'aide du logiciel Bipode. Pour les horizons superficiels (0 - 20 cm), le suivi de la teneur en eau a été effectué par la gravimétrie.

4.4.1.1. Evolution des profils hydriques

Le suivi des teneurs en eau fait apparaître pour toutes les parcelles deux périodes distinctes :

- une période caractérisée par une humidification progressive des horizons superficiels correspondant à la période du semis jusqu'au début du mois d'août où les quantités d'eau apportées étaient relativement contrôlées ;
- et une deuxième période caractérisée par une forte accumulation de l'eau au niveau des horizons profonds

Phase d'humectation progressive des horizons superficiels

Les profils des parcelles avant semis présentent une teneur en eau relativement élevée (12%). Ceci s'explique par le précédent cultural (patate) qui a été installé en culture irriguée. Durant la contre-saison les apports (irrigations) ont entraîné la descente progressive du front d'humectation jusqu'à 100 cm à la date du 19/08 pour des valeurs d'humidités qui tournent autour de 16% essentiellement au niveau des horizons superficiels, Les horizons profonds restant encore à sec

Phase d'accumulation d'eau au niveau des horizons profonds

Avec l'installation de l'hivernage, le contrôle des apports hydriques s'est fait difficilement. En effet, durant cette période correspondant allant du 94 jas jusqu'à la récolte les teneurs en eau des horizons de surface diminuent suite à des pertes par absorption et évapotranspiration. En revanche, les fortes pluies de la troisième décennie du mois d'août au début du mois de septembre ont entraîné une descente rapide

du front d'humectation jusqu'au fond du tube dans certaines parcelles. Ce qui entraîne une forte accumulation de l'eau avec la poursuite des pluies (humidités de 20 %) au niveau des horizons les plus profonds de certaines parcelles. A partir de ce moment le devenir de l'eau est plus difficile à contrôler. Elle peut drainer verticalement dans le substrat latéritique au niveau de la roche mère qui est latéritique ou latéralement.

Au niveau des parcelles à profondeur plus importante une descente brutale du front d'humectation a été observée. Ce front n'ayant pas dépassé le fond du tube, le bilan complet au niveau des parcelles a pu être établi.

4.4.1.2. Evolution des stocks d'eau

Le suivi des teneurs en eau du sol fait apparaître pour toutes les parcelles deux périodes distinctes :

- une période caractérisée par une humidification progressive des horizons superficiels correspondant à la période de semis jusqu'au début du mois d'août où les quantités d'eau apportées étaient relativement moins importantes ; et
- une deuxième période caractérisée par une forte accumulation d'eau au niveau des horizons profonds et correspondant aux fortes pluies du mois d'août. Ces stocks sont très peu variables, et ce qui témoigne de la stabilité du régime des apports.

4.4.2. Détermination des besoins en eau : ETM

Elle a été déterminée à partir de l'équation du bilan hydrique :

$$ETM = P + I - \Delta S \pm Dr$$

en négligeant le drainage, on obtient l'équation :

$$ETM = P + I - \Delta S$$

L'évolution de l'ETM s'effectue en trois phases :

- une première phase du semis au 91^{er} jas où elle évolue constamment jusqu'à une valeur maximale faisant ainsi un cumul de 301 mm pour la variété EC 114, 413 mm pour la EC 117 et 300 mm pour la EC204. En effet l'augmentation progressive de la consommation en eau pendant cette phase s'explique par la mise en place et le développement des organes végétatifs. La variation des ETM durant cette phase suit aussi celle de l'indice foliaire.
- une deuxième du 91^{er} au 119^{er} jas où les valeurs sont au maximum pour un cumul de 178 mm pour la variété EC 114, 231 mm EC117 et 231 mm pour la variété EC204. Cette période correspond aux stades de production de la plante avec le remplissage des puits de tubercules. En effet, durant cette période l'indice foliaire étant au maximum l'évaporation au sein de la parcelle correspond essentiellement à la transpiration des plantes.
- à partir du 119^{er} jas l'ETM diminue et cette chute est synchronisée avec celle de l'indice foliaire qui marque un arrêt de croissance des feuilles au profit du remplissage des puits de tubercules.

4.4.3. Les coefficients culturaux

L'évolution des coefficients culturaux est estimée sur les parcelles n'ayant pas connu ce problème de drainage (Tableau 6 j)

On constate ainsi :

Pour la variété EC204, on peut dégager trois grandes phases :

- d'abord du semis au 70ème jas où les coefficients culturaux évoluent constamment entre une valeur minimale et 1, correspondant aux stades de développement végétatif de la plante (voir chapitre phenologie)
- du 70ème au 91ème jas où l'évolution du Kc est plus rapide, en effet il passe de 1 à 1,27 pendant 30 jours correspondant à la période de floraison de la plante.
- du 91ème au 112ème pour les valeurs de Kc maximales (1,27 à 1,38) correspondant à la période de formation des gousses de la plante.
- et une dernière phase du 112ème jas à la récolte où les valeurs de Kc diminuent jusqu'à la récolte.

Pour la variété EC114, quatre phases peuvent aussi être distinguées mais avec des valeurs différentes :

- du semis jusqu'après le 70ème jas où les valeurs du Kc évoluent entre une valeur minimale et 1 correspondant toujours aux phases de développement végétatif de la plante
- du 70ème au 91ème jas où le Kc évolue plus rapidement durant cette phase, entre 1 et 1,53 correspondant à la période de floraison à la nouaison.
- du 91 au 119ème jas correspondant à la période de formation des gousses avec des valeurs maximales de Kc
- à partir du 119ème jas le Kc diminue jusqu'à une valeur minimale à la récolte.

Pour la variété EC117, trois phases seulement peuvent être distinguées

- du semis au 77 jas où la plante se trouve dans des stades de développement végétatif avec des coefficients culturaux qui évoluent entre une valeur et 1.

Tableau 6: Evolution de ETM et Kc des 3 variétés de *Pachyrhizus erosus* au cours du cycle

Variété	JAS	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112	119	126
	ETP	41,1	42,6	51,0	42,3	46,4	44,8	42,2	47,6	38,7	37,2	31,3	40,6	32,2	39,8	38,8	40,7	41,3
EC117	KC	0,11	0,18	0,35	0,42	0,54	0,54	-	-	-	0,98	1,18	1,38	1,33	1,28	1,13	1,00	0,87
	ETM	4,53	7,54	18,0	17,8	24,9	24,3	-	-	-	36,3	36,9	55,9	42,8	51,0	43,8	40,8	36,1
EC114	KC	0,14	0,29	0,58	0,61	0,65	0,79	0,92	0,93	0,93	1,24	1,39	1,54	1,55	1,55	1,56	1,56	0,53
	ETM	5,92	12,2	29,4	26,0	30,2	35,3	39,0	44,3	36,2	46,0	43,4	62,3	49,7	61,8	60,4	63,5	21,7
EC204	KC	0,11	0,23	0,30	-	0,44	0,50	0,57	0,67	0,79	1,03	1,1	1,27	1,33	1,35	1,38	1,12	0,87
	ETM	4,66	9,67	15,3	-	20,3	22,5	23,8	32,1	30,6	38,4	36,1	51,7	42,6	53,8	53,5	45,7	35,9

- du 77 au 91ème jas avec des valeurs de Kc comprises entre 1 et 1,37 correspondant à la période de floraison jusqu'à la formation des gousses

du 91ème jas à la récolte les coefficients culturaux chutent jusqu'à une valeur de 0,87

En somme nous constatons ici que l'évolution des Kc suit le développement de la plante. En effet, les valeurs de Kc du semis jusqu'au 70ème jas ($Kc \leq 1$) correspondent aux stades de développement végétatif de la plante allant de la germination jusqu'au développement complet des bourgeons végétatifs

Les valeurs de K_c maximales, supérieures à 1 correspondent aux premiers stades de production. de la pfloraison au début de formation des gousses (70ème au 105ème jas). C'est durant cette phase que la plante effectue le remplissage des puits de tubercules Cette phase correspond aussi à de fortes consommations en eau de la plante. A partir du début de la formation des gousses, l'évolution des K_c diminue jusqu'à la récolte

4.5. Analyse du rendement

L'analyse de la variance du rendement en tubercules ne révèle pas de différences significatives entre les différents traitements. W'empêche qu'en terme de tendance, c'est la variété EC117 en régime hydrique d'ETM 100% (Figure 13) qui donne les meilleurs rendements en tubercules : 4 t/ha. Le rendement en tubercules est faible comparé aux rendements de 10 à 70t/ha des essais multilocaux (Annerose et Diouf, 1996) déjà conduits au Sénégal.

Cette différence est liée aux dates de semis. Les jours longs induisent un allongement des cycles végétatifs et retardent par conséquent la floraison et la tubérisation. Ceci se traduit par un cycle long et un faible rendement lorsque la récolte est précoce (comme ça a été le cas dans cette étude).

En effet, la période de culture comprend essentiellement des jours longs (photopériode de 12,57h en moyenne) de la première décade du mois de juin à la fin de la deuxième décade du mois de septembre, Les jours courts démarrent avec la dernière décade de septembre jusqu'à la récolte (photopériode de 11,7h en moyenne) il apparaît que la durée d'exposition de la culture en jours courts n'a pas été suffisante pour induire un développement optimal des tubercules.

Le taux de matière sèche est faible et ne montre également pas de différences significatives entre les traitements.

En ce qui concerne la production de fanes, la variété EC204 avec le régime à ETM 80% donne la meilleure production en fanes 12 t/ha (Figure 13). Ce rendement est encore faible compare à la production de 15 t/ha obtenue par la SOCA (Diop, 1997 *comm. pers.*).

Les faibles rendements en tubercules peuvent être expliqués par :

- la vigueur du développement des organes aériens due à une bonne alimentation en eau en jours longs ;
- la période de culture qui comprend essentiellement des jours longs (photopériode de 12,57h en moyenne) de la première décade de juin jusqu'à la fin de la deuxième décade du mois de septembre.. Les jours courts démarrent avec la dernière décade de septembre jusqu'à la récolte. (photopériode de 11,7h en moyenne).Le *Pachyrhizus* a besoin de jours longs pour- la mise en place et le développement de la taille des sources photosynthétiques et de jours courts (photopériode entre 11 et 12h) pour l'induction florale, l'initiation à la tubérisation et le développement complet des tubercules (Zinzou, 1987). On peut supposer donc que la durée d'exposition de la culture en jours courts n'est pas suffisante pour un bon développement des tubercules. Par contre la première période (jours longs) s'est assez étalée pour un développement des organes photosynthétiques.

En outre, avec l'essai sur la fertilisation de la patate douce précédant, les épandages d'urée et d'engrais ont certainement favorisé le développement végétatif.

On peut également penser., que la teneur en azote présumée élevée lors de la mise en place de l'expérimentation, pourrait empêcher la noclulation qu'on n'a pas pu observer.

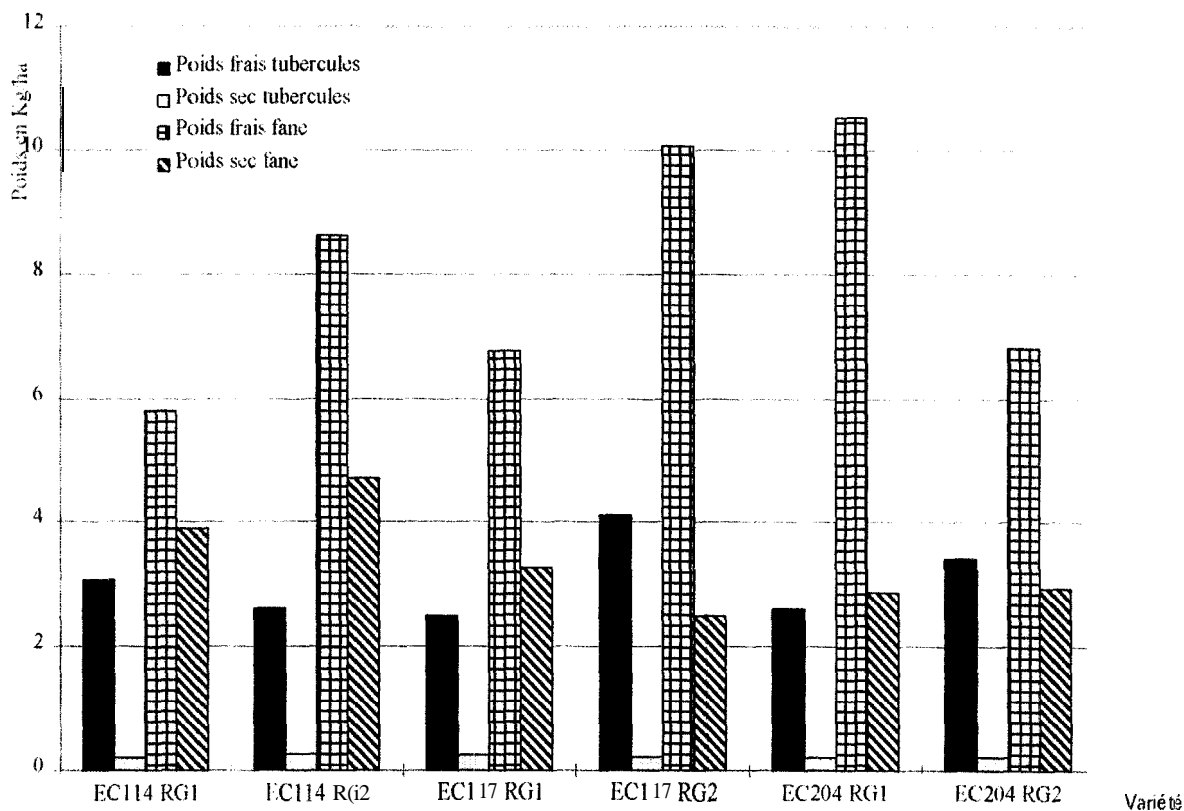


Figure 13 : Rendement à la récolte des trois variétés de *Pachyrhizus erosus* en fonction du régime hydrique.

4.6. Efficacité d'utilisation de l'eau

Elle représente la production de matière sèche par gramme d'eau évapotranspirée Elle est plus importante en tubercules pour la variété ECI 17 (0,4 g/mm d'eau transpirée) que chez les deux autres variétés EC204 (0,35 g/mm) et EC117 (0,29 g/mm) soit 38,5%. Par rapport à la production de matière sèche en fanes la EC1 17 est plus intéressante (2 g/mm).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le Sénégal est un pays dont l'économie repose principalement sur l'agriculture. Une part importante de la production agricole provient des cultures pluviales. Ces cultures sont composées essentiellement de céréales, de légumineuses (arachide et niébé). Les plantes à tubercules sont peu cultivées durant cette période de l'année ; il s'agit principalement du manioc et de la patate douce dans certaines zones du sud du pays. D'où les faibles potentialités du pays en culture de plantes tubérifères qui ont la particularité d'avoir une bonne valeur nutritive. Le *Pachyrhizus* ou igname-haricot fait partie de ces plantes avec une valeur nutritive plus élevée que le manioc et la patate douce, en plus d'une forte teneur en sucres des tubercules (Tropical Legume, 1990, cité par Diouf, 1992). L'importance de l'introduction de cette plante dans le pays s'inscrit dans le cadre de la diversification de la production agricole et de l'amélioration de la moyenne calorifique par habitant et par jour.

En effet l'étude que nous venons de conduire en complément des recherches sur la détermination des densités optimales de semis (Sali, 1997) entre dans ce volet d'introduction de cette culture en milieu paysan. Les besoins en eau estimés à 600 mm pour un cycle de quatre mois peuvent ainsi orienter le premier choix des zones agroécologiques du pays de cette culture. Ainsi, nous que nous suggérons au stade actuel des connaissances, la culture de l'igname -haricot dans les zones du centre vers et vers le sud du pays où la pluviométrie est supérieure ou égale à 600 mm en moyenne.

Cette étude sur les besoins en eau et la détermination des coefficients culturaux n'est pas encore complètement achevée. En effet la détermination de coefficients culturaux d'une culture est une étude répétitive pour une bonne estimation de ceux-ci qui doivent être des constantes en fonction du stade de développement de la culture et des conditions climatiques du site.

Sur le plan agronomique, des études doivent être effectuées sur la détermination des composantes principales du rendement et des critères de classification variétales plus complètes.

En outre, la production de tubercules d'igname - haricot et leur utilisation sont limitées par un certain nombre de contraintes attribuables à la prévalence des maladies et parasites, à la conservation, et à des considérations socio-économiques (habitudes alimentaires). Nous pensons qu'une étude doit être faite sur les techniques adéquates de transformation, de conditionnement, de conservation et d'utilisation des produits dérivés, (Rapport CERAAS, 1996).

En somme, l'igname-haricot est une légumineuse aux potentialités alimentaires (valeur nutritive élevée et une forte teneur en sucres des tubercules), agronomique (avec la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, il peut être un bon précédent cultural pour les céréales) et écologique (effet **insecticide** des gousses) en phase d'introduction dans le pays. C'est pourquoi, l'étude des besoins de cette culture à travers le pays constitue la préoccupation majeure d'un groupe multidisciplinaire composé des chercheurs et de politiques ./.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adjahossou D.F , 1992 - Introduction et évaluation agronomique de quelques espèces du genre *Pachyrhizus* au Bénin (en préparation),
- Ahohuendo B. C., 1985.- Complexe parasitaire de quelques variétés de niébé (*Vigna unguiculata* (L) Walp). Thèse d'ingénieur agronome. Faculté des sciences agronomiques Abomey-Calavi. 140p.
- Anonyme, 1996.- Rapport annuel CERAAS.
- Aubréville A., 1949.- Climats, forêts et désertification de l'Afrique Tropicale. *Paris, Soc. Ed. Géog. Marit. Colon.* . 351p
- Backer L . W., 1984.- L'eau et le sol principes et processus et physiques.
- Barch R. G , A. M Alvarez, Patil S.S., 1981.- A bacterial leaf spot caused by *Pseudomonas syringae* pv *phaseolicola*. *Phytopathology* **71** : **1289-1293**.
- Darcy H , 1956. - *Les fontaines publiques de la ville de Dijon*. Dalmont, Paris.
- Diouf **O** , 1992.- *Pachyrhizus* Rich. ex De Candolle, légumineuse tubérisée à haute potentialité alimentaire et économique : premiers résultats sur l'adaptation à la sécheresse. Mémoire de DEA, UCAD, 64p.
- Duke J.A., 1981.- Handbwook of legumes of World Economic Importance. Plenum Press, New York & London.
- Grum M., *et al.* 1990.- Yam bean (*Pachyrhizus* spp.) variety trials in tonga south-Pacific : Fresh tuber yields, dry matter and nitrogen contents.
- Grum M , Halafihi, 1990.- Annual report from Tonga.
- Grum M, 1990.- Breeding *Pachyrhizus* Rich. ex DC'. : A review of gaols and methods. - PhD Thesis. Dept. Crop Husbandry and plant Breeding. Roy. Vet. Agric. Univ. Copenhagen Danemark. 75p.
- Heredia Z. A., 1985.- Guia para cultivar jicama en el Bajio. Folleto para productores, num 15. Secretaria de agricultura y Recursos Hidraulicos. 11 pp.
- Heredia Z. A., 1992.- San Juan y La Vega de San Juan, dos nuevas variedades de Jicama (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) para la region agricola de Bajio, Guanto, Mexico. Communication in "first international symposium on tuber legumes." Gosier (Guadeloupe), Avril
- Khan T. N., 1980.- International winged by variety trials : Preliminary report, • *The winged Bean Flyer*, **2** (2), 10-11
- Lackey J.A., 1980 - Chromosome numbers in Phaseoleae (Fabaceae-Faboideae) and their relation to taxonomy. *Amer. J. Bot.* **67**. 595-602.
- Nobel P S., 1983.- Biophysical plant physiology and ecology. Freeman W.H. ed., San Francisco, 488p.
- Pockolt T., 1883.- Jacutupe. *Rot. Jahresher*, **8** (1), 451-452.
- Scholander P F., Hammel H.T., Bradstreet E D., Hemmingsen E.A., 1965 • Sap pressure in vascular plants. *Science* **148**. 339-346.
- Sicot M., 1979.- Etalonnage de l'humidimètre SOLO dans les sols sahéliens du bassin versant de la mare d'OURSI (Haute volta).
- Sotensen M., 1988.- The taxonomy revision of the genus *Pachyrhizus*. (Fabaceae-Phaseoleae)

- Sorensen M., 1990.- Observations on distribution, ecology and cultivation of the tuber-bearing legume genus *Pachyrhizus* Rich. Ex. DC. *Wageningen Agric. Univ. Papers*, 90 (3 j), 1-37.
- Sorensen M., 1994.- Proceeding of the first international symposium tuberosus legumes Guadeloupe, F.W.I, 21 - 24 April
- Sorensen M., 1996.- Yam bean
- Sorensen M., 1996.- *Yam bean Pachyrhizus DC. 2. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. IPGRI, 141 p.
- Tropical Legumes, 1979.- Resources for the future. National Academy of Sciences. Washington D C
- Yu T. F . W. F Chin, N T Cheng et T.T. W., 1945.- Studies on *Pythium aphanidemetum* (Edson) Fitz. in china. *Lignan Sci. J.*, 21 (14) : 45-62.
- Zante P , 1983.- Etude pédologique du domaine de l'Institut National du Développement Rural (Thiès-Sénégal) + Notice et Carte de végétation (Reversat F. j. I.N.D.R./ORSTOM, 129p
- Zinzou C., Venthou-Dumaine A., Vansuyt G , 1987.- Croissance et développement du *Pachyrhizus erosus* (Urban). 1, Effet de l'acide gibberlrique et du chlore de chlorocholine en jours courts *Agronomie*, 7 (9), 677-683

RESUME

Le genre *Pachyrhizus* Rich. ex DC est une légumineuse tuberifère originaire de l'Amérique centrale. Son introduction au Sénégal date des années 1988-1989 au niveau des centres de recherche de l'ISRA. Cette plante a déjà fait l'objet de travaux de recherche notamment en physiologie et en agronomie, mais l'extension de sa culture est surtout limitée par la non maîtrise de ses besoins en eau. Ainsi, l'objectif de ce travail était de déterminer les besoins en eau, et d'évaluer la productivité de trois variétés de *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban (EC114, EC 117 et EC204).

Pour se faire, deux types de grandeurs ont été suivies durant le cycle de développement de la plante. Il s'agit .

- des grandeurs qui caractérisent à tout instant l'état hydrique du végétal : contenu relatif en eau (CRE) et potentiel hydrique foliaire (ψ) ;
- des grandeurs relatives au milieu ou au végétal, et définissant les conditions d'alimentation en eau : les composantes du bilan hydrique du sol.

Ainsi, nous avons assuré un suivi de l'état hydrique de la culture à l'aide de mesures du CRE et de ψ , et établi le bilan hydrique à l'échelle de la parcelle élémentaire

Les besoins en eau ont été estimés pour les trois variétés d'igname-hartcot : EC114, EC117 et EC 204 - respectivement à 524, 515 et 532 mm en moyenne. L'analyse de la variance montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les différents traitements

L'ensemble des variétés ont eu un comportement similaire vis à vis des rendements en tubercules et fanes avec 4 t/ha et 8,5 t/ha respectivement

ABSTRACT

Pachyrhizus erosus Rich ex DC commonly known as Yam bean is a native of Central America. It was introduced into Senegal in 1988. However, extensive growth of this crop has been limited by the lack of knowledge about its water needs in this country.

The aim of this work therefore, is to determine the water needs and evaluate the yield of the three varieties at different level of irrigation. Two parameters used to determine plant water status and establish water balance were namely leaf relative water content and water potential

The water consumption of EC 114 was found to be 524 mm while those of EC 117 and EC 204 were 515 and 532 mm respectively. These values did not differ significantly from each other. The varieties also did not differ in terms of tuber and shoot production, 4 t/ha of tuber and 8.5 t/ha of shoot dry matter were produced by the various varieties