

150705715



REPUBLIQUE DU SENEGAL
Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage
Un Peuple - Un But - Une Foi

Institut Sénégalais de
Recherches Agricoles
(ISRA)

A550
D10
5715

Mémoire de Titularisation

**BESOINS EN EAU, CROISSANCE ET
PRODUCTIVITE DU SESAME (*Sesamum
indicum* L.) EN ZONE SEMI-ARIDE DU SENEGAL**

Présenté par

Dr Macoumba Diouf, éco-physiologiste

Devant la Commission d'examen composée de :

Dr Aminata Niane Badiane, agro-pédologue, ISRA-DG, Présidente

Dr Amadou Bâ, agro-technologue, Directeur de mémoire, ISRA-CNRA, Examineur

Dr Harold Roy-Macauley, physiologiste, Directeur du CERAAS/ISRA, Examineur

Dr Aliou Guissé, écologue, maître de conférence, UCAD, Examineur

Dr Amadou Fofana, sélectionneur, ISRA-CRZ/Kolda, Examineur

Dr Modou Sène, agro-pédologue, ISRA-CNRA, Examineur

Dr Abdoulaye Dramé, phytopathologiste, Directeur des Etudes, ENSA, Examineur

Dr Amadou Kane, Chimiste, ITA, Examineur

Février 2002

REMERCIEMENTS

Ce travail a été préparé au Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse (CERAAS), laboratoire national de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) qui en a fourni les moyens techniques et financiers à travers le 7^{ème} Fonds Européen pour le Développement (FED). Il constitue le fruit du travail d'une équipe scientifique et technique et je tiens à remercier tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à sa réalisation.

Cependant, qu'il me soit permis de remercier plus particulièrement :

Dr Papa Abdoulaye Seck, Directeur Général de l'ISRA pour avoir autorisé mon recrutement ;
Dr Taïb Diouf, Directeur Scientifique de l'ISRA pour avoir autorisé la préparation de ce mémoire ;

Dr Harold Roy-Macauley, Chercheur physiologiste, Directeur du CERAAS pour avoir mis à ma disposition les moyens du CERAAS qui ont été nécessaires à la réalisation de ce travail, pour ses remarques constructives et pour avoir accepté de participer comme membre du jury à l'évaluation de ce travail ;

Dr Serge Braconnier, Responsable scientifique au CERAAS pour avoir contribué à l'amélioration de la qualité scientifique du présent document ;

Dr Amadou Bâ, Chercheur agro-technologue au CNRA-ISRA, pour avoir accepté, malgré ses nombreuses occupations, d'assurer la direction scientifique des recherches pour la préparation de ce mémoire, pour ses remarques pertinentes et pour avoir accepté de participer comme membre du jury et rapporteur à l'évaluation de ce travail ;

Dr Aminata Niane Badiane, Chercheur agro-pédologue, Chef de mission du département Productions Végétales de l'ISRA pour avoir accepté de présider mon jury de soutenance ;

Drs Aliou Guissé, Enseignant-chercheur, Maître de conférence au Département de Biologie Végétale de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Amadou Fofana, Chercheur sélectionneur au CRZ/Kolda-ISRA, Modou Sène, Chercheur agro-pédologue au CNRA-ISRA, Abdoulaye Dramé, Enseignant-chercheur phytologiste, Directeur des Etudes à l'ENSA et Amadou Kane, Chercheur chimiste à l'ITA pour avoir consacré de leur temps à la lecture de ce document et avoir accepté de participer à mon jury pour l'évaluation de ce travail.

Tous les chercheurs, les techniciens et particulièrement M. Pape Mamadou Ndiaye, et le personnel d'appui du CERAAS pour leur contribution et leur assistance précieuses.

RESUME

Le sésame (*Sesamum indicum* L., famille des Pédaliacées) est une plante oléagineuse des climats chauds tropicaux et subtropicaux. Au Sénégal, la culture du sésame est relativement ancienne mais a été pratiquement abandonnée du fait de l'introduction et du développement de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) pendant la période coloniale. Avec la dépréciation des produits arachidières au niveau mondial d'une part, et la péjoration climatique d'autre part, sa réintroduction s'est faite au début des années 80 mais sans un paquet technique adéquat. C'est ainsi que, pour promouvoir son développement et son adoption durable par les populations rurales, l'implication de la recherche a été vivement recommandée. C'est dans ce cadre que la présente étude a été menée pour une évaluation agronomique de 7 variétés introduites : Ceraas-1-98 (70 jours), 32-15 (90 jours), 38-1-7 (90 jours), Jaalgon 128 (90 jours), Cross n°3 (95 jours), Yendev 55 (95 jours) et Primoca (120 jours). Pour ce faire, une détermination des besoins en eau, une caractérisation de la croissance et du développement, et une évaluation de la productivité ont été effectuées. Au plan phénologique, les résultats ont permis de montrer que pour toutes les variétés, la floraison est généralement effective lorsque le tiers du cycle est atteint. Sur le plan morphologique, les variétés Primoca et Yendev 55 ont montré une architecture très ramifiée, 32-15, 38-1-7, Jaalgon 128 et Cross n°3 peu ramifiées, alors que Ceraas-1-98 présente un port monotige. Les besoins en eau ont été estimés à 205 mm pour Ceraas-1-98, 486 mm pour Primoca, alors que les variétés 32-15, 38-1-7, Jaalgon 128, Cross n°3 et Yendev 55 ont indiqué des besoins similaires avec une moyenne de 337 mm. Au plan de la productivité, les variétés 32-15, 38-1-7, Jaalgon 128 et Cross n°3 ont été les plus productives avec respectivement 1590, 1455, 1363 et 1193 kg ha⁻¹. Les variétés très ramifiées, Primoca et Yendev 55, se sont avérées moins productives (879 et 747 kg ha⁻¹ respectivement), et moins efficaces quant à l'utilisation de l'eau pour la production de graines alors que la variété Ceraas-1-98, la plus précoce, a donné le rendement le plus faible (625 kg ha⁻¹). Une forte corrélation positive a été mise en évidence entre le rendement en graines et le nombre de capsules par plante.

Mots-clés : *Sesamum indicum* L. (sésame), Besoins en eau, Croissance, Productivité, Sénégal.

ABSTRACT

Sesamum indicum L. (Pedaliaceae) is an important oilseed of hot dry climate areas. Its development in Senegal is recent but the farmers have no adequate cultural practices in order to favour high yield. To promote its sustainable adoption by the rural populations, the authorities have largely recommended the contribution of the research institutes. Thus, this study is intended to evaluate the water needs, the growth and the yield of 7 introduced varieties of sesame : 32-15, 38-1-7, Jaalgon 128, Cross n°3, Yendev 55, Ceraas-1-98 and Primoca in Bambey, a semi arid site. The results show that for all varieties flowering occurs at the first third of the cycle. About the morphology, Primoca and Yendev 55 are well-branched varieties, 32-15, 38-1-7, Jaalgon 128 and Cross n°3 fairly branched whereas Ceraas-1-98 is a single branched variety. The water consumption is more important for Primoca with 486 mm and the varieties 32-15, 38-1-7, Jaalgon 128 and Cross n°3 have similar values with an average of 337 mm. The lowest water need is observed for Ceraas-1-98 with 205 mm. The varieties 32-15, 38-1-7, Jaalgon 128 and Cross n°3 give the highest yields with respectively 1 590, 1 450, 1 363 and 1 193 kg ha⁻¹. Primoca, Yendev 55 and Ceraas-1-98 are less productive with respectively 879, 747 and 625 kg ha⁻¹. The lowest water use efficiency are observed with Primoca and Yendev 55 which are well-branched varieties. Positive correlation is shown between the yield and the number of capsules per plant.

Keywords : *Sesamum indicum* L. (sesame), Water needs, Growth, Productivity, Senegal.

LISTE DES ABREVIATIONS

ACP : Analyse en composantes principales

AFD : Analyse factorielle discriminante

AAJAC/COLUFIFA : Association de la Jeunesse Agricole et Culturelle / Comité de Lutte pour la Fin de la Faim

ANOVA : *Analysis of Variance*

CERAAS : Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse

CNRA : Centre National de Recherches Agronomiques

CRE : Contenu Relatif en Eau

DISA : Division des Statistiques Agricoles

ENSA : Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture

ETM : Evapotranspiration maximale

ETP : Evapotranspiration potentielle

ETR : Evapotranspiration réelle

EUE : Efficience d'Utilisation de l'Eau

Ev bac : Evaporation bac classe A

FAO : *Food and Agriculture Organization of the United Nations*

HRmax : Humidité relative maximale de l'air

HRmin : Humidité relative minimale de l'air

INERA : Institut National d'Etude et de Recherche Agronomiques

IRHO : Institut de Recherche des Huiles et Oléagineux

ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

LAI : *Leaf Area Index* ou indice foliaire

PRIMOCA : Programme de Développement Rural Intégral de la Moyenne Casamance

SNK : Student Newman-Keuls

Tmax : Température maximale de l'air

Tmin : Température minimale de l'air

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
Chapitre 1 : SYNTHESE DES CONNAISSANCES SUR LA CULTURE DU SESAME	3
1.1. Généralités.....	3
1.1.1. Origine, domestication et distribution.....	3
1.1.2. Taxonomie et botanique.....	3
1.1.2.1. <i>Taxonomie</i>	3
1.1.2.2. <i>Botanique</i>	4
1.1.2.2.1. Système racinaire.....	4
1.1.2.2.2. Appareil végétatif.....	4
1.1.2.2.3. Appareil reproducteur et biologie florale.....	5
1.1.3. Phénologie.....	8
1.1.4. Ecologie.....	9
1.2. Techniques culturales.....	11
1.2.1. Système de culture.....	11
1.2.2. Préparation du terrain.....	12
1.2.3. Semis et démariage.....	12
1.2.4. Entretien de la culture.....	12
1.2.5. Fertilisation.....	13
1.2.6. Protection phytosanitaire.....	14
1.3. Techniques de récolte et post-récolte.....	15
1.4. Transformation et utilisations des produits et sous-produits.....	16
1.4.1. Les graines.....	16
1.4.2. L'huile, le tourteau et la farine.....	17
1.4.3. La pharmacopée.....	18
1.5. Quelques acquis des recherches au Sénégal.....	18
Chapitre 2 : MATERIEL ET METHODES	20
2.1. Caractéristiques du site expérimental.....	20
2.1.1. Les sols.....	20
2.1.2. Le climat.....	21
2.2. Matériel végétal.....	21
2.3. Méthodes d'étude.....	22
2.3.1. Conduite de la culture.....	22
2.3.2. Dispositif expérimental.....	22
2.3.3. Echantillonnage.....	22
2.3.4. Conditions environnementales de l'essai.....	25
2.3.5. Méthodes d'observation et de mesure.....	25
2.3.5.1. Suivi du bilan hydrique et évaluation de la consommation en eau.....	25

2.3.5.2. Suivi de la croissance et du développement.....	27
2.3.5.3. Suivi de l'état phytosanitaire des cultures.....	27
2.3.5.4. Suivi de l'état hydrique des plantes.....	28
2.3.5.5. Analyse de la récolte	28
2.3.6. Méthode de traitement et d'analyse des données	28
Chapitre 3 : RESULTATS ET DISCUSSION.....	29
3.1. Résultats	29
3.1.1. Evolution des paramètres environnementaux	29
3.1.1.1. Pluviométrie	29
3.1.1.2. Température	30
3.1.1.3. L'insolation	31
3.1.1.4. Humidité relative.....	31
3.1.1.5. Vitesse du vent	32
3.1.1.6. Evapotranspiration potentielle (ETP).....	32
3.1.2. Etat phytosanitaire.....	33
3.1.3. Contenu relatif en eau	34
3.1.4. Phénologie.....	34
3.1.5. Suivi du bilan hydrique et consommation en eau des variétés.....	36
3.1.5.1. Conditions de réalisation.....	36
3.1.5.2. Evolution des profils hydriques.....	36
3.1.5.3. Evolution des stocks d'eau dans le sol.....	39
3.1.5.4. Les coefficients culturaux	39
3.1.5.5. Consommation en eau	40
3.1.6. Suivi agro-morphologique.....	41
3.1.6.1. Indice foliaire ou LAI.....	41
3.1.6.2. Paramètres de croissance.....	42
3.1.7. Rendement et ses composantes	43
3.1.7.1. Poids de matière sèche des tiges (PMST)	43
3.1.7.2. Rendement en graines	44
3.1.7.3. Efficience d'utilisation de l'eau (EUE).....	44
3.1.7.4. Poids de mille graines (P1000G).....	45
3.1.7.5. Composantes du rendement	46
3.1.7.6. Analyses multivariées	47
3.2. Discussion	50

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Aspect de la partie épigée de la plante..	5
Figure 2 : Principaux stades phénologiques d'un plant de sésame..	8
Figure 3 : Schéma du dispositif expérimental.	24
Figure 4 : Répartition mensuelle de la pluviométrie (P en mm) au cours de l'hivernage 1999.	29
Figure 5 : Répartition journalière de la pluviométrie (P en mm) au cours du cycle de développement.....	30
Figure 6 : Répartition décadaire de la pluviométrie (P en mm) au cours du cycle de développement.....	30
Figure 7 : Evolution des températures au cours du cycle de développement.	31
Figure 8 : Evolution de la durée d'insolation journalière au cours du cycle de développement.	31
Figure 9 : Evolution de l'humidité relative maximale et minimale au cours de l'expérimentation.....	32
Figure 10 : Evolution de la vitesse du vent durant le cycle de développement.	32
Figure 11 : Variation de l'évapotranspiration potentielle au cours du cycle de développement.	33
Figure 12 : Evolution du contenu relatif en eau (CRE) des feuilles du 24 au 59 ^e jas.	34
Figure 13 : Taux de levée des 7 variétés à 14 jas.	35
Figure 14 : Droite d'étalonnage de la sonde à neutrons Troxler T7 sur le site de l'essai.	36
Figure 15 : Evolution des profils hydriques au cours du cycle cultural des variétés Ceraas-1-98 (a), 32-15 (b) et Primoca (c).	38
Figure 16 : Evolution des stocks d'eau dans le sol (0-270 cm) au cours du cycle de développement.....	39
Figure 17 : Valeurs des coefficients culturaux (kc) des variétés au 31 ^e jas.	40
Figure 18 : Consommation en eau des variétés étudiées.....	41
Figure 19 : Evolution de l'indice foliaire des variétés au cours du cycle de développement.	42
Figure 20 : Evolution de la tige principale des variétés.	43
Figure 21 : Production de matière sèche des tiges chez les 7 variétés.	44
Figure 22 : Rendement en graines des variétés.	44
Figure 23 : Efficience d'utilisation de l'eau pour la production de matière sèche des tiges (a) et pour les graines (b).	45
Figure 24 : Poids de mille graines (P1000G) des variétés.	46
Figure 25 : Résultats de l'analyse en composantes principales sur les 7 variétés.	48
Figure 26 : Résultats de l'ACP sur les 6 variétés selon le plan 1-2 (a) et le plan 1-3 (b).	49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des géotypes étudiés. Sources : Djigma (1985), Schilling et Cattan (1991), Zagre <i>et al.</i> (1999) et Guèye (2000).....	21
Tableau 2 : Phases du cycle phénologique des 7 variétés.....	35
Tableau 3 : Valeurs moyennes des coefficients culturaux des variétés pour différentes phénophases.	40
Tableau 4 : Paramètres de croissance des variétés.....	42
Tableau 5 : Caractéristiques des capsules des variétés.	46
Tableau 6 : Corrélation des variables avec les axes ou composantes principales de l'ACP. .	47
Tableau 7 : Valeurs propres des axes principaux de l'ACP.....	48
Tableau 8 : Distances (D) de Mahalanobis entre les groupes.....	49
Tableau 9 : Matrice de corrélation totale entre variables.....	50

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Mode d'insertion des capsules sur la tige principale d'un plant de sésame.....	7
Photo 2 : Aspect d'un plant de sésame à maturité. Photo : M. Diouf	9
Photo 3 : Aspect d'un plant atteint de phyllodie. Photo : M. Diouf.....	15
Photo 4 : Dispositif de séchage de la récolte de sésame au champ.	16

INTRODUCTION

Le sésame est une culture à haute potentialité alimentaire et économique, avec une teneur en protéines comparable à celle de la viande (FAO, 1969). A l'échelle mondiale, le sésame est généralement rencontré jusqu'au 25^{ème} parallèle de part et d'autre de l'équateur, mais il est également cultivé ailleurs, notamment en Chine, aux Etats Unis et en Russie à 40° Nord, en Australie à 30° Sud et en Amérique du Sud à 35° Sud (Weiss, 1971 ; Yahya, 1998).

La production mondiale en graines est de 2 292 000 tonnes (FAO, 1999a), avec des parts respectives pour l'Asie, l'Afrique, l'Amérique du Nord et du Centre, et l'Amérique Latine de 1 628 000, 538 000, 78 000 et 48 000 tonnes. Les plus grands producteurs sont les pays asiatiques (Inde, Chine, Pakistan et Turquie), suivis des pays africains et américains, alors que les plus grands exportateurs sont le Soudan, l'Éthiopie le Nigeria et le Burkina Faso où le sésame représente une véritable source de devises, avec une participation au PIB souvent considérable (IRHO, 1984 ; Purseglove, 1984 ; Schilling & Cattan, 1991). En général, les exportations se font vers le Japon, l'Italie et le Venezuela où le produit est perçu comme une source alimentaire incontournable.

Au Sénégal, la culture du sésame est relativement ancienne puisque sa pratique en Casamance (région naturelle du sud) remonte à l'époque coloniale. Cependant, après l'indépendance, le sésame avait pratiquement disparu et ne subsistait qu'à l'état de vestige pour les besoins de la pharmacopée traditionnelle (CRS, 1999). Il a été réintroduit par l'Association Africaine de la Jeunesse Agricole et Culturelle/Comité de Lutte pour la Fin de la Faim (AAJAC/COLUFIFA) en 1985 en Moyenne Casamance (Région de Kolda, Département de Sédhiou) à partir de la Gambie (CRS, 1999) de façon extensive et informelle.

La réintroduction de la culture est intervenue suite à la dégradation de l'environnement agraire liée à la péjoration du climat depuis les années 70. Cette dégradation a provoqué une baisse persistante de la productivité des cultures traditionnelles vivrières (mil, sorgho, maïs, niébé) et des cultures de rente (arachide). Parallèlement, les besoins croissants en terres de culture, du fait de la pression démographique, ont entraîné la disparition de la jachère, provoquant ainsi une baisse de la fertilité des sols.

Dans ce contexte, la diversification des cultures peut représenter une solution pour assurer la sécurité alimentaire et financière des agriculteurs. C'est en cela que la culture du sésame, connue pour ses besoins modestes en eau et en fumure (Purseglove, 1984) et qui semble répondre aux exigences de ce nouveau contexte, a enregistré depuis 1985 une forte reprise en Afrique de l'Ouest et au Sénégal en particulier. Ainsi, ces dernières années, on observe dans cette sous-région ouest africaine, une production en constante augmentation (5 000 à 12 000 tonnes) et une exportation très dynamique (Dabat, 1999).

Au plan institutionnel, cette stratégie de diversification a été largement prise en compte par les pouvoirs publics (Soleil du 9 avril 1998 : Conseil des Ministres du 7 avril 1998 ; ISRA, 1998 : Plan stratégique 1998-2003) et leurs partenaires du développement tels que les structures d'encadrement (PRIMOCA : Programme de Développement Rural Intégral pour la Moyenne Casamance) et les ONGs (Catholic Relief Services –CRS- et Vétérinaires Sans Frontières –VSF-) qui ont fait de la promotion de la culture du sésame une priorité en l'intégrant dans le programme agricole national.

Actuellement, cette culture est essentiellement localisée dans les régions sud à sud-est du pays (régions de Kolda, Ziguinchor et Tambacounda) où les principales cultures sont l'arachide, le riz, le maïs, le sorgho, le mil et le coton. Dans ces zones, le sésame est de plus en plus cultivé, d'une part du fait des problèmes rencontrés avec les principales cultures de rente que sont le

coton et l'arachide (coût et disponibilité des intrants, rentabilité), d'autre part parce qu'il est facile à cultiver et ne semble pas entrer en compétition avec les spéculations traditionnelles. De plus, le sésame a de multiples utilisations (alimentation humaine et animale, margarinerie, confiserie, pharmacie, parfumerie, savonnerie, cosmétiques, pharmacopée) (Weiss, 1971) ; ce qui en fait une source appréciable de revenus pour les agriculteurs. Cette tendance est maintenant renforcée par l'existence d'un marché lucratif mais informel pour l'exportation, d'une huilerie d'une capacité de 1600 t an⁻¹ à Faoune (Région de Kolda, Département de Sédhiou) et de petites unités artisanales de transformation (CRS, 1999). En raison de la grande valeur nutritionnelle et marchande de ses produits, le sésame peut ainsi contribuer à assurer la sécurité alimentaire et à l'amélioration du niveau de vie des populations.

Dans les régions sud, le sésame est utilisé surtout pour l'alimentation humaine (graine, huile et dérivés) et pour l'alimentation animale (tourteau). Toutefois, un diagnostic effectué par l'Institut de Technologie Alimentaire (ITA) dans le département de Sédhiou a montré que les variétés cultivées étaient inadaptées à la transformation avec des rendements d'extraction d'huile faibles et une qualité des produits à base de sésame non satisfaisante. Quant au tourteau, des recherches ont montré qu'il est de grande qualité nutritionnelle et améliore le vêlage et la production laitière du bétail (Colleuille et Baldé, ONG VSF, *comm. pers.*).

De nos jours, le sésame se cultive dans les zones à faible pluviométrie (Centres Nord et Sud du Bassin Arachidier) où, grâce à sa plasticité et à ses besoins en eau modestes, elle offre de grandes perspectives d'extension. Elle peut d'ailleurs y être associée à l'arachide dont la production a connu une baisse par le passé, du fait d'un déficit pluviométrique persistant.

En effet, la culture du sésame suscite actuellement un réel engouement qui s'est traduit par son extension très rapide à l'échelle nationale. Les surfaces emblavées sont passées de 1 600 ha en 1993 à 9 338 ha en 1997, et la production de 640 t en 1993 à 4 216 t en 1997. Cependant, du fait de la méconnaissance des techniques culturales par les paysans et de la faible performance du matériel végétal disponible jusqu'à maintenant (mélanges variétaux), les rendements en milieu paysan (250 à 400 kg ha⁻¹) restent encore faibles (DISA, 1995 ; 1996 ; 1997 ; 1998).

C'est dans ce cadre que l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), par le biais du Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse (CERAAS) a mis en place un programme de recherche intitulé : "Evaluation agronomique et caractérisation du comportement morpho-physiologique du sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone semi-aride" (Diouf, 1999a).

Les travaux présentés ici s'inscrivent dans le cadre de ce programme avec comme objectif principal d'évaluer les besoins en eau et la productivité de sept génotypes de sésame introduits. Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- caractériser les phénophases et la dynamique de croissance au cours du cycle ;
- déterminer des besoins en eau des sept variétés étudiées ; et
- déterminer le potentiel de production des sept variétés.

Le présent document comporte trois parties : la première partie présente une synthèse bibliographique de connaissances sur la culture du sésame, la deuxième partie traite du matériel et des méthodes d'étude mis en œuvre, tandis que la présentation et la discussion des résultats obtenus ont fait l'objet de la troisième partie. Enfin, des suggestions et recommandations ont été faites pour un développement durable de la production de cet protéo-oléagineux au Sénégal.

Chapitre 1 : SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR LA CULTURE DU SESAME

1.1. GENERALITES

1.1.1. Origine, domestication et distribution

Le sésame (*Sesamum indicum* L.)¹ est l'un des oléagineux les plus anciennement cultivés par l'homme, non seulement pour la teneur élevée en huile de ses graines, mais aussi pour la stabilité de cette huile à l'oxydation et ses propriétés thérapeutiques (Ashri & Ladijinski, 1963 ; Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984 ; Mulkey *et al.*, 1987 ; OMM, 1991 ; Ryu and Lee, 1998 ; Ryu *et al.*, 1998). Son origine demeure très controversée alors que l'époque de sa domestication date de la haute antiquité. D'après une légende indienne, le sésame aurait été créé par Yama, dieu de la mort, après de longues pénitences (Alban Muller International, 1997). D'ailleurs, le sésame est spécialement utilisé dans les cérémonies funéraires et expiatoires en Inde. Il symbolise l'immortalité et représente le principe de la vie. Par ailleurs, il semble que le sésame était connu dans le ciel, avant même sa domestication sur terre par l'homme ! (Weiss, 1971). En outre, selon Hérodote cité par cet auteur, le sésame fut la seule huile utilisée par les Babyloniens.

Dès lors, il est difficile voire impossible de dire avec exactitude quand et où le sésame a vu le jour tant les opinions restent contradictoires. Certains auteurs soutiennent l'origine africaine et d'autres celle asiatique (région afgano-persane). Cependant, l'origine africaine semble la plus plausible, du fait de la présence dans ce continent, de toutes les espèces sauvages à l'exception du *Sesamum prostratum* Retz. (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984 ; Yahya, 1998).

Certaines sources historiques indiquent que c'est en Éthiopie que le sésame est entré en culture pour la première fois. De là, il a été introduit en Inde et en Chine qui deviendront très rapidement des centres secondaires de diffusion. Avant son introduction en Asie du sud, 2000 ans avant J.C., le sésame était devenu une nourriture populaire en Europe du sud, en Afrique du nord et de l'est (Yahya, 1998).

Purseglove (1984) rapporte que la culture du sésame a été introduite en Égypte 1300 ans avant J.C. à l'époque de l'expulsion des Israéliens. Il était cultivé par les Chaldéens et son extension fut assurée par les guerres assyriennes. Aux USA, le sésame est entré à partir de la Caroline du sud, par l'intermédiaire de la traite négrière (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984).

Le sésame est une plante des zones tropicales et subtropicales cultivée en Asie, en Afrique, en Amérique latine et aux États-Unis, surtout entre les latitudes 25°N et 25°S (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984 ; OMM, 1991 ; Yahya, 1998). Cependant, on le retrouve également au-dessous de 40°N en Chine et en Russie, et à 30 et 35°S respectivement en Australie et en Amérique du Sud (Weiss, 1971).

1.1.2. Taxonomie et botanique

1.1.2.1. Taxonomie

Le sésame appartient à la division des Spermatophytes, à la sous-division des Angiospermes, à la classe des Dicotylédones, à l'ordre des Tubiflorales, à la famille des Pédaliacées, à la

¹ Dans la suite du texte le vocable *S. indicum* désignera l'espèce.

tribu des Sésamées et au genre *Sesamum*. La famille compte 15 genres et une soixantaine d'espèces parmi lesquelles un petit nombre est cultivé pour leurs graines riches en huile (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984 ; OMM, 1991).

La systématique du sésame cultivé a beaucoup divisé les taxonomistes qui distinguaient *Sesamum orientale* L., *S. occidentale* H. & R., *S. luteum* Retz. et *S. oleiferum* Mœch. Par la suite, De Candolle réunit *S. indicum* L. et *S. orientale* L. en une seule espèce *S. indicum* D. C. Il relègue ainsi les espèces *S. edule* Hort., *S. luteum* Retz., *S. oleiferum* Mœch., *S. africanum* Todaro, *S. foetidum* Afzel & Engl. et *S. occidentale* H & R. au rang de variétés appartenant à l'espèce *S. indicum* L. (Johnson & Raymond, 1964 ; Weiss, 1971). Selon Weiss (1971), le croisement de *S. indicum* avec certaines espèces de la même famille est possible, et certains hybrides interspécifiques sont cultivés aussi pour leurs graines oléagineuses.

L'espèce *S. radiatum* Schum & Thonn., très apparentée au sésame cultivé, semble être un polyploïde de *S. angolense* selon Nakamura *et al.* (1956) cités par Weiss (1971). Avec une valeur nutritive et énergétique inférieure à celle du *S. indicum*, cette espèce est cultivée pour l'alimentation du bétail, surtout des ovins. Il existe également d'autres espèces sauvages dont certaines appartiennent au même genre. On peut distinguer notamment *S. angolense* avec une teneur en huile estimée à 28% en Zambie (Weiss, 1971), *S. alatum* Thonn., *S. prostratum* Retz. et *Ceratotheca sesamoides* Endl. connu sous le nom de « Bungu » en Afrique de l'Ouest, avec une teneur en huile de 37% et des graines ressemblant à celle de l'espèce cultivée (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984).

1.1.2.2. Botanique

1.1.2.2.1. Système racinaire

Le système racinaire du sésame est de type mixte avec un pivot à croissance initiale rapide pouvant atteindre 90 cm et un réseau dense de racines superficielles (lacs de radicules) peu développées (Purseglove, 1984). Par ailleurs, Weiss (1971) a montré que l'élongation racinaire, qui contribue aux stratégies d'évitement de la sécheresse, est plus rapide chez les monotiges, même si les variétés ramifiées ne présentent pas pour autant un enracinement moins profond. Selon cet auteur, cette croissance initiale rapide du pivot serait due au prélèvement du phosphore par les racines secondaires denses, essentiellement au niveau des 5 à 8 premiers centimètres du sol.

1.1.2.2.2. Appareil végétatif

Le sésame est une plante herbacée annuelle des zones tropicales et subtropicales, à port érigé, d'une hauteur de 0,5 à 2,5 m dans les conditions optimales de croissance (Figure 1). La maturité a lieu entre 70 à 180 jours selon les génotypes (Varma, 1958 ; Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984 ; OMM, 1991).

La tige, de section carrée longitudinalement cannelée, est de couleur verte, rarement pourpre. Son diamètre basal varie de 1 à 3 cm et sa hauteur, de quelques centimètres à plus de 2 m selon les conditions de croissance. Elle peut être glabre, veloutée ou poilue. A la base des poils se trouvent généralement quatre cellules glandulaires qui exsudent une substance visqueuse d'odeur désagréable.



Figure 1 : Aspect de la partie épigée de la plante. 1 = feuille inférieure ; 2 = capsule ; 3 = fleur ; 4 = feuille supérieure. Source : Van Den Abeele et Vandemput (1956).

D'après Weiss (1971), il y aurait une corrélation entre la pubescence et le degré de résistance à la sécheresse. Les variétés précoces sont généralement monocauls alors que celles tardives sont plus ou moins ramifiées (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984).

Les feuilles sont de formes très variables, opposées ou alternes, au sein d'un même plant. Les feuilles inférieures sont opposées, larges (12 x 8 cm), grossièrement lobées et à long pétiole (5 cm) (Figure 1). Par contre, les feuilles supérieures sont alternes ou sub-opposées, effilées ou étroites (9 x 2 cm), lancéolées, et à pétiole court (1 à 2 cm). Les feuilles sont de couleur verte terne avec des poils et des stomates sur les deux faces, mais, chez de nombreuses variétés, la partie exposée au soleil peut prendre une coloration rougeâtre (Mazzani, 1964 ; Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984). En outre, d'après Weiss (1971), le niveau de fertilité du sol aurait un effet marqué sur cette coloration des feuilles.

1.1.2.2.3. Appareil reproducteur et biologie florale

Le sésame est une plante autogame ($2n = 26$), les fleurs sont zygomorphes, hermaphrodites et prennent naissance à l'aisselle des feuilles supérieures (Figure 1). Ces fleurs sont généralement solitaires ou regroupées en racèmes par deux ou trois sur chaque axe, et de couleur blanche, souvent légèrement violacée ou lie de vin. Le calice comporte 5 sépales, la corolle pendante, en forme de cloche rétrécie vers la base, est gamopétale avec 5 lobes pubescents, courts et larges.

L'androcée est composé de 4 étamines fertiles et d'un staminode à filaments basifixes. Les étamines fertiles sont groupées en 2 paires hétérogènes de 1 à 2 cm de long (une courte : 1 à 1,5 cm, et une longue : 1,5 à 2 cm). Les anthères s'ouvrent très tôt le matin (entre 5 et 7h), avant l'épanouissement de la fleur suivant une déhiscence loculaire, et libèrent de courts grains de pollen souvent viables pendant 24 heures.

Le gynécée est formé d'un ovaire sessile, supère, avec deux unités carpellaires et éventuellement 4 loges qui contiennent 15 à 25 ovules en position axillaire (Mazzani, 1964). Le style de couleur crème, long de 1,5 à 2 cm, est terminal et simple avec un stigmate bifide à deux lobes pubescents qui devient réceptif un jour avant et deux jours après l'ouverture des fleurs (Weiss, 1971). Dans leur grande majorité, les fleurs sont auto-fécondées et la corolle ainsi que les étamines tombent 15 à 20h après l'ouverture des fleurs. Cependant, on note un faible taux d'allogamie dû aux insectes (*Aphis dorsata*, *A. florea*, *Megachile umbrapennis*) et plus rarement au vent (Weiss, 1971). D'après Schilling et Cattan (1991), le taux d'allogamie généralement faible (5%) peut exceptionnellement atteindre 65%.

Après la fécondation et 9 jours après leur ouverture, les fleurs donnent des capsules de taille maximale (1 à 3 cm de long), oblongues, glabres ou pubescentes, droites, de couleur marron ou pourpre, à section rectangulaire, profondément rainées avec un calice persistant. La forme des capsules de même que le nombre de graines par capsule montrent une grande variabilité (Weiss, 1971). La longueur de la capsule n'est pas corrélée avec le poids de 1000 graines (P1000G) mais avec le nombre de graines par capsule (Culp, 1960 ; Djigma, 1984). Il existe une corrélation positive entre la taille de la plante, le rendement total et la hauteur d'insertion de la première capsule, qui est une caractéristique variétale influencée par l'environnement (IRHO, 1984). Le nombre de capsules par verticille et le mode d'insertion sont variables. On peut distinguer des capsules en grappes alternes (Photos 1 et 2) ou opposées ou solitaires alternes ou opposées. Rhind & Thein (1933) cités par Weiss (1971) ont révélé que chez les variétés à plusieurs capsules par verticille, le nombre de loges est généralement de 4 alors que chez les autres à capsules isolées, ce nombre peut passer à 8.

A maturité, les capsules situées à la base de la tige principale mûrissent les premières et libèrent leurs graines (environ une soixantaine par capsule) par déhiscence longitudinale de deux valves à partir de deux pores apicaux. Ashri & Ladijinski (1963) ont révélé que deux allèles (Id et id) étaient responsables de la déhiscence capsulaire. Day (2000) a montré que le traitement des variétés précoces à grosses graines par des régulateurs de croissance (hormones) réduit leur productivité sans affecter l'anatomie capsulaire. Cependant, il convient de souligner l'existence de variétés à capsules indéhiscentes à maturité.

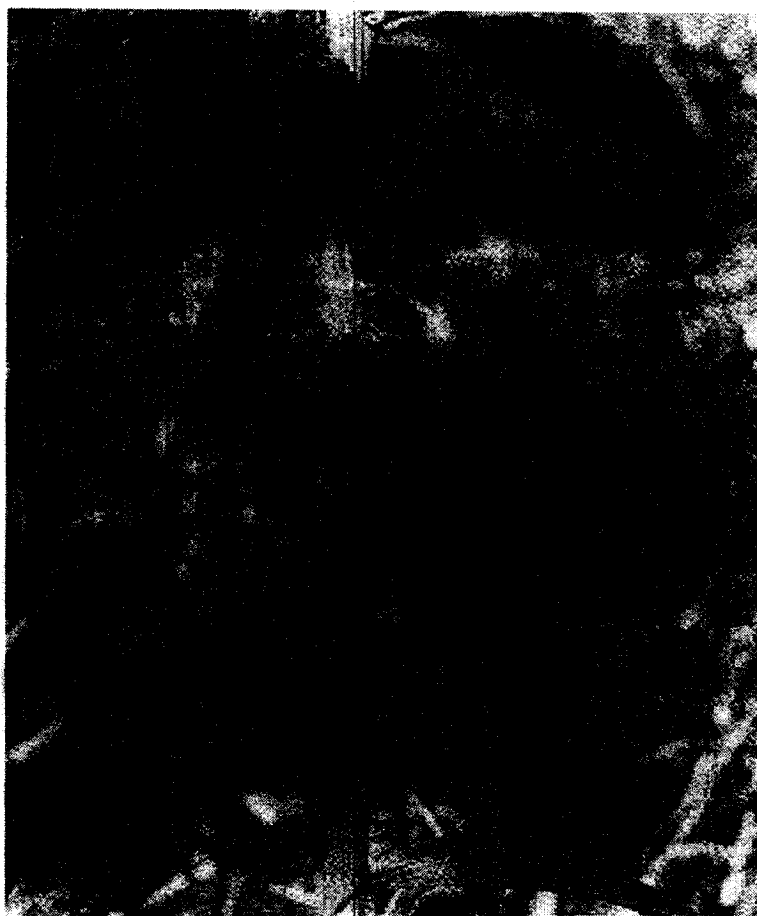


Photo 1 : Mode d'insertion des capsules sur la tige principale d'un plant de sésame.
Source : Anonyme (1989)

Les graines sans endosperme sont petites (3 mm x 1,5 mm), ovales, lisses ou réticulées, aplaties et moins épaisses au niveau du hile que de l'autre extrémité. Selon Weiss (1971), la couleur des graines, allant du blanc au noir en passant par le jaune crème et brun, est une caractéristique variétale. Une classification plus nette permet de distinguer deux principaux types : le type clair (graines blanches, crèmes, jaunes) et le type sombre (graines rouges, brunes, grises, noires). D'après Purseglove (1984), les graines renferment 45 à 55% d'huile, 19-25% de protéines et une teneur en eau avoisinant 5%.

Cependant, d'après Weiss (1971), les teneurs extrêmes en huile connues à ce jour atteignent 57%. Par ailleurs, il révèle qu'une teneur supérieure à 60% aurait été rapportée en Russie. En effet, Poliakoff (1956), Varma (1958) et Weiss (1971) soutiennent que les variétés à graines claires ont des teneurs plus élevées, alors que selon Parthasarathy & Kedarnath (1949) cités par Weiss (1971) et Johnson & Raymond (1964), les graines noires auraient une teneur en huile supérieure à celle des graines claires à moins qu'il ne s'agisse de lignées sélectionnées. Dans ce sens, les travaux du H. B. T. Institute (1958) rapportés par Varma (1958) ont montré que pour une même couleur de graines la teneur en huile est proportionnelle à la taille de celles-ci (50-57%).

Le poids de mille graines, paramètre fortement corrélé au rendement, présente une large variation et peut osciller entre 2 et 5 g (Zagre *et al.*, 1999).

1.1.3. Phénologie

Selon les géotypes, le cycle de développement peut varier entre 70 à 180 jours après le semis et comprend 5 principaux stades phénologiques (Figure 2) (Mazzani, 1964 ; Weiss, 1971 ; Göhl, 1982 ; Purseglove, 1984 ; OMM, 1991) et on distingue des variétés tardives (100-140 jours) et des variétés précoces (70-100 jours). D'après Weiss (1971), le sésame est une plante de jours courts, qui peut normalement fleurir au bout de 42 à 45 jours après semis avec une durée d'éclairement de 10h j^{-1} . Toutefois, des variétés sont devenues localement adaptées à différentes périodes d'éclairement et il existe actuellement des variétés de jours longs et des variétés de jours courts (Weiss, 1971 ; Narayanan & Balakrishna, 1982 ; Purseglove, 1984). De plus, le cycle phénologique ainsi que le rendement en graines et en huile sont sensibles à la photopériode (Weiss, 1971 ; Narayanan & Balakrishna, 1982 ; Mulkey *et al.*, 1987).

La germination des graines viables semées superficiellement (1 à 2 cm) a lieu entre 3 et 10 jours. Néanmoins, elle est fortement influencée par l'état hydrique du sol, la température du lit de semis et certaines caractéristiques atmosphériques (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984).

Le stade plantule constitue une étape très sensible du cycle phénologique au cours de laquelle les jeunes plants sont particulièrement sensibles à la verse, à l'hydromorphie même temporaire, aux adventices, aux maladies et aux attaques des ravageurs.

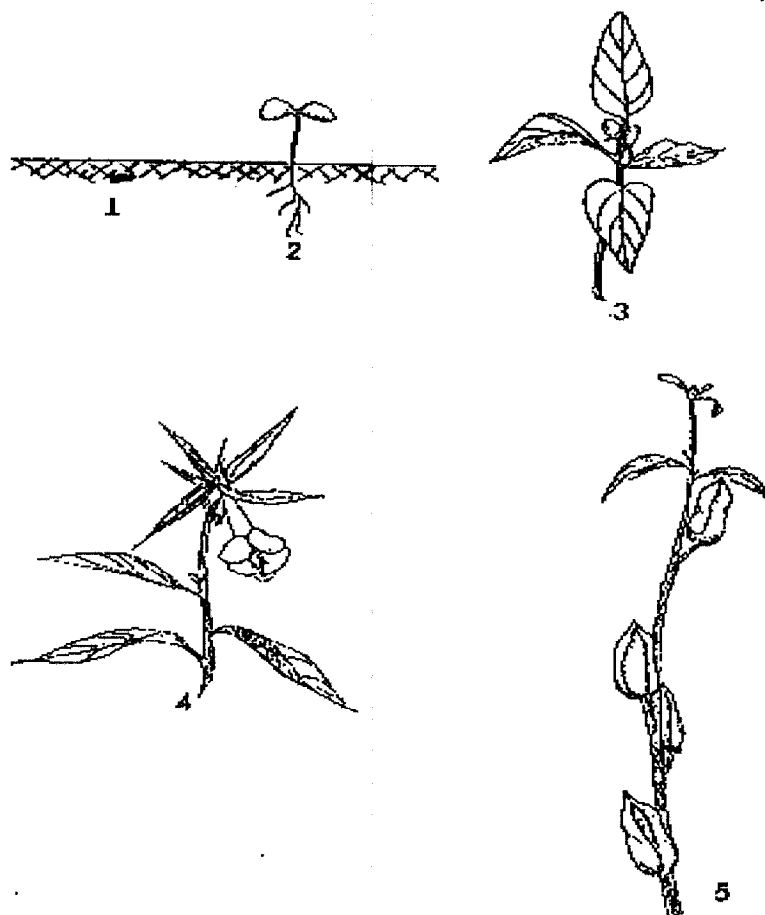


Figure 2 : Principaux stades phénologiques d'un plant de sésame: 1 = semis ; 2 = levée ; 3 = boutons floraux ; 4 = floraison ; 5 = maturation des capsules. Source : OMM (1991).

Selon les géotypes, les premiers boutons floraux apparaissent sur la tige principale au bout de 5 semaines après le semis et à cette date, seuls 4,5% de la matière sèche totale sont produits (Narayanan & Balakrishna, 1982). Même si la période semis-nouaison constitue la

phase la plus critique pour les besoins en eau estimés à 80%, la floraison demeure la phase la plus sensible aux maladies et aux attaques des ravageurs.

La récolte débute lorsque les capsules à partir du bas virent du vert au jaune avant leur ouverture (variétés déhiscentes) et que les feuilles basales (Photo 2) commencent à chuter (Purseglove, 1984).



Photo 2 : Aspect d'un plant de sésame à maturité. Photo : M. Diouf

1.1.4. Ecologie

Le sésame est une culture des zones tropicales chaudes et sèches, généralement cultivé dans les zones où la période pluvieuse dure entre 20 et 45 jours (Purseglove, 1984). Il est considéré comme une plante résistante à la sécheresse et l'on croit que de petites quantités de pluies (100 à 150 mm) bien réparties sur le premier mois qui suit le semis sont suffisantes pour son installation et son développement (Mazzani, 1964 ; Yahya, 1998). Cependant, tout juste après leur installation, les plants peuvent supporter de courtes périodes de stress hydrique, mais craignent l'hydromorphie (Mazzani, 1964 ; Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984 ; Yahya, 1998). En fait les besoins en eau de la culture sont surtout marqués entre le semis et la nouaison et une pluviosité de 250 à 600 mm est suffisante pour le cycle végétatif (OMM, 1991).

C'est une plante exigeante en chaleur et le rendement est maximal pour une somme de températures égale à 2700°C jour équitablement répartie durant le cycle (3 à 4 mois). Une température moyenne de 20°C sans variation brutale constitue l'optimum même si Weiss (1971) révèle qu'une température comprise entre 25 et 27°C accélère la croissance initiale et la floraison. Cet auteur indique également que les températures basses (inférieures à 18°C) retardent la croissance et entraînent une abscission des fleurs et une stérilité du pollen

alors que les températures élevées (40°C) affectent plutôt la fécondation conduisant ainsi à une réduction du nombre de capsules. Cependant, malgré son adaptabilité à des conditions écologiques variées, Mazzani (1964) révèle que les meilleurs rendements sont obtenus dans les régions à hautes températures à insolation et à pluviosité suffisantes.

Le sésame est fondamentalement une plante de jours courts dont les variétés les plus précoces sont moins sensibles à la longueur du jour que celles tardives (Narayanan & Murthy, 1980, non publié cités par Narayanan & Balakrishna (1982)). La photopériode a donc un effet sensible sur le cycle biologique et le rendement de la culture (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984). A ce propos, Narayanan & Balakrishna (1982) révèlent que le temps nuageux qui prévaut normalement durant l'hivernage peut compromettre le rendement du sésame en entraînant une abscission des fleurs. Weiss (1971) fait également remarquer que la floraison se déroule normalement avec une durée d'éclairement journalier de 10h. Aussi, Mulkey *et al.* (1987) ont pu montrer l'effet de la date de semis sur la floraison, la durée du cycle, la hauteur de la plante et le rendement en graines mûres.

Contrairement aux autres cultures comme l'arachide, le sésame n'a pas d'exigence particulière par rapport au sol et à l'entretien (Bapoyo, 1960 ; Seck, 1999). Ainsi, il tolère divers types de sols même s'il préfère les terres sèches, peu irriguées (Poliakoff, 1956 ; Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984), perméables, bien aérées, légèrement profondes sans être trop sableuses comme les sols limono-sableux (Varma, 1958 ; Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984 ; Schilling et Cattan, 1991). Toutefois, même si beaucoup de types de sols lui conviennent, les sols à pH basiques lui sont impropres (Varma, 1958). Pour Ramirez et Ovalles (1991), sur sol limono-argileux le sésame offre une production satisfaisante dans une gamme de pH comprise entre 5,4 et 6,7.

En outre, d'après Yahya (1998), le sésame montre une bonne tolérance à la salinité durant la phase germinative, mais devient très sensible pendant les stades ultérieurs de la croissance. Pour ce dernier, cette sensibilité du sésame serait liée aux limites restrictives du transport des ions Na^+ vers les parties aériennes, à son antagonisme avec la distribution et le prélèvement des ions K^+ , Ca^{2+} et phosphore. Toutefois, en comparant deux variétés de sésame (PB-1 et UCR) respectivement ramifiée et monocaulé, Yahya (1998) révèle que UCR à travers l'exclusion des ions Na^+ développe une meilleure tolérance au sel. Cerda *et al.* (1977) en étudiant les effets du phosphore, de la salinité et de leurs interactions sur le sésame, ont révélé les faits suivants :

- la salinité réduit de façon linéaire le rendement en capsules de 50% si le potentiel osmotique avoisine -2,7 bars ;
- l'augmentation du phosphore n'induit un accroissement du rendement que si le niveau de salinité est faible ; par contre pour un potentiel osmotique de l'ordre de -4,4 bars, le rendement décroît avec l'apport de phosphate ;
- l'augmentation du phosphore réduit la tolérance à la salinité ;
- la diminution du potentiel hydrique des feuilles en début de floraison est corrélée ($r^2 = 0,51$) avec le rendement en capsules, lorsque les concentrations en P et en sel augmentent dans le milieu.

Les travaux de Nassery *et al.* (1979) ont confirmé les résultats de Cerda *et al.* (1977) en révélant que le rendement en capsules serait moins sensible à la salinité que la croissance végétative et que la plante est plus sensible au Na_2SO_4 qu'au NaCl .

1.2. TECHNIQUES CULTURALES

Les variétés de sésame diffèrent entre elles par la durée du cycle, le degré de ramification, la hauteur d'insertion de la première capsule, la taille de la plante, la couleur des fleurs et des graines, le nombre de loges par capsules et la déhiscence capsulaire. Le vocable "variété locale" souvent utilisé est un concept très relatif, qui selon Weiss (1971) regrouperait les vieilles variétés issues de la sélection naturelle et les variétés occidentales ayant perdu leurs caractères originels.

Selon les génotypes, on distingue des variétés tardives (100-180 jours) et des variétés précoces (70-100 jours). Le cycle phénologique ainsi que le rendement en graines et en huile sont sensibles à la photopériode (Weiss, 1971 ; Narayanan & Balakrishna, 1982 ; Mulkey *et al.*, 1987) même si Weiss (1971) rapporte que le sésame est fondamentalement une plante de jours courts.

Selon Varma (1958), les rendements en graines du sésame varient de 200 à 2 300 kg ha⁻¹ en fonction des génotypes, des itinéraires techniques, de la nature de la plantation (simple ou mixte) et des pays. D'après FAO (1999a), la moyenne mondiale est de 342 kg ha⁻¹ avec des niveaux de rendements de 222, 401, 543 et 625 kg ha⁻¹ respectivement pour l'Afrique, l'Asie, l'Amérique du Nord et du Centre, et l'Amérique Latine.

Par ailleurs, les aspects liés à l'amélioration génétique ont été bien étudiés. Cette amélioration porte actuellement sur la productivité, la couleur et la dimension des graines, la vigueur au stade précoce, l'épanouissement de la première fleur au 8^e nœud, la résistance à la sécheresse, à la verse, aux maladies, aux insectes et à l'excès d'humidité, la maturation groupée et le caractère monotige à plusieurs capsules indéhiscentes contenant plus de 4 loges (Schilling et Cattán, 1991). En amélioration variétale, les travaux de Djigma (1984) ont mis en évidence la possibilité d'utiliser la hauteur de la tige principale, le nombre de capsules et le poids de 1000 graines (P1000G) comme critères de sélection pour le rendement. Quant à Srinivas *et al.* (1992), ils font remarquer que pour l'amélioration du sésame, la sélection massale est plus efficace que la sélection par descendance de capsule unique (D.C.U.), du moins en ce qui concerne le rendement et certaines de ses composantes telles que la hauteur de la plante, le nombre de graines par capsule, le nombre de capsules par plant, le nombre de graines par m². Cependant, la méthode D.C.U. est préférable dans les croisements à diversité parentale faible. Ces résultats ont été confirmés par Zagre *et al.* (1999) qui, en étudiant dans un croisement diallèle le caractère P1000G chez le sésame, ont estimé l'héritabilité au sens strict à environ 95% tout en préconisant la nécessité d'un choix rigoureux des géniteurs avant le croisement.

Ramirez et Ovalles (1991) ont également révélé l'existence d'une bonne corrélation à 15 jours après semis -jas- ($r = 0,83$) et à 55 jas ($r = 0,97$) entre la taille de la plante et la production en graines. Dès lors, il apparaît clairement que la capacité de production de graines de sésame dépend fortement du rythme de croissance de la plante de la phase végétative jusqu'à la mi-floraison.

1.2.1. Système de culture

Pratiquée en pluvial ou en irrigué (Varma, 1958), la culture du sésame a longtemps été considérée dans beaucoup de zones comme une culture d'appoint dont le produit était destiné à l'autoconsommation. Cultivé souvent en dérobée, sa culture était réalisée suivant des façons culturales archaïques (semis à la volée, entretien très réduit voire nul, période de semis variable) aussi bien en culture pure qu'en associée.

Il est cultivé traditionnellement seul ou en association avec des céréales, des légumineuses (Varma, 1958 ; Djigma, 1985) ou du coton. C'est ainsi que Brétaudeau (1998) en étudiant le système associatif arachide-sésame au Mali, révèle que les meilleures conditions d'association semblent être le semis simultané des deux spéculations. En effet, il fait remarquer que le semis tardif du sésame après l'arachide réduit sa croissance. Par contre, le semis précoce semble néfaste au développement des rameaux cotylédonaire de l'arachide, à la formation de nodules efficaces et au rendement.

1.2.2. Préparation du terrain

Le sésame est semé à plat (zone à pluviométrie moyenne) ou sur billons (zone à forte pluviosité). Selon Schilling et Cattan (1991), la culture sur billons (ayant un bon lit de semis) après un labour et un hersage, a donné les meilleurs résultats. Le terrain doit être débarrassé des mauvaises herbes et protégé des inondations et ruissellements qui peuvent causer des préjudices aux plantules.

1.2.3. Semis et démariage

La période de semis est fonction de la variété et des conditions éco-climatiques. Ainsi, en Afrique sèche, le sésame est semé après les premières pluies utiles (20 à 30 mm) mais, il peut aussi être semé plus tard. Compte tenu de la sensibilité de cette culture à la photopériode, la période de semis affecte de manière significative la durée du cycle et le rendement (Weiss, 1971 ; Mulkey *et al.*, 1987). Le semis précoce des variétés hâtives pose des problèmes de maturation, de séchage et de baisse du rendement. Quant au semis tardif des variétés tardives, il provoquerait un déficit hydrique, une réduction de la durée des phases végétative et reproductive et par conséquent une baisse du rendement en graines.

Le semis est généralement superficiel (1 à 2 cm) et se fait essentiellement de façon manuelle soit en lignes, à intervalles variables selon la géométrie, soit à la volée. Le semis mécanique existe avec l'utilisation du semoir de type Fabre ou Super éco et la semence mélangée à du sable, du son ou de l'engrais pour garantir la régularité du semis. Néanmoins, le semis en ligne est recommandé pour faciliter les travaux d'entretien et assurer un bon taux de couverture, limitant ainsi le développement des adventices. Le semis se fait à raison de 5-10 graines, préalablement traitées au Granox ou Spinox-T, par poquet avec des écartements allant de 15 à 30 cm entre les poquets, et de 20 à 90 cm entre les lignes selon les géotypes (types botaniques). Dans ce sens, Djigma (1985) a rapporté une amélioration des techniques culturales par une date de semis optimale (15 juillet) avec des écartements de 60 x 20 cm à plat et 80 x 20 cm sur billons et des semis manuels (en lignes ou en poquets) ou mécaniques (au semoir Fabre ou Super-éco). Mazzani (1964) révèle que la densité de semis varie selon la variété (type botanique) et les conditions du milieu, tout en préconisant des densités de 100 000 à 200 000 pieds ha⁻¹ pour les variétés monotiges. Par ailleurs, une densité optimale de semis de l'ordre de 120 000 pieds ha⁻¹ a été rapportée par Gerakis & Tsangarakis (1969) puis la gamme de 80 000 à 450 000 rapportée par Schilling et Cattan (1991).

Après la levée, le démariage à 2 pieds se fait généralement vers 10 à 15 jours. Il est réalisé en même temps que le repiquage (au besoin), qui réussit bien au sésame s'il est effectué en humide pendant cette période, suite à une bonne pluie. Ceci permet d'équilibrer la densité du champ qui constitue un gage d'un bon niveau de rendement.

1.2.4. Entretien de la culture

Des sarclo-binages doivent être effectués régulièrement, surtout en début de croissance, du fait de la sensibilité de la culture aux adventices et à l'étiollement (Mazzani, 1964 ;

Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984). Schilling et Cattan (1991) ont montré chez une variété ramifiée à potentiel de rendement d'une tonne à l'hectare, que l'absence de sarclage entraîne une chute de production de 35%.

L'élimination des mauvaises herbes peut se faire de façon manuelle ou chimique pour des emblavures importantes. Les dés herbants chimiques tels que le Norea à la dose de $1,7 \text{ kg ha}^{-1}$, le monuron ($0,18$ à $0,40 \text{ kg ha}^{-1}$), le CMU ou Karmex (800 à $1000 \text{ g } 200 \text{ l}^{-1} \text{ ha}^{-1}$) en aspersion pré-germinative assurent un bon contrôle des adventices et sont sans préjudice sur le sésame (Mazzani, 1964 ; Weiss, 1971).

En début de floraison, le sarclage suivi d'un buttage assurent une meilleure résistance des plants à la verse, une meilleure assimilation des engrais et une amélioration de la nutrition des plantes (Schilling et Cattan, 1991 ; Diouf, 1999b).

1.2.5. Fertilisation

Selon Weiss (1971), le sésame est certainement la culture tropicale la moins exigeante en fertilisants. Dans ce sens, Varma (1958) rapporte que le sésame profite de l'effet résiduel de l'engrais appliqué sur le précédent cultural, coton ou riz dans les zones humides et arachide sur des zones sèches. Cependant, d'après Schilling et Cattan (1991), malgré le caractère exceptionnel de la fumure en Afrique, son utilisation reste indispensable pour une intensification de la culture. D'ailleurs, des études ont montré que le sésame répond bien aux apports minéraux et, en général, là où les problèmes d'hydromorphie ne sont pas rencontrés, la faiblesse de la production est liée un faible niveau de fertilité du sol. Ainsi, les effets positifs de l'azote, du phosphore, et de leur interaction positive, ont été mis en évidence par Mazzani (1964) sur le développement végétatif et le rendement en graines. Selon ces résultats, une application de 75 kg ha^{-1} de superphosphate et 75 kg ha^{-1} de sulfate d'ammonium permet de doubler le rendement. Djigma (1985) rapporte que l'étude de formulations diverses au Burkina Faso a conduit à préconiser des formules du type (8-10)N ; (12-14)P ; (3-6)S. De façon plus pratique, Schilling et Cattan (1991) indiquent que la dose de 60 kg ha^{-1} d'engrais coton (13-20-15) apporte les quantités d'éléments fertilisants correspondant au seuil de rentabilité économique dans les conditions de prix du Burkina Faso en 1990. Cependant, dans le souci d'optimisation des rendements chez les variétés améliorées, Weiss (1971) préconise une dose d'engrais supérieure à celle des variétés locales moins exigeantes en fertilisation. C'est ainsi que la dose de 80 kg ha^{-1} utilisée par Guèye (2000), qui a permis d'atteindre de meilleures performances par rapport au Burkina Faso, semble suffire pour la couverture des besoins de la culture à un coût encore raisonnable.

D'après Bascones & Ritas (1961) cités par Mazzani (1964) et Weiss (1971), les symptômes de déficience apparaissent sur les feuilles lorsque les teneurs des éléments N, P, K, Ca et Mg sont inférieures respectivement à 2 , 0,2 , 0,88 , 0,6 et 0,15%. Ils se traduisent par :

- une chlorose générale avec ou sans flétrissement, les feuilles inférieures deviennent vert pâle puis virent au jaune citron tournant à l'orange avant de tomber, en cas de déficience de N ;
- une chlorose avec des feuilles inférieures nécrosées grisâtres à vertes et une défoliation sévère, dans le cas d'une déficience en P ;
- une plante rabougrie et naine, des feuilles inférieures ondulées et incurvées, et une chlorose en marbrure qui tourne plus tard au cuivre mais sans défoliation, en cas de carence de K ;
- la mort des bourgeons et des jeunes feuilles lorsque le Ca fait défaut ;

- une chlorose internervaire sur les feuilles inférieures, une couleur jaune claire devenant plus tard orange lorsque la carence porte sur le Mg.

Quant à Mitchell *et al.* (1976), ils ont montré une augmentation du rendement en graines riches en acides aminés essentiels suite à un apport d'azote et de potassium. Cette affirmation a été confirmée par Ramirez et Ovalles (1991) qui révèlent l'existence d'une forte corrélation positive à 40 jas, entre l'absorption de N, P, K, Ca et Mg et la production de graines.

1.2.6. Protection phytosanitaire

Le sésame subit les attaques d'une large gamme d'organismes nuisibles pouvant causer des dommages économiques surtout aux stades plantule et bouton floral. D'après Weiss (1971), les pertes en cours de culture en Afrique sont de l'ordre de 27%, et sont causées par les attaques au niveau des semences (10%), les insectes (15%), et les maladies (2%).

Parmi les maladies cryptogamiques (Annexe I) les plus fréquentes, la cercosporiose causée par *Cercospora sesami* (taches noirâtres à centre gris-pâle sur les feuilles) et souvent transmise par la semence, est la plus dangereuse Schilling et Cattan (1991). Des taches noires apparaissent sur les feuilles inférieures environ un mois après la levée. Selon ces auteurs, ces maladies ne causent généralement pas de dégâts importants en Afrique de l'Ouest.

Par ailleurs, les maladies virales ne sont que d'une faible importance (Schilling et Cattan, 1991) et on peut noter le cas de la phyllodie (Photo 3) qui est une maladie virale donnant un aspect qualifié par Weiss (1971) de « balai de sorcière » (coloration verte persistante des fleurs, entre-nœuds courts, déformation en « balai de sorcière ») et dont les vecteurs sont des jassides (*Deltocephalus spp.*) (Annexe II). Mazzani (1960) cité par Weiss (1971) a montré qu'il n'existe pas de corrélation entre l'indéhiscence d'une variété et sa sensibilité à la phyllodie.

Au Burkina Faso, l'existence d'une résistance variétale chez la variété 38-1-7 contre la pourriture charbonneuse causée par *Macrophomina phaseoli* a été mise en évidence (Anonyme, 1989). D'après ces mêmes travaux, l'humidité du sol favorise le développement du champignon et que l'irrigation d'appoint constituerait un moyen de lutte efficace. Weiss (1971) décèle une résistance des variétés monocauls à l'oïdium et à la fusariose.

Les insectes les plus redoutables sont la chenille enrouleuse (*Antigastra catalaunalis*) qui attaque et détruit les bourgeons terminaux, et le moucheron du sésame (*Asphondylia sesami*) qui pond sur les ovaires provoquant ainsi la formation de galle sur les capsules (Annexe II). Selon Mazzani (1964), la tétraploïdie confère une résistance aux *aphidae* qui attaquent le sésame semé en période sèche.

Un traitement phytosanitaire préventif contre les ennemis de la culture est recommandé dès l'apparition des premiers boutons floraux (période la plus sensible aux nuisibles) au moyen de produits insecticides tels le déltaméthrine à la dose de 4 cc l⁻¹ d'eau, à raison de 1 l ha⁻¹ et l'endosulfan ou leurs équivalents notamment ceux utilisés en zone cotonnière (Schilling et Cattan, 1991). Par la suite, ces traitements pourront se faire chaque fois que de besoin.

Pour les dégâts causés par les insectes, Schilling et Cattan (1991) révèlent que la précocité des semis permet de contrôler en partie les attaques, en décalant la floraison du pic de développement des insectes (mois de septembre).

En ce qui concerne la phyllodie, il n'existe jusqu'à présent pas de traitement efficace, le choix convenable de la date de semis constituant le seul palliatif.



Photo 3 : Aspect d'un plant atteint de phyllodie. Photo : M. Diouf

1.3. Techniques de récolte et post-récolte

La maturation se faisant du bas vers le haut, la récolte a lieu dès que les capsules du bas du pied changent de couleur et que les feuilles jaunes (2/3 de la hauteur de la tige principale) commencent à tomber. La récolte est généralement manuelle, et dans ce cas, les tiges sont coupées à la faucille ou au coupe-coupe au dessous des premières capsules du bas ou au ras du sol. Toutefois, l'avènement des variétés indéhiscentes devra mettre fin à certaines difficultés rencontrées dans nos conditions tropicales lors de la récolte, du battage et du séchage. Il a d'ailleurs permis la mécanisation de la récolte en Amérique Latine.

Les tiges coupées, réunies en bottes, sont adossées les unes contre les autres sur une bâche (Photo 4) ou un support sec propre (dalle). En Iran, Sarafi et Fayze (1976) ont étudié quelques caractères de 5 variétés de sésame et comparé les effets de trois méthodes de récolte sur le rendement. Ces auteurs montrent que la méthode consistant à récolter au moment où les capsules changent de couleur et commencent à s'ouvrir, permet d'obtenir un rendement plus élevé. Par ailleurs, ils ont révélé qu'il n'existe pas de différence significative entre le pourcentage en huile de graines mûres sur pied et celles récoltées par la méthode citée plus haut.

S'agissant du séchage des capsules, il peut se faire à l'air libre au champ (Photo 4), en serre, ou sous un abri propre et bien aéré. Des études au Nigeria ont montré que la méthode consistant à former des bottes renversées et battues chaque jour permet une récupération de 93% des graines au bout de deux semaines après la récolte (Van Rheenen, 1967).

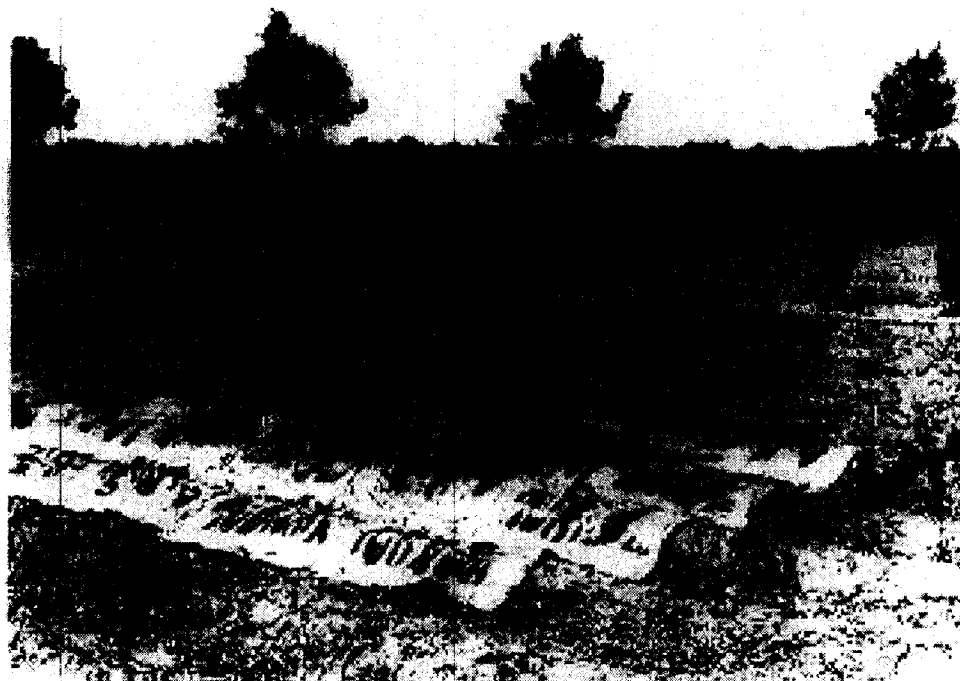


Photo 4 : Dispositif de séchage de la récolte de sésame au champ.
Source : Van Rheenen (1967).

Le battage s'effectue généralement deux à trois semaines après la récolte en renversant les bottes et en les secouant délicatement. Si les dispositions décrites plus haut pour le séchage sont respectées, le vannage sera aisé et consistera à séparer les graines des feuilles sèches.

Avant leur stockage, les graines doivent être traitées (K-Othrine par exemple) et mises dans des emballages appropriés (sacs doubles ou de faible contenance) (Varma, 1958). Quant aux effets des conditions de conservation, Weiss (1971) a montré qu'à 4% d'humidité, le taux de germination est le même pendant les deux premières années, quelle que soit la température de conservation. A 7% d'humidité dans la graine, ce même constat reste valable mais pour des températures de conservation inférieures ou égales à 10°C. Par contre, une humidité de 10% diminue la viabilité et le taux de germination décroît rapidement d'une année à l'autre. Pour Stanwood (1987), les semences de sésame tolèrent la cryoconservation dans l'azote liquide avec des vitesses de refroidissement comprises entre 1 et 30°C mn⁻¹ et une teneur en eau des graines inférieure à 60g kg⁻¹.

1.4. Transformation et utilisations des produits et sous-produits

Le sésame est un oléagineux à valeur agro-économique élevée et à usages multiples. L'annexe III présente des statistiques sur les principaux produits du sésame utilisés dans les transactions internationales.

1.4.1. Les graines

Les graines de sésame riches en huile et en protéines sont prisées dans toute l'Afrique pour leur vertu fortifiantes. Elles sont très utilisées en médecine traditionnelle (Varma, 1958 ; Purseglove, 1984 ; Nyeck, 1997). Elles font également partie des cadeaux de mariage et sont des remèdes pour les malades déprimés (Gillet, 1984). En outre, elles sont consommées crues, légèrement grillées ou utilisées pour parfumer ou pour orner les sucreries (Van Den Abeele et Vandenput, 1956 ; Varma, 1958 ; Purseglove, 1984 ; M.F.C., 1991 ; Seck, 1999). La pâte, qui est un broyat de graines, entre dans la préparation de nombreux mets locaux.

1.4.2. L'huile, le tourteau et la farine

Au plan nutritionnel, les graines de sésame, par rapport aux autres oléagineux, sont particulièrement riches en huile (45 à 58%) et en protéines (19 à 25%) (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984 ; Yahya, 1998) (Annexe IV). Cette concentration en huile varie en fonction de l'espèce et du type de graines. Selon Yahya (1998), l'huile de sésame, comme de nombreuses huiles végétales, est surtout constituée d'acides gras insaturés (85%), et d'acides gras saturés (10% d'acide palmitique C16:0 et 5% d'acide stéarique C18:0). Sa teneur en acides gras insaturés très élevée (85%) avec un rapport mono-insaturés (acide oléique C18:1) sur polyinsaturés (acide linoléique C18 : 2) voisin de 1 en fait une huile équilibrée (Yahya, 1998). D'après Sekhon & Bhathia (1972), la teneur des graines en acides gras insaturés augmenterait progressivement à partir du dixième jour qui suit la floraison jusqu'à la maturité.

L'huile et le tourteau sont utilisés respectivement dans l'alimentation humaine et animale (OMM, 1991 ; Inyang & Ekanem., 1996) (Annexe IV). Le sésame est également riche en acides aminés avec une composition différente de celles des graines de légumineuses et d'autres oléagineuses (y compris l'arachide et le soja) et presque similaire à celle de la viande (riche en méthionine, cystine, arginine et leucine mais assez pauvre en lysine) (FAO, 1969). Il contient également des vitamines du groupe B (niacine et thiamine) essentiellement présentes dans les téguments. La présence de vitamine E dans l'huile principalement sous la forme γ -tocophérol (Yoshida & Takagi, 1997), de sésamol et de sésaminol (Johnson & Raymond, 1964 ; Alban Muller International, 1997 ; Ryu *et al.*, 1998) lui confère une grande stabilité à l'oxydation.

Pour la transformation, l'extraction de l'huile se fait soit de manière artisanale à l'aide de presses manuelles (Varma, 1958 ; Cristini *et al.*, 1962), soit de manière industrielle (M.F.C., 1991). Cette extraction industrielle de l'huile se fait de trois façons à partir de graines préalablement nettoyées par trempage pour dissoudre le pigment qui colore l'huile :

- le traitement à froid qui donne l'huile peu aromatique, amère, mais très stable et directement consommable pour l'alimentation ;
- l'extraction à chaud ou par un solvant donne de l'huile industrielle utilisée en margarinerie, savonnerie et pour la préparation de peinture ;
- l'extraction à l'alcool donne de l'huile utilisée en pharmacie et dans la préparation des insecticides à base de pyrèthre.

Pour l'alimentation humaine, le décorticage des graines est nécessaire car les enveloppes contiennent de l'acide oxalique indésirable et des fibres qui réduisent la digestibilité des protéines et altèrent l'aspect des produits en leur donnant une couleur sombre. De plus, le décorticage réduit l'amertume et accroît le rendement en huile (Abou-Gharbia *et al.*, 1997). Cependant, dans d'autres pays, des améliorations ont été apportées au procédé de décorticage (Yehia *et al.*, 1990). Des techniques par abrasion et/ou friction grain par grain ont été mises au point et ont fait l'objet de divers brevets américains (1968), indiens (1969), suisses (1978) et européens (1982). En 1983, un autre procédé par attrition avec injection d'eau et de vapeur d'eau a été breveté en France.

Cristini *et al.* (1962) ont révélé que la stabilisation des graines (chauffage rapide à 100°C) pendant l'extraction à la presse augmente le rendement et permet de conserver les caractères physico-chimiques et organoleptiques plus longtemps. Toutefois, le rendement de l'extraction ainsi que la qualité organoleptique du produit obtenu restent inférieurs à ceux obtenus industriellement (Varma, 1958 ; Johnson & Raymond, 1964).

L'huile de sésame est utilisée en cosmétologie et sert d'enfleurage en parfumerie (Van Den Abeele et Vandenput, 1956 ; Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984 ; Alban Muller International, 1997 ; Seck, 1999). Le beurre de sésame est très utilisé au Moyen Orient et sert à préparer des confiseries (Abou-El-Kheir *et al.*, 1987).

Le tourteau qui constitue le principal résidu d'extraction, est très apprécié par toutes les catégories de bétail et de volailles. Sa valeur nutritive et énergétique est équivalente à celle du tourteau de coton décortiqué (Varma, 1958), sinon meilleure (Colleuille et Baldé, *comm. pers.*) compte tenu de sa richesse en méthionine (acide aminé soufré indispensable à la bonne formation des phanères des animaux) et arginine (Annexe V). Il apporte 1,6% de phosphore et 2% de calcium, soit un rapport Ca/P de 1,25 correspondant à l'optimum (Gillet, 1984).

Le tourteau de sésame a été utilisé avec d'excellents résultats dans l'alimentation des vaches laitières et dans l'engraissement des animaux (Van Den Abeele et Vandenput, 1956 ; Varma, 1958 ; Little *et al.*, 1991). En effet, des études ont montré en Gambie que la supplémentation à base de sésame par rapport à celle de graines de coton, provoquait une amélioration substantielle et économiquement rentable de la croissance de bovins de race Ndama (Little *et al.*, 1991). Par ailleurs, Mitchell *et al.* (1976) rapportent que le tourteau de sésame constitue un supplément intéressant pour l'alimentation des animaux nourris à base de soja. Göhl (1982) a recommandé pour le bétail laitier des rations de tourteau de l'ordre de 3 kg par jour et non humecté avant l'ingestion afin d'éviter un goût désagréable du lait ainsi qu'un beurre et une viande mous. Cependant, malgré son haut potentiel, ce tourteau présente selon cet auteur, une teneur élevée en phytine, faible en lysine et une propension au rancissement (Göhl, 1982). Il est également utilisé comme engrais (Van Den Abeele et Vandenput, 1956 ; Varma, 1958 ; Weiss, 1971).

La farine est la forme préférée pour la consommation humaine car plus facile à digérer que la graine (Alban Muller International, 1997). Cependant, pour les porcs et la volaille, la farine doit être utilisée comme le tourteau, à des doses modérées dans l'alimentation pour éviter de provoquer un ramollissement de la viande (Göhl, 1982).

1.4.3. La pharmacopée

Sur le plan thérapeutique, le sésame présente beaucoup de vertus médicinales. En effet, Varma (1958) a établi son efficacité contre la toux, les hémorroïdes et la dysenterie quand il est mélangé à du gingembre sec et du jagré. Nyeck (1997) recommande d'utiliser le sésame contre les poux et l'avitaminose. L'activité anti-cancérigène du sésaminol, antioxydant spécifique de l'huile de sésame a été prouvée par Ryu & Lee (1998). Cette teneur en sésaminol est plus élevée chez les variétés à graines noires que chez les autres Ryu *et al.* (1998).

1.5. QUELQUES ACQUIS DES RECHERCHES AU SENEGAL

Au Sénégal, les recherches sur le sésame en sont à leur début. Les premiers travaux de recherches ont été effectués par le Ceraas et ont porté sur l'effet de la pression osmotique sur la germination des semences de sept variétés de sésame nouvellement introduites. Les résultats ont montré que dans la gamme de pressions osmotiques de 0 à -1 MPa, les génotypes étudiés germent bien avec un taux variant entre 84,8 (variété 32-15) et 98% (variété Primoca) Diouf (1999c). Cependant, la pression osmotique de 1 MPa (voisin du pF₄ du sol) constitue une limite de germination chez toutes les variétés. En outre, il a montré que la longueur racinaire totale qui est un indice de vigueur des plantules au stade précoce est plus élevée chez

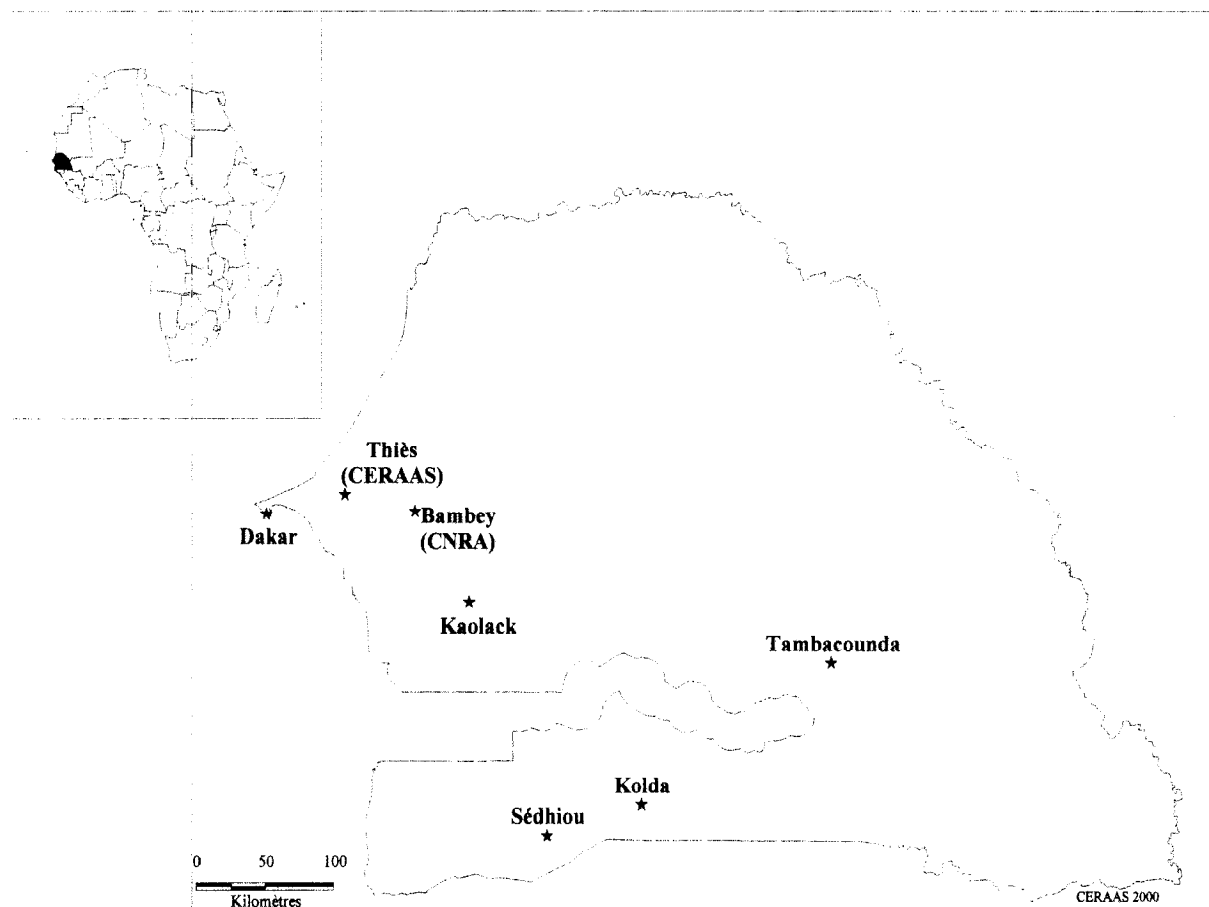
certaines variétés (Cross n°3, 32-15, 38-1-7 et Jaalgon 128) que chez d'autres (Primoca, Yendev 55 et Ceraas-1-98).

Au regard de ces résultats, il ressort qu'en Afrique en général et au Sénégal en particulier, le sésame a peu fait l'objet de recherches. Or, il pourrait jouer un rôle déterminant pour la sécurité alimentaire et la diversification des cultures et des revenus des agriculteurs. C'est pour toutes ces raisons et pour répondre à la forte demande d'assistance technique des organisations paysannes, que ce travail a été entrepris. Sa finalité est de contribuer à la promotion de la culture du sésame ainsi qu'à son adoption durable par les populations rurales.

Chapitre 2 : MATERIEL ET METHODES

2.1. CARACTERISTIQUES DU SITE EXPERIMENTAL

L'essai a été mené en station expérimentale au Centre National de la Recherche Agronomique (CNRA) de l'ISRA de Bambey (Carte 1). La station de recherche de Bambey est située à 120 km à l'est de Dakar (14° 42' N, 16° 28' O, altitude : 20 m).



Carte 1 : Localisation du site d'étude et des principales zones de culture du sésame au Sénégal.

2.1.1. Les sols

Le sol est de type « dior » modal, de la classe des sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés, représentant presque 95% des sols de la zone nord du bassin arachidier sénégalais (AGETIP, 1995 ; Sarr *et al.*, 1999). Il présente un profil homogène de la surface jusqu'à plus de 4 m de profondeur (Nicou, 1974). La proportion sableuse atteint 82% au moins avec des pourcentages d'argile inférieurs à 10% d'argile. Le pH est légèrement acide à neutre (5,5 à 6,5) et exceptionnellement alcalin au niveau de l'horizon de surface en raison de l'accumulation de cations apportés par l'eau d'irrigation (AGETIP, 1995). Selon cette même source, l'horizon humifère présente des taux de matières organiques faibles généralement inférieurs à 0,5%.

Le passé cultural de la sole de l'essai est le suivant : maïs en 1995, niébé en 1996, mil et jachère respectivement en contre saison et en hivernage 1997 et enfin jachère en 1998.

2.1.2. Le climat

Le climat de la zone est de type soudano-sahélien selon Le Houérou (1989). La pluviométrie annuelle varie généralement de 400 à 600 mm. La saison de pluies est unimodale, de juin à octobre. Le pic pluviométrique se situe généralement entre les mois d'août et septembre (Sarr *et al.*, 1999). Les résultats de l'analyse fréquentielle (1950-1998) montrent que la pluviométrie médiane annuelle enregistrée est de 460 mm tandis que, sur la même période, la hauteur de 300 mm correspond à une probabilité d'occurrence de 80%. Enfin, le cumul pluviométrique obtenu 2 années sur 10 est de 570 mm (Source : Agroclimatologie/CNRA de Bambey).

Les températures moyennes peuvent osciller entre 19 et 45°C. En saison sèche froide (novembre à février), les températures minimales sont relativement basses et varient entre 18 et 24°C, alors que les températures maximales peuvent atteindre 34 à 40°C en saison sèche chaude (mars à juin).

2.2. MATERIEL VEGETAL

L'expérimentation a été réalisée sur sept variétés de *S. indicum* L. fournies par le Programme de Développement Rural Intégral de la Moyenne Casamance (Primoca, Département de Sédhiou, Région de Kolda, Sénégal), l'INERA (Niangoloko, Burkina Faso) et l'Université de Shizuoka (University of Shizuoka, School of Pharmaceutical Sciences, Japon). Le choix des génotypes étudiés dans ce travail a été réalisé sur la base du potentiel de production et de la durée du cycle dans les sites d'origine.

Les graines ont été triées et traitées au Granox, et leur viabilité a été appréciée par observation directe (graines morphologiquement entières et théoriquement fertiles) puis par un test de germination au laboratoire (Annexe VI). Le tableau 1 présente des caractéristiques des 7 variétés étudiées.

Tableau 1 : Caractéristiques des génotypes étudiés. Sources : Djigma (1985), Schilling et Cattani (1991), Zagre *et al.* (1999) et Guèye (2000).

Variété	Provenance	Port	Couleur graines	Cycle (jours)	P1000G (g)	Rendement moyen (kg ha ⁻¹)
32-15	Burkina Faso (création : S4 (Argentine) x S30 (Brésil))	ramifié	blanche	90	4,03	400-1000
38-1-7	Burkina Faso (création : Labola (variété locale) x Jaalgon 128)	ramifié	crème	90	3,03	400-1000
Jaalgon 128	Burkina Faso (origine indienne)	ramifié	blanche	90	4,78	400-1000
Cross n°3	Burkina Faso (origine nigérienne)	ramifié	blanche	95	3,00	400-1000
Yendev 55	Burkina Faso (origine nigérienne)	très ramifié	crème	95	1,03	400-1000
Primoca	Primoca (Sédhiou, Sénégal : origine mexicaine)	très ramifié	brune	120	3,00	870
Ceraas-1-98	Japon	monotige	blanche	65-70	2,36	625

P1000G = poids de mille graines ; Ceraas-1-98 = variété à graines blanches fournie sans nom.

2.3. METHODES D'ETUDE

2.3.1. Conduite de la culture

Pour assurer un bon lit de semis, un travail superficiel du sol comprenant un labour (10 à 15 cm) et un hersage à sec a été réalisé. Chaque parcelle compte dix lignes de 6 m tracées à l'aide d'un rayonneur, soit une densité de 310 poquets pour 36 m². Après la première pluie utile d'une hauteur de 28,6 mm, un semis à plat a été effectué à raison de 4 à 6 graines par poquet. Ces derniers étaient espacés de 0,60 m entre les lignes et de 0,20 m sur les lignes.

Un démariage à deux plants par poquet a été opéré 15 jours après levée soit 18 jours après semis (jas). Les plants démariés ont servi à remplacer les poquets manquants ou ayant mal levé. Les pourtours des parcelles ont été remblayés afin de constituer des buttes pour éviter tout apport ou perte d'eau par ruissellement. Ces buttes ont été régulièrement entretenues après les grosses averses.

Le sarclo-binage des parcelles, des allées et des bordures a été effectué une seule fois, 15 jas. La fumure minérale recommandée par Djigma (1985), engrais coton 14 N-23 P-14 K, a été appliquée en une fois à la dose de 60 kg ha⁻¹, le jour du démariage.

Un buttage des pieds a suivi l'application de la fumure pour optimiser l'utilisation de celle-ci et renforcer la résistance des plants à la verse au stade précoce. Des traitements insecticides avec du diméthoate (carbamate systémique) à la dose 1 l ha⁻¹ (1 cm³ pour 1 l d'eau) ont été également appliqués à partir de la floraison (traitement préventif) et au besoin pendant le reste du cycle.

2.3.2. Dispositif expérimental

Le dispositif utilisé est en blocs complets randomisés avec un facteur étudié à 7 niveaux correspondant aux 7 variétés de sésame présentées dans le tableau 1. Ces 7 traitements ont été répétés 3 fois, soit 21 unités expérimentales constituées chacune par une parcelle élémentaire de 6 m x 6 m (Figure 3). Les parcelles sont séparées par des allées de 1,50 m et sont limitées par une ligne de bordure. Le rendement est déterminé sur un carré de 2,40 m x 2,40 m situé au centre de chaque parcelle autour d'un tube d'accès pour la sonde à neutrons. Ce carré de rendement est composé de 4 lignes de 2,40 m de long, soit 81 pieds pour 5,76 m².

2.3.3. Echantillonnage

Le suivi hebdomadaire du bilan hydrique a été effectué par comptages neutroniques *in situ* à différentes profondeurs, grâce à un tube d'accès placé au milieu de chacune des parcelles.

Les observations sur la phénologie (levée, floraison, formation de capsules, maturité) ont été faites tous les deux jours sur l'ensemble des plants de chaque unité expérimentale. Chacune de ces phénomènes a été considérée comme atteinte lorsque 50% des plants avaient atteint ce stade.

Par ailleurs, au cours du cycle de développement, la détermination, à une fréquence hebdomadaire, des paramètres de croissance (hauteur de la plante, hauteur d'insertion de la 1^{ère} capsule, nombre de rameaux primaires et secondaires) a porté sur 5 pieds (nombre de répétitions statistiquement représentatif et mesures relativement rapides) à partir de 24 jas, alors que celle du contenu relatif en eau (CRE) a concerné 3 pieds (nombre de répétitions statistiquement représentatif mais mesures délicates à effectuer dans un délai correspondant à des conditions microclimatiques stables) par parcelle (3 répétitions). Ces mesures du CRE ont été réalisées sur des feuilles, entre 11 et 13 h (conditions microclimatiques stables et

notamment l'éclaircissement), en dehors du carré de rendement en raison de leur nature destructive, et suivant un plan d'échantillonnage présenté en Annexes VII-1 à VII-4. Compte tenu de l'hétérophylle foliaire plus (stades adultes) ou moins (stades précoces) marquée chez le sésame, un échantillonnage particulier a été effectué pour le prélèvement des feuilles, ceci pour éviter une variabilité sous l'effet du développement. Ainsi, au stade précoce de développement, le prélèvement a concerné la 3^{ème} feuille adulte à partir de l'apex de la plante, tandis qu'au stade adulte, l'échantillon est constitué de la dernière paire de feuilles supérieures lancéolées à partir de l'apex.

Les mesures de l'indice foliaire ou *Leaf Area Index (LAI)* ont été réalisées à l'échelle du peuplement en trois points de la parcelle.

A la récolte, les rendements en graines par plante (RGP) et par variété (RGV) et leurs composantes ont été estimés pour chaque parcelle. Le poids de mille graines (P1000G) a été déterminé à partir de 3 échantillons composite par parcelle. Le poids de matière sèche des tiges (PMST) et le nombre moyen de capsules par plante (NCP) ont été déterminés sur 5 pieds par parcelle. En outre, la longueur moyenne des capsules (LCAP), le nombre moyen de loges par capsule (NLOC) et le nombre moyen de graines par loge (NMGL) ont été déterminés à partir d'un échantillon de 30 capsules par parcelle.

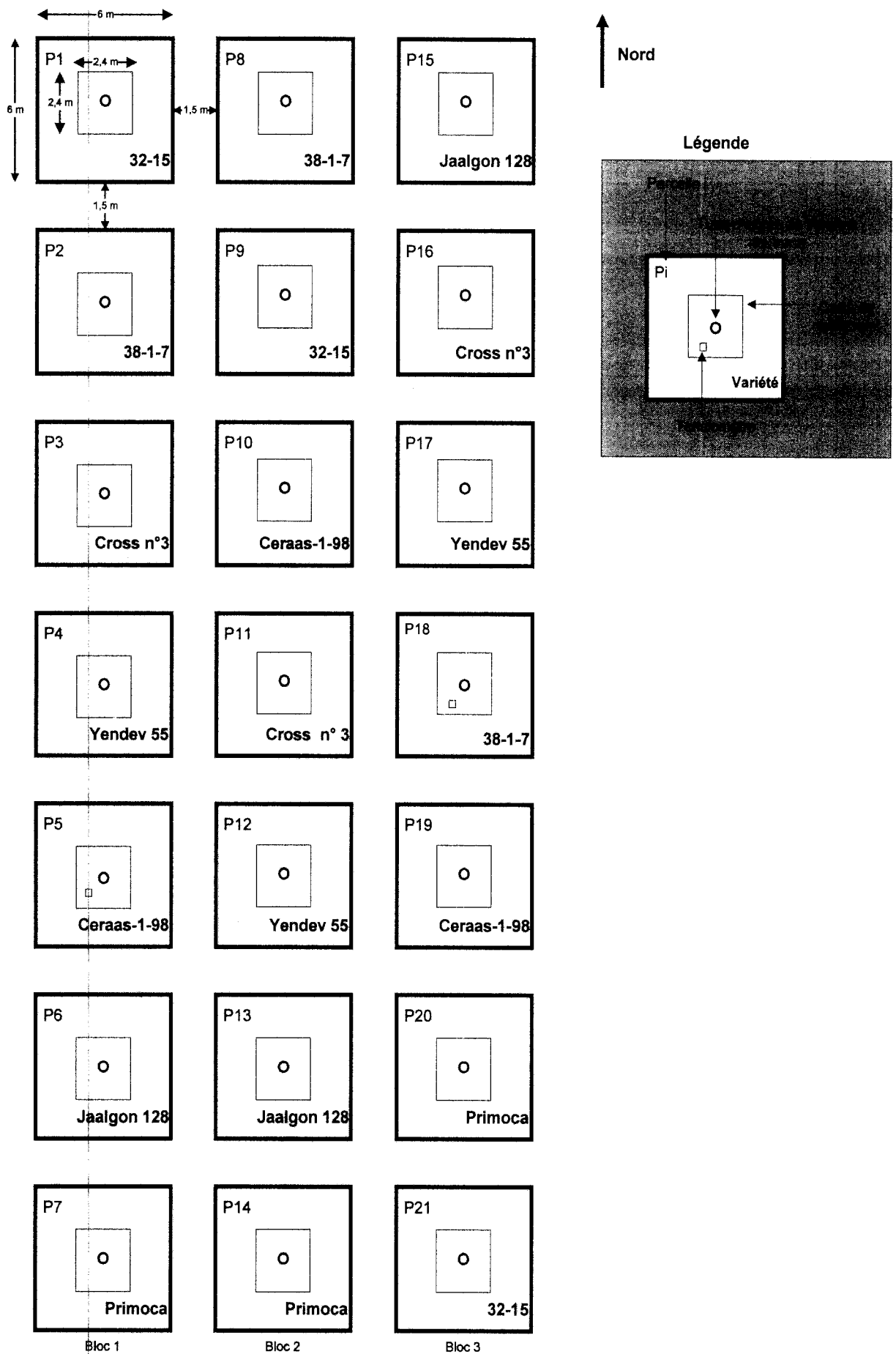


Figure 3 : Schéma du dispositif expérimental.

2.3.4. Conditions environnementales de l'essai

Au cours de l'expérimentation (saison des pluies 1999), différents paramètres climatiques ont été suivis (la pluviométrie, la vitesse du vent à 2 m du sol, les humidités relatives minimale et maximale de l'air, les températures minimale et maximale de l'air, la durée d'insolation et l'évaporation bac) et les résultats présentés au Chapitre 3 de ce mémoire. Ces paramètres ont fait l'objet d'un enregistrement journalier au niveau de la station agro-climatique du CNRA située à 300 m au nord du champ expérimental.

2.3.5. Méthodes d'observation et de mesure

2.3.5.1. Suivi du bilan hydrique et évaluation de la consommation en eau

Parmi les méthodes employées pour suivre la dynamique de l'eau du sol et évaluer la consommation en eau des cultures ou évapotranspiration réelle (ETR), celle du bilan hydrique est l'une des plus usitées de nos jours. La méthode de mesure de l'eau du sol utilisée dans cette étude fait intervenir deux techniques, d'une part une détermination par gravimétrie et d'autre part une mesure par comptage neutronique.

2.3.5.1.1. La méthode gravimétrique

La gravimétrie constitue une méthode de détermination de l'état hydrique du sol qui est destructive et laborieuse. Pour ces raisons, entre autres, la méthode neutronique lui est généralement préférée. Par ailleurs, compte tenu de l'imprécision de l'humidimètre (forte variabilité) et des risques d'irradiation pour l'opérateur dans les horizons superficiels, la gravimétrie a été aussi utilisée dans ce travail concomitamment à la sonde pour les horizons de surface notamment. Ainsi, les humidités volumiques des horizons 0-10 et 10-20 cm ont été obtenues par gravimétrie, tandis que la sonde a servi pour étudier les horizons plus profonds. Pour ce faire, des échantillons de sol ont été prélevés au niveau des horizons 0-10 cm et 10-20 cm et conservés dans des boîtes à tare hermétiquement fermées. A l'aide d'une balance de précision, leurs poids frais (PF) ont été déterminés au laboratoire. Les poids secs (PS) des mêmes échantillons ont été obtenus après 24h à l'étuve à 105°C.

L'humidité pondérale (Hp) a été déterminée à partir de l'équation :

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

Par la suite, l'humidité volumique (Hv) correspondante a été calculée à partir de la relation :

$$H_v = H_p \times \text{d.a.}$$

avec d.a. correspondant à la densité apparente de l'échantillon de sol. Pour les sols de la station, les valeurs de densité de 1,5 (« deck ») et 1,6 (« dior ») ont été couramment obtenues respectivement pour les horizons 0-10 cm et 10-20 cm (Sarr *et al.*, 1999).

2.3.5.1.2. La méthode neutronique

La méthode neutronique permet de réaliser de mesures répétitives *in situ*, non destructives et continues en un point donné. Ces mesures ont été effectuées à l'aide de la sonde à neutrons ou humidimètre neutronique de type Troxler T7.

Le principe consiste à irradier le sol par des neutrons rapides émis par une source annulaire. Ces particules nucléaires se répartissent dans un volume donné de sol dans lequel elles donnent lieu à des chocs élastiques en entrant en contact avec d'autres noyaux d'éléments de masse voisine, en particulier les noyaux d'hydrogène. Suite à ces chocs, ces particules sont

ralenties ou dites «thermalisées» et sont comptées à l'aide d'un détecteur de neutrons lents associé à la source. Dans le sol, les neutrons sont supposés être ralentis au cours de ce processus par les atomes d'hydrogène contenus dans les molécules d'eau (Henin *et al.*, 1969 cités par Grouzis (1988)). Ces neutrons ralentis par les atomes d'hydrogène des molécules d'eau sont détectés dans une sphère d'influence dont le diamètre est fonction du degré d'humidité du sol. Ainsi, la mesure neutronique, moyennant quelques corrections et précautions, reflète bien la teneur en eau du sol à un instant donné.

Néanmoins, il convient de noter que la sonde à neutrons ne permet pas une lecture directe de l'humidité d'un sol, et qu'il faut donc procéder à un étalonnage. En outre, la présence dans le sol d'atomes d'hydrogène autres que ceux contenus dans l'eau (matière organique, argiles) d'une part, et de corps susceptibles d'absorber les neutrons émis (chlore et bore) (Damagnez, 1962) d'autre part, justifie cette étape. Elle consiste à établir la relation entre le comptage neutronique *in situ* et l'humidité volumique du sol. Pour cela, les comptages bruts sont corrigés par rapport à ceux effectués dans l'étui (comptage de référence) puis couplés aux mesures gravimétriques pour les mêmes cotes de sol. On obtient ainsi :

$$N_r = (N/N_0) \times N_s$$

où N_r = comptage neutronique corrigé ; N = comptage neutronique brut *in situ* ; N_0 = valeur moyenne des comptages dans l'étui de la sonde T7 avant et après les mesures *in situ* et N_s = comptage standard qui devrait normalement être obtenu dans l'étui (comptage de référence).

Le bilan hydrique des entrées et sorties d'eau entre les différentes dates de mesure a été établi à partir de la relation :

$$\Delta S_z^0 \text{ (mm)} = (P + I) \pm R \pm D - \text{ETR}$$

où ETR (mm) = évapotranspiration réelle de la culture ;

P (mm) = pluviométrie cumulée entre deux dates ;

I (mm) = eau d'irrigation apportée entre ces deux dates ;

R (mm) = eau de ruissellement reçue ou perdue par la parcelle ;

D (mm) = eau perdue par drainage ou reçue par remontée capillaire ; et,

ΔS_z^0 = variation du stock d'eau de la surface à la cote de sol Z.

Dans nos conditions expérimentales, un buttage des parcelles a été réalisé pour éviter le ruissellement d'une part et une profondeur de sol au-delà de laquelle l'humidité ne varie plus (profondeur utile) a été prospectée d'autre part. Les termes R et D de l'équation ci-dessus ont donc été négligés ; ce qui donne l'équation ci-après dite équation simplifiée du bilan hydrique.

$$\Delta S_z^0 \text{ (mm)} = (P + I) - \text{ETR}$$

La consommation en eau a été déterminée entre les dates de mesure à l'aide de la relation :

$$\text{ETR} = (P + I) - \Delta S_z^0$$

Les variables P et I ont été obtenues directement par lecture (station météorologique pour P) ou à partir des quantités d'eau apportées en complément (pour I) pour assurer des conditions d'alimentation hydrique optimales. ΔS_z^0 a été déterminé à partir des stocks hydriques du sol entre deux dates successives.

Au cours de l'essai, le pilotage de l'irrigation a été assuré à l'aide de deux tensiomètres installés dans les parcelles 5 et 18 à 1 m de profondeur. Ces tensiomètres ont permis de situer, par lecture directe, les périodes de déficit hydrique, et de programmer l'irrigation pour maintenir des conditions hydriques optimales pendant tout le cycle.

Parallèlement à l'estimation de l'ETR, les coefficients culturaux au cours des différentes phases du cycle de développement ont été déterminés à partir de la relation suivante :

$$Kc = ETM/Evbac_{\text{corrigée}}$$

où ETM (mm) = évapotranspiration maximale correspondant aux besoins en eau de la culture. Les conditions optimales hydriques ayant été satisfaites durant l'essai, on peut considérer que ETM est égale à ETR. $Evbac_{\text{corrigée}}$ (mm) correspond à la valeur de l'évaporation sur une nappe d'eau libre corrigée par la relation proposée par Dancette (1976) :

$$Evbac_{\text{corrigée}} = ETP = 0,75 \times Evbac + 0,1$$

2.3.5.2. Suivi de la croissance et du développement

Le suivi morpho-phénologique a consisté en l'observation des phases phénologiques de la culture et la mesure de quelques paramètres de croissance.

Les observations sur la phénologie ont été réalisées à la levée, à la floraison (50% de fleurs épanouies), à la formation et à la maturité physiologique des capsules et enfin, à la récolte.

Les mesures agro-morphologiques ont porté notamment sur la hauteur de la plante (HP), la hauteur d'insertion de la 1^{ère} capsule (HCI), et le nombre total de rameaux (NRTOT). Par ailleurs, l'indice de surface foliaire ou *Leaf Area Index (LAI)* a été utilisé comme paramètre permettant d'apprécier la croissance de la culture (couverture du sol par la canopée). Il trouve des applications dans les domaines de la productivité, de la densité, de la pénétration du rayonnement solaire incident et de l'évapotranspiration. Il exprime un rapport de la surface de feuille par unité de surface de sol et a été déterminé à l'aide d'un analyseur de surface foliaire LAI 2000 (LICOR Inc., Lincoln, Nebraska, USA) qui permet une mesure *in vivo* instantanée et non destructive (à partir du rapport du flux quantique reçu au-dessus du couvert sur celui reçu en-dessous du couvert).

Le principe de cet appareil repose sur la détermination du *LAI* moyen (surface foliaire par unité de surface de sol) à partir du rapport du flux quantique mesuré au-dessus de la canopée (valeur de référence) et celui mesuré en différents points au-dessous de celle-ci. La pénétration du rayonnement solaire à travers le couvert végétal fournit ainsi une estimation de la structure de la canopée. Cette estimation était jadis obtenue par le biais d'une mesure destructive et fastidieuse de la surface foliaire d'une culture au moyen du planimètre. Au niveau de chaque parcelle, la détermination du *LAI* a été faite à partir de 3 répétitions (3 mesures). Pour chacune de ces mesures, l'analyseur enregistre simultanément les données correspondant au *LAI*, à l'erreur standard de lecture du *LAI* (SEL ou *standard error of LAI*), et au pourcentage d'éclaircis (*DIFN* ou diffuse non interceptance). Le taux de couverture du sol par la culture (le complément à 100 du *DIFN*) a ensuite été calculé.

2.3.5.3. Suivi de l'état phytosanitaire des cultures

Durant toute la période de l'essai, l'état phytosanitaire des différentes variétés a été suivi à travers des observations bi-hebdomadaires portant sur les différents organes des plantes (feuilles, tiges, fleurs, capsules). Ainsi, les attaques des nuisibles ont pu être identifiées et les traitements adéquats réalisés en temps opportun.

2.3.5.4. Suivi de l'état hydrique des plantes

L'état hydrique interne des plantes a été suivi par la méthode du contenu relatif en eau (CRE). Le CRE est un des paramètres physiologiques qui permet, à travers le contenu en eau des tissus, de décrire le bilan des échanges d'eau dans le *continuum* sol-plante-atmosphère.

Dans la présente étude, le CRE a servi comme paramètre de contrôle de l'état hydrique des plantes par rapport aux conditions hydriques optimales maintenues pendant toute la durée de l'essai chez toutes les variétés. C'est un paramètre qui caractérise l'état d'hydratation des cellules de la plante par rapport à la pleine turgescence à partir de la mesure de la quantité d'eau contenue dans les tissus foliaires.

Pour sa détermination, des disques foliaires prélevés dans la zone d'échantillonnage (Annexes VII-1 à VII-4) sont placés dans des fioles préalablement tarées puis hermétiquement fermées. Ces disques foliaires sont prélevés à l'aide d'un emporte-pièce bien acéré permettant d'effectuer une section franche de ces derniers. Le poids frais (PF) de ces échantillons a été déterminé au laboratoire à l'aide d'une balance de précision METTLER. Par la suite, les disques ont été mis à réhydrater dans les mêmes fioles remplies d'eau distillée et placées dans un réfrigérateur à 4°C. Dans ces conditions, le poids de turgescence maximale (PT) a été obtenu après un séjour de 24 h. Avant la pesée, le disque est essuyé avec du papier filtre Whatman n°2, ensuite enveloppé avec du parafilm déjà taré. Après un séjour à l'étuve à 85°C jusqu'à poids constant (24h), le poids de matière sèche (PS) des mêmes disques est déterminé. Par la suite, le CRE est calculé suivant la relation proposée par Weatherley (1950 ; 1951) cités par Slatyer (1967) :

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

2.3.5.5. Analyse de la récolte

A la récolte, le rendement en graines par variété (RGV) à l'hectare ainsi que le poids de matière sèche des tiges (PMST) ont été estimés par parcelle. Par ailleurs, les composantes du rendement que sont le poids de mille graines (P1000G) et le nombre moyen de capsules par plante (NCP) ont été évalués. En outre, la longueur moyenne des capsules (LCAP), le nombre moyen de loges par capsule (NLOC), et le nombre moyen de graines par loge (NMGL) ont été déterminés. Les éventuelles corrélations entre le rendement obtenu et ses composantes ont également été étudiées.

A partir du rendement en graines (RGV), de la production de matière sèche des tiges (PMST) et de la consommation en eau (ETR) des différentes variétés étudiées, l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) a été déterminée pour chacune d'elles. Elle s'exprime en kg de matière produite à l'hectare et par mm d'eau consommée, et a été calculée suivant les relations :

$$\text{EUE Gr} = \text{RGV/ETR} \text{ et } \text{EUE MST} = \text{PMST/ETR}$$

2.3.6. Méthode de traitement et d'analyse des données

Les données brutes obtenues ont été soumises à une analyse statistique. Les analyses de la variance (ANOVA) et multivariées (ACP, AFD) ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS/STAT (SAS Institute Inc., Cary, USA). La comparaison des moyennes a été réalisée par le test de Student Newman-Keuls (SNK) au seuil de 5%.

Chapitre 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. RESULTATS

3.1.1. Evolution des paramètres environnementaux

3.1.1.1. Pluviométrie

Au cours de la saison des pluies 1999, du 14 juin au 19 octobre, le cumul enregistré au niveau du site de l'essai est de 568 mm, avec 51 jours de pluie. La figure 4 présente la répartition mensuelle de cette pluviométrie. 73% de la pluviométrie cumulée ont été enregistrés pendant les mois d'août et septembre. En comparaison avec la normale climatique 1951-1980, cette saison est un peu moins arrosée avec un déficit de 7,3%. Par contre, elle est légèrement plus humide par rapport à la normale sèche 1961-90, avec un excédent de 9,5%.

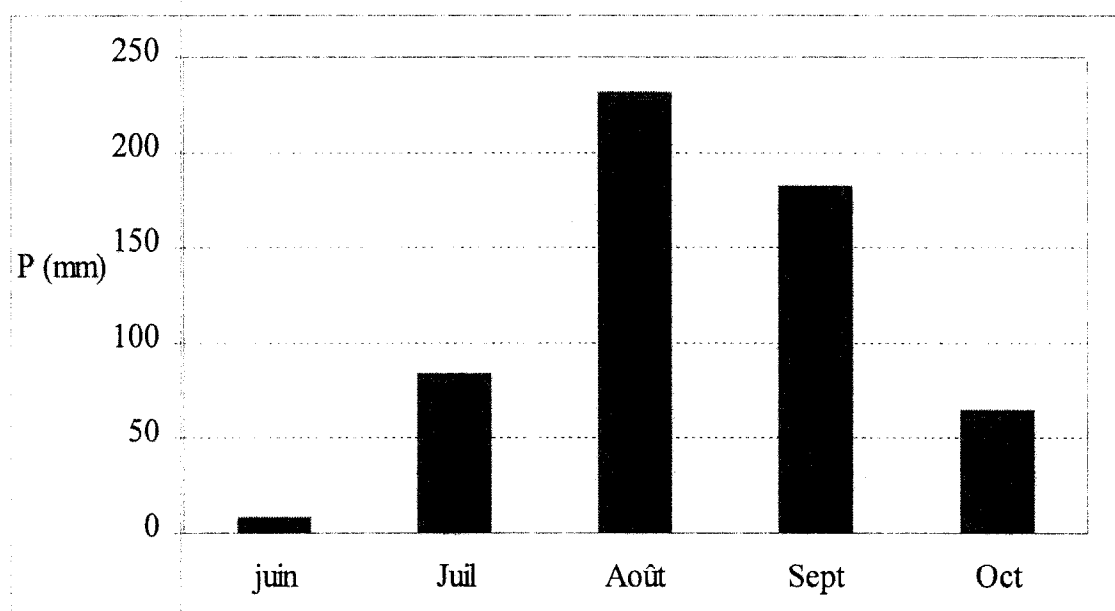


Figure 4 : Répartition mensuelle de la pluviométrie (P en mm) au cours de l'hivernage 1999.

Au cours de la période d'expérimentation (du 30 juillet au 25 novembre), le cumul pluviométrique enregistré est de 477 mm. Durant le cycle de développement du sésame, environ 89% de cette quantité d'eau est enregistrée durant les mois d'août (phase végétative) et septembre (phase reproductive) avec un maximum de 48,4% pendant le mois d'août. Dans l'ensemble, les pluies sont très bien réparties dans le temps avec une moyenne journalière de 4 mm (Figure 5). Cependant, il faut noter que la période correspondant à la 6^e décade après le semis n'a reçu aucune quantité de pluie (Figure 6).

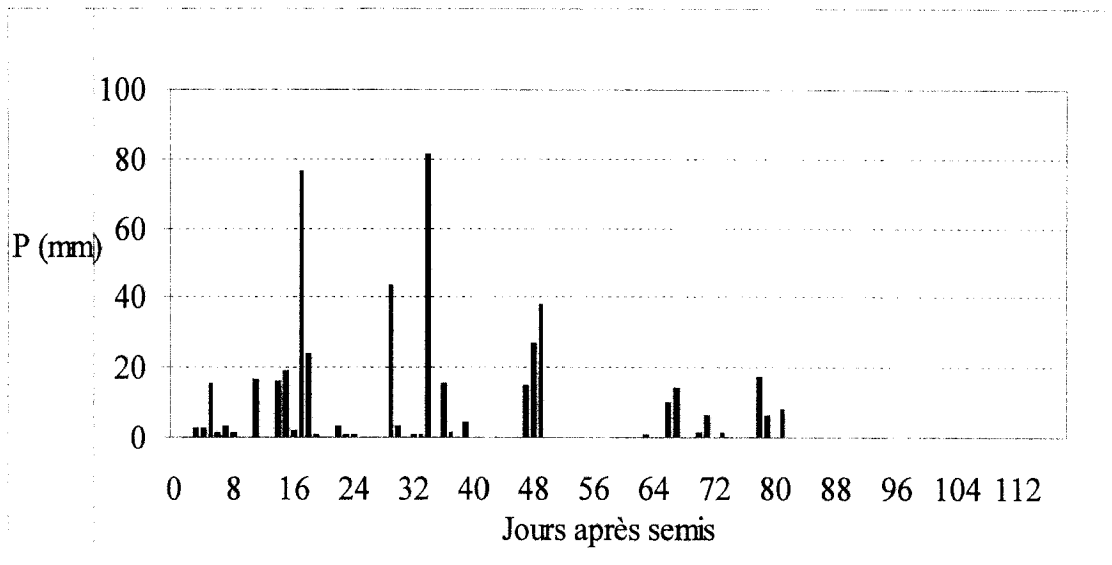


Figure 5 : Répartition journalière de la pluviométrie (P en mm) au cours du cycle de développement.

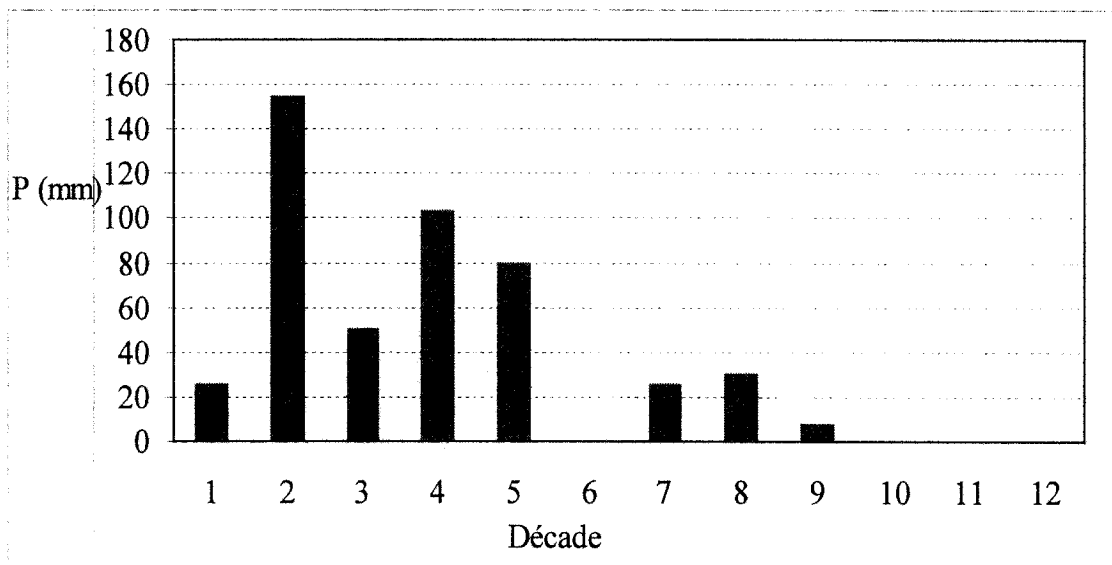


Figure 6 : Répartition décadaire de la pluviométrie (P en mm) au cours du cycle de développement.

3.1.1.2. Température

Les températures maximales et minimales ont enregistré de légères variations au cours du cycle de développement (Figure 7). Les minima ont évolué entre 13,6 et 33,2°C avec une moyenne de 23°C, et les maxima entre 23,7 et de 40°C avec une moyenne de 33,5°C.

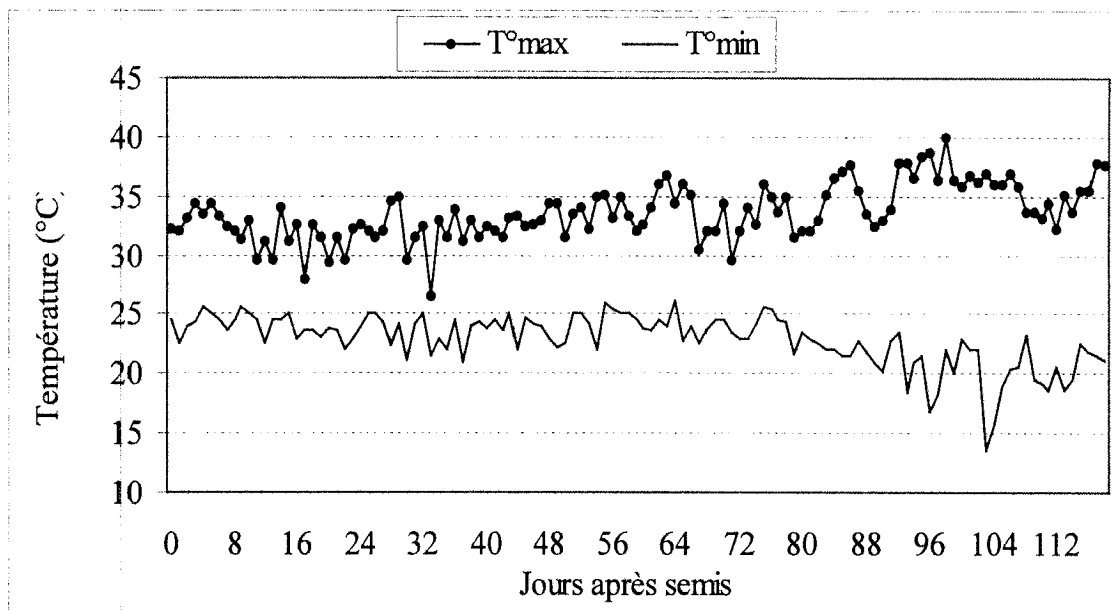


Figure 7 : Evolution des températures au cours du cycle de développement.

3.1.1.3. L'insolation

La figure 8 présente l'évolution de la durée d'insolation journalière au cours de l'expérimentation. Elle varie beaucoup avec une moyenne de 7h et un maximum de 11h. Ces valeurs sont relativement faibles par rapport à la durée astronomique du jour qui oscille entre 11 et 13h avec une moyenne de 12h. La faiblesse de la durée d'insolation est à mettre en relation avec l'importance de la nébulosité durant le cycle cultural.

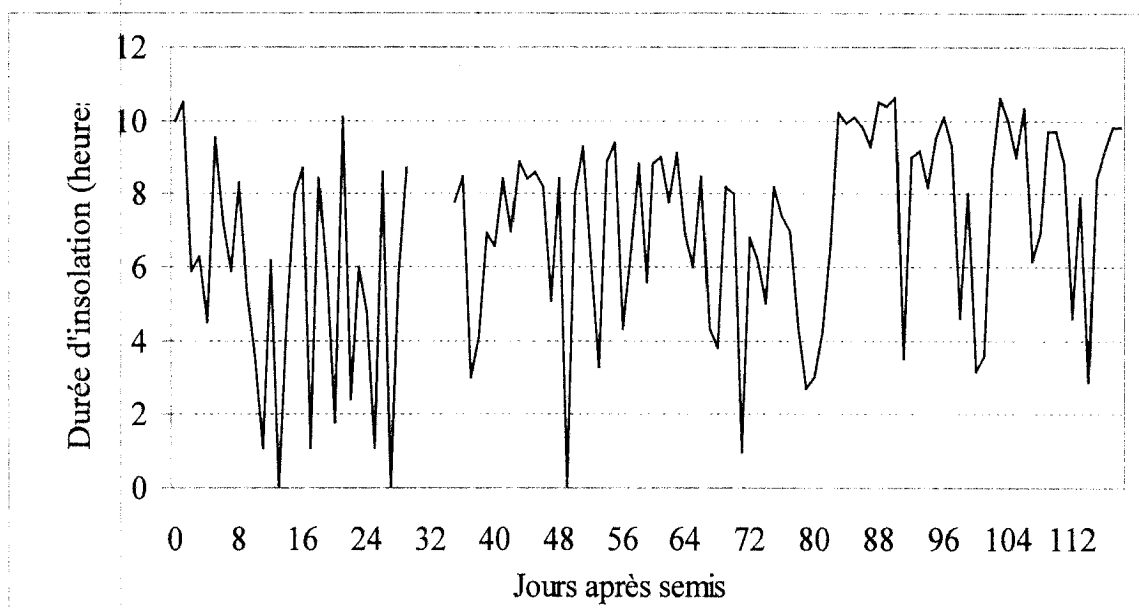


Figure 8 : Evolution de la durée d'insolation journalière au cours du cycle de développement.

3.1.1.4. Humidité relative

Au cours de l'essai, des maxima et des minima de l'humidité relative (Figure 9) ont varié respectivement de 11 à 100% avec une moyenne de 51,7%, et de 64 à 100% avec une moyenne de 96%. A la fin de cycle, les valeurs de l'humidité ont été plus basses que celles enregistrées au début du cycle.

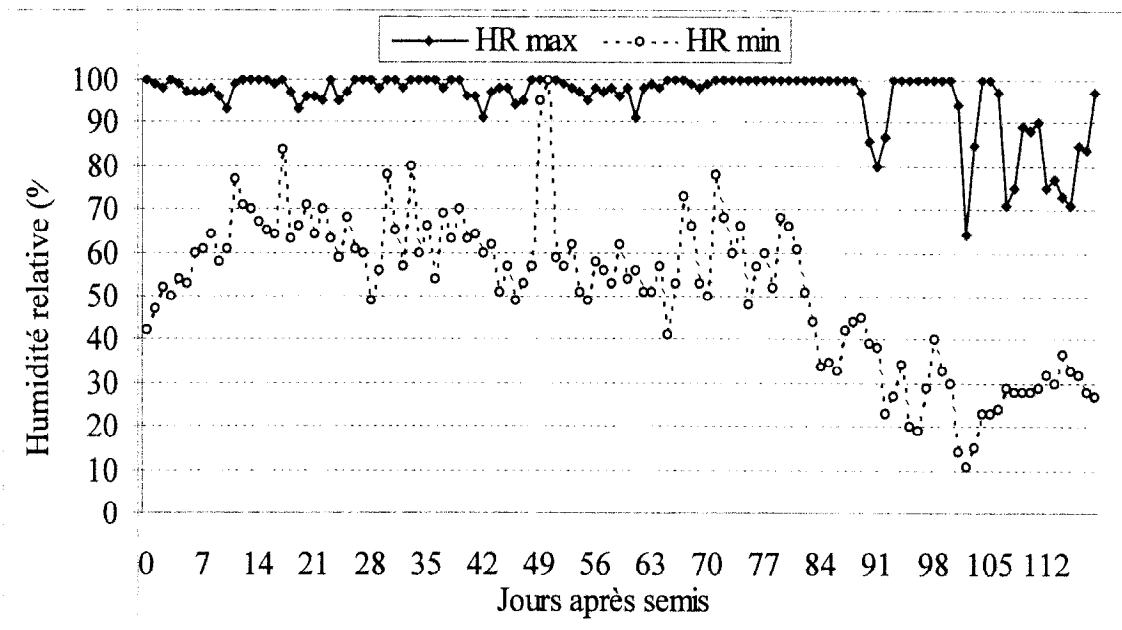


Figure 9 : Evolution de l'humidité relative maximale et minimale au cours de l'expérimentation.

3.1.1.5. Vitesse du vent

La vitesse du vent mesurée à deux mètres du sol est en moyenne de 3 m s^{-1} avec un maximum de $5,1 \text{ m s}^{-1}$ et un minimum de $0,5 \text{ m s}^{-1}$ (Figure 10). L'intensité des vents a été plus forte au début qu'à la fin du cycle.

Ceci peut être expliqué par l'accroissement des manifestations pluvio-orageuses durant la première moitié du cycle cultural du sésame.

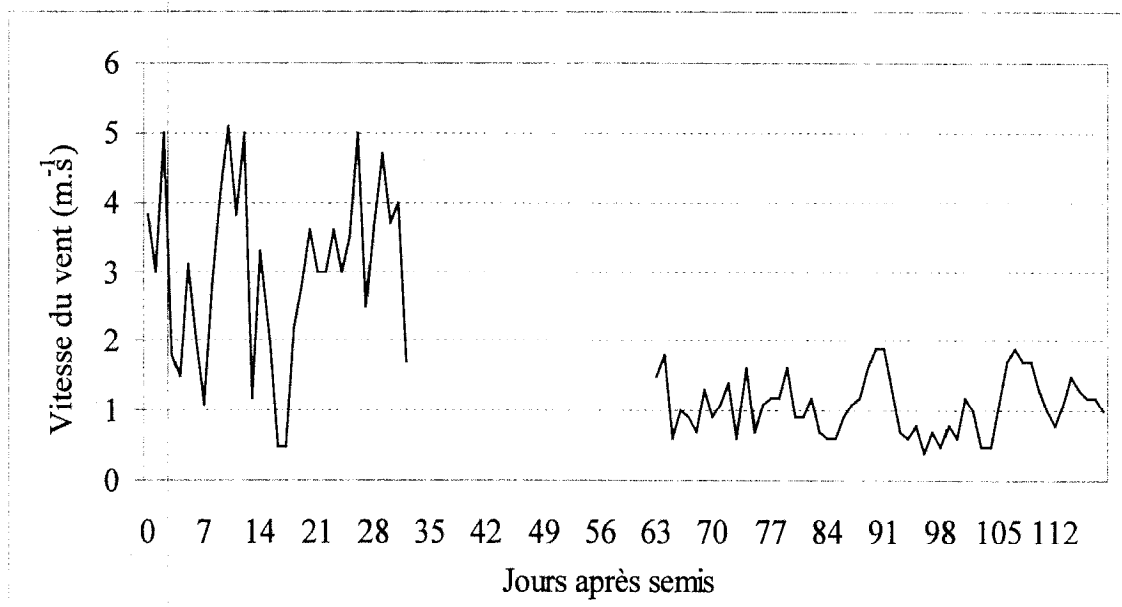


Figure 10 : Evolution de la vitesse du vent durant le cycle de développement.

3.1.1.6. Evapotranspiration potentielle (ETP)

L'ETP a légèrement varié autour d'une moyenne de $4,67 \text{ mm}$ tout au long du cycle de développement du sésame (Figure 11).

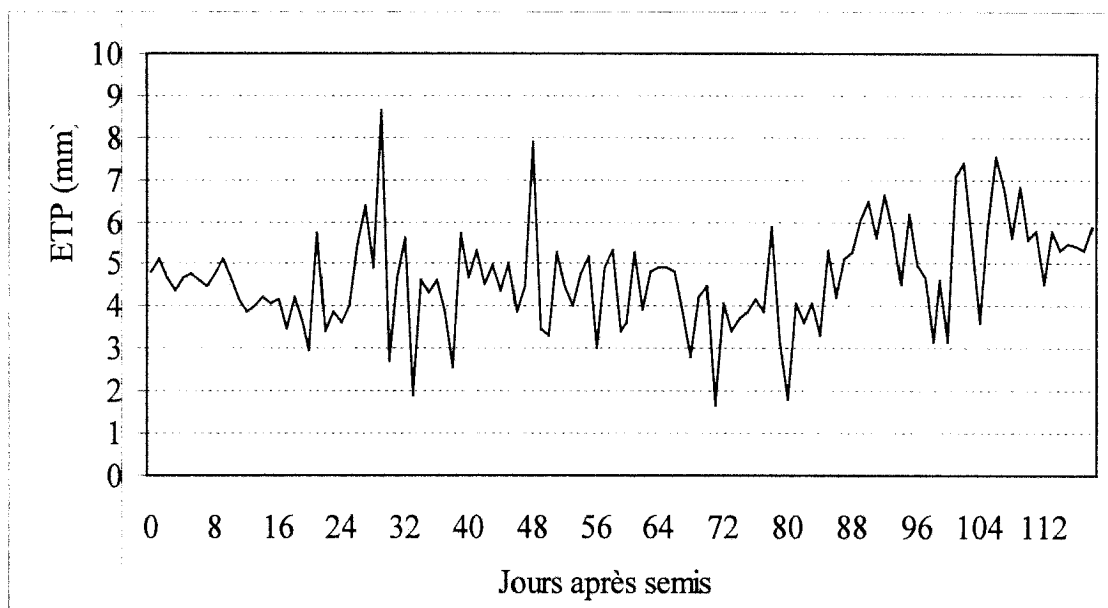


Figure 11 : Variation de l'évapotranspiration potentielle au cours du cycle de développement.

Les valeurs extrêmes, inférieures et supérieures, sont respectivement égales à 1,67 et 8,65 mm. Les valeurs de l'ETP sont légèrement plus élevées en fin de cycle, probablement du fait de la baisse de la vitesse et de l'humidité relative de l'air, et de l'augmentation de l'insolation et de la température pendant cette période. Il apparaît ainsi que l'ETP à Bambey au cours de la saison des pluies 1999 semble être plus liée à l'énergie radiative (rayonnement, température et insolation) qu'à celle advective (vent).

3.1.2. Etat phytosanitaire

Au cours de l'expérimentation l'état phytosanitaire des variétés a été assez satisfaisant. Malgré les traitements préventifs réguliers appliqués, quelques attaques d'insectes se sont manifestées. En effet, les plantules de sésame ont été envahies par les pucerons de l'espèce *Myzus persicae* au stade précoce de croissance. Ces piqueurs-suceurs ont disparu après les grosses pluies d'août, ne laissant sur place que des dégâts mineurs avec des feuilles légèrement recroquevillées vers la face inférieure.

Les attaques des acariens ont été par contre assez visibles mais variables selon la variété. A l'exception de la variété Ceraas-1-98 qui est restée indemne, toutes les autres ont manifesté les symptômes caractéristiques d'une acariose, qui sont :

- une coloration bronzée des jeunes feuilles, bourgeons et capsules ;
- un aspect rabougri du port ;
- un avortement de quelques fleurs juste avant la nouaison dans certains cas.

Les variétés les plus sensibles aux attaques des acariens sont celles à cycle tardif ou à biomasse aérienne importante : Primoca, Yendev 55 et Cross n°3. En outre, la présence sporadique de la chenille du lépidoptère *Antigastra catalaunalis* et de la larve de la mouche *Asphondylia sesami* a également été notée. Des traitements au diméthoate 12 E.C. ont permis de juguler ces attaques.

Enfin, vers la fin du cycle, l'*oïdium* s'est manifesté chez toutes les variétés. Des plages de feutrage blanc ont débuté au niveau des feuilles du bas et ont progressivement évolué vers le haut de la tige. Cette mycose est exceptionnelle chez le sésame mais pourrait être vraisemblablement favorisée par l'ombrage et la forte humidité qui régnaient sous les pieds du

fait de la bonne couverture du sol. Aucun traitement n'a été appliqué du fait de son apparition tardive coïncidant avec la maturité et le début de la sénescence des plantes.

3.1.3. Contenu relatif en eau

Le contenu relatif en eau (CRE) des feuilles a servi comme paramètre d'appréciation de l'état hydrique des plantes. Compte tenu de la durée du cycle des variétés étudiées, une ANOVA a été effectuée sur une période commune (du 24 au 59^e jas), après une transformation puissance. Il apparaît que les valeurs de CRE n'indiquent pas de différence significative entre variétés ($p=0,24$). La figure 12 montre son évolution pendant cette période indifféremment de la variété.

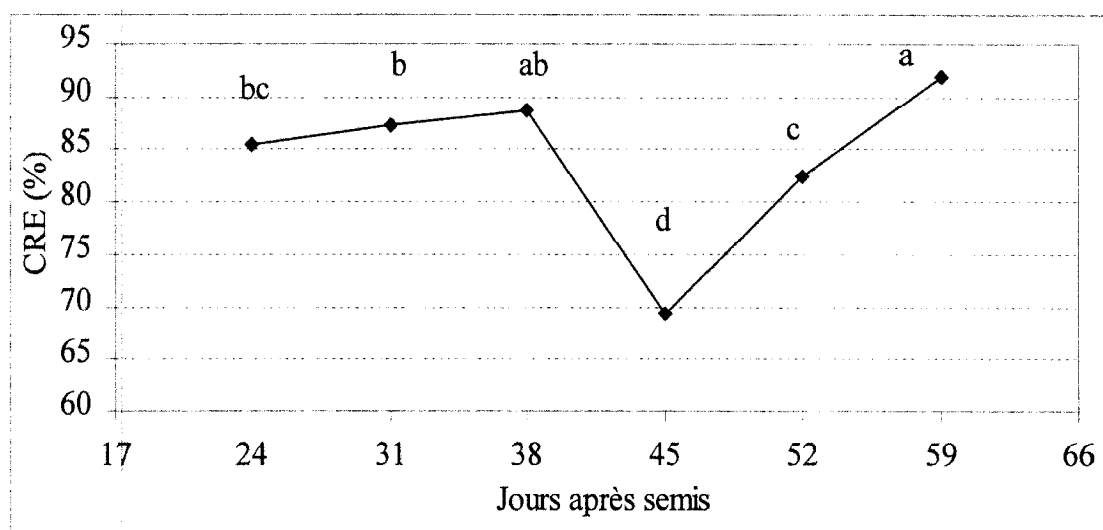


Figure 12 : Evolution du contenu relatif en eau (CRE) des feuilles du 24 au 59^e jas.

On peut constater que le CRE est resté presque constant du 24^e au 38^e jas. Par contre, il a montré une baisse de 22% au 45^e jas qui coïncide avec une décade sans pluies (Figure 6). Cependant, malgré cette baisse, un CRE de 70%, correspondant à des conditions d'alimentation hydrique encore satisfaisantes, a été maintenu. Par ailleurs, il faut noter que les CRE obtenus aux 52^e et 59^e jas sont respectivement plus faibles et plus élevés par rapport à la période du 24 au 38^e jas. Cette différence est vraisemblablement liée aux stades de développement de la plante (phase végétative et phase reproductive).

3.1.4. Phénologie

La levée a été observée à partir du 3^e jas pour atteindre un taux de levée maximal chez toutes les variétés au 7^e jas. La figure 13 donne les taux de levée des 7 variétés à 14 jas au niveau de la parcelle utile.

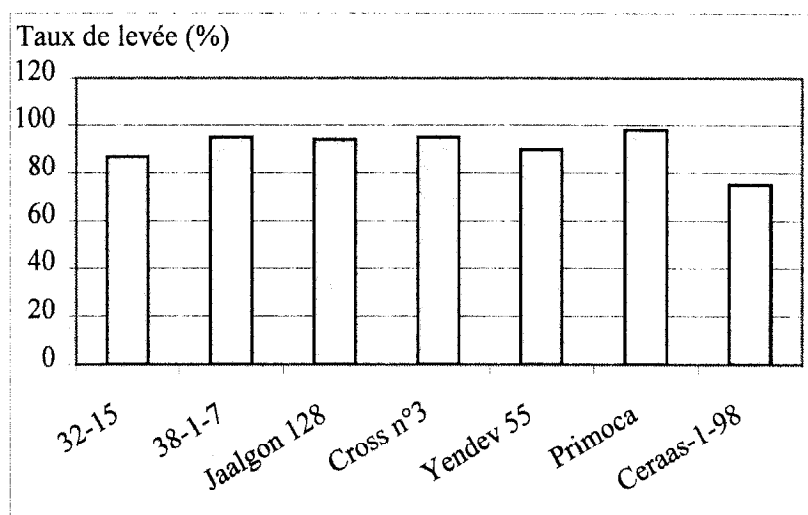


Figure 13 : Taux de levée des 7 variétés à 14 jas.

Le pourcentage de levée moyen pour l'ensemble des variétés est de 91%. Par contre, la variété Ceraas-1-98 a enregistré la plus faible levée : 75%. Cette levée relativement plus faible semble être liée à une caractéristique intrinsèque des semences des variétés étudiées plutôt qu'aux conditions de germination. En effet, comparativement à celles des autres variétés, les semences de la variété Ceraas-1-98 n'ont que 9 mois d'âge. D'ailleurs, le test de germination préalablement effectué en 1998 indique les mêmes tendances (Annexe VI).

Au cours de l'essai, le suivi du cycle phénologique peut être fractionné en plusieurs phases :

- une phase végétative de croissance lente, correspondant à l'installation des racines secondaires et du pivot suivie d'une période de croissance rapide correspondant au développement des parties aériennes ;
- une phase de floraison et de formation des capsules caractérisée par l'apparition des boutons floraux qui vont s'épanouir pour donner des capsules ;
- une phase de maturation marquée par un arrêt de croissance des feuilles, de la tige et de la floraison, un jaunissement progressif des feuilles et des capsules du bas vers le haut de la plante, et une chute importante des feuilles indiquant la maturité physiologique des capsules. A partir de ce moment, les capsules ont été récoltées avant leur ouverture par déhiscence. A chacune de ces phases correspondent probablement des besoins en eau différents si l'on se réfère aux coefficients culturaux (Kc). Les stades caractéristiques des phases phénologiques suivant les variétés sont présentés au tableau 2.

Tableau 2 : Phases du cycle phénologique des 7 variétés.

	Levée	Boutons floraux	Fleurs épanouies	Première capsule	Maturité capsules
32-15	3	34	38	45	83
38-1-7	3	34	38	45	83
Jaalgon 128	3	34	38	45	83
Cross n°3	3	38	45	52	90
Yendev 55	3	38	45	52	90
Primoca	3	53	57	69	118
Ceraas-1-98	3	20	22	31	66

La variété Ceraas-1-98 est très précoce avec un cycle de 66 jours. Les variétés 32-15, 38-1-7 et Jaalgon 128 d'une part, et Cross n°3 et Yendev 55 d'autre part, ont eu respectivement un

cycle d'environ 83 et 90 jours. La variété Primoca s'est révélée avoir le cycle le plus long (118 jours).

3.1.5. Suivi du bilan hydrique et consommation en eau des variétés

Le suivi du bilan hydrique a consisté en une détermination conjointe, tout le long du cycle, des quantités d'eau reçues (pluies) au niveau des parcelles de culture et des variations du stock hydrique du sol entre dates de mesures. Ceci a permis d'évaluer les quantités d'eau consommées par la culture (ETR).

3.1.5.1. Conditions de réalisation

Les valeurs d'humidité au niveau des différentes cotes ont été déterminées à partir de l'équation, $H_v = 0,0502 N_r - 2,947$, de la droite de régression, obtenue après l'étalonnage de la sonde (Figure 14). La bonne corrélation obtenue ($r^2 = 0,91$) permet d'utiliser valablement cette relation pour la détermination de l'humidité du sol pendant la période du suivi.

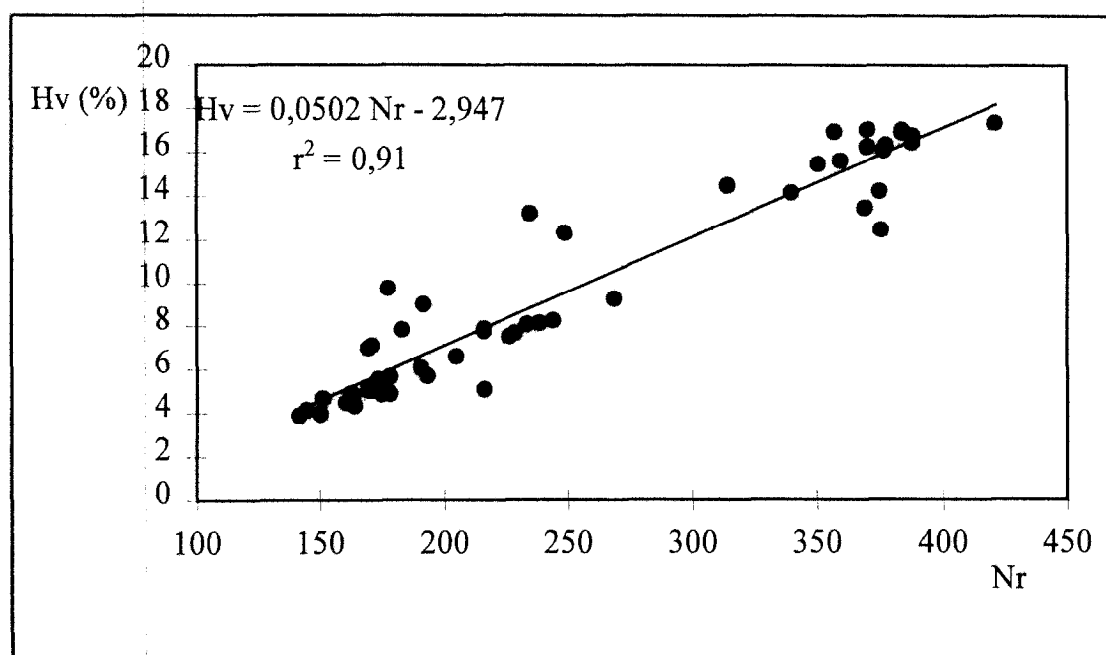


Figure 14 : Droite d'étalonnage de la sonde à neutrons Troxler T7 sur le site de l'essai.

Dans un premier temps, des tubes d'accès de 3,40 à 3,80 m de long ont été utilisés. Cette précaution permet d'intégrer tous les apports dans la variation des stocks. En outre, pour toutes les parcelles, le niveau du front d'humectation est toujours resté inférieur à la profondeur maximale du tube (Figure 15).

3.1.5.2. Evolution des profils hydriques

La figure 15 présente la dynamique de l'eau dans le sol pour les variétés Ceraas-1-98, 32-15 et Primoca. Elle fait apparaître une phase d'humectation qui fait suite à l'arrivée des premières pluies (fin de la saison sèche), une phase de ressuyage et une phase de dessèchement des horizons.

La phase d'humectation du sol représentée sur les profils hydriques se traduit par une recharge des horizons de surface d'abord. On note ensuite une tendance progressive vers une saturation de ces profils suite aux importantes quantités d'eau de pluies tombées entre août et septembre qui constituent les mois les plus pluvieux (Figure 4). En raison des similitudes

entre les profils hydriques des variétés étudiées, trois d'entre eux correspondant respectivement à des variétés très précoces (Ceraas-1-98 : 65-70 jours), précoces (32-15 : 90 jours) et tardives (Primoca : 110-120 jours) ont été présentés (Figure 15a, b et c).

Cette phase d'humectation des horizons de surface matérialisée par le « ventre » d'humectation (jusqu'au 6 septembre) a été suivie d'une phase de ressuyage qui matérialise la redistribution de l'eau de la surface vers les profondeurs. Enfin, il faut noter que malgré le dessèchement plus rapide des horizons de surface, l'humidité est restée assez élevée (10 à 15%) en profondeur notamment dans le premier mètre, durant la période de l'essai.

Une dépression est notée autour de l'horizon 50-60 cm sur les 3 profils présentés et semble constituer une zone préférentielle d'absorption de l'eau pour ces 3 variétés. Par ailleurs, ces profils ont montré des fronts d'humectation différents pour ces 3 types de variétés. Ce front est respectivement situé à 190 cm, à 100 cm et à 160 cm de profondeur pour les variétés Ceraas-1-98, 32-15 et Primoca.

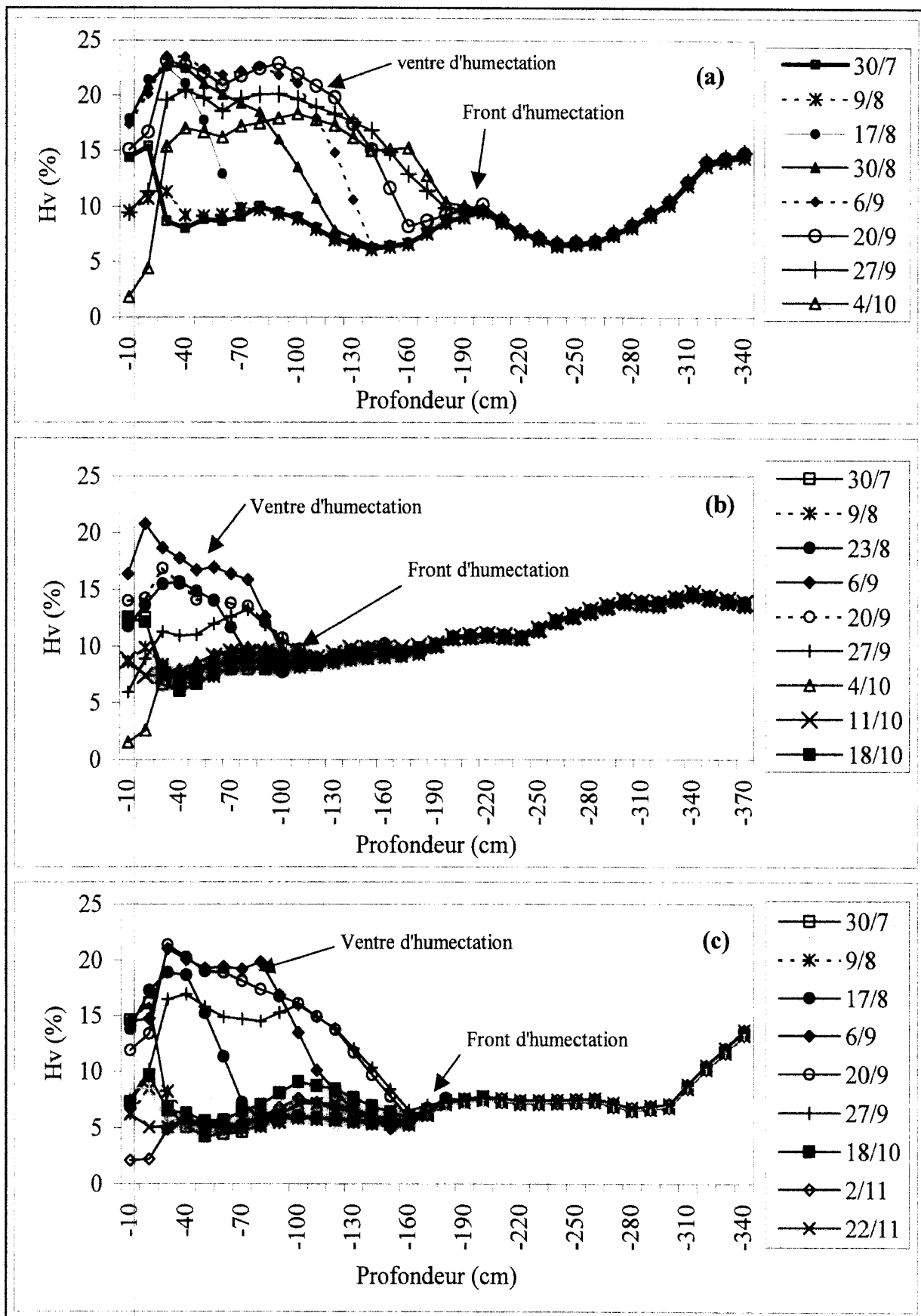


Figure 15 : Evolution des profils hydriques au cours du cycle cultural des variétés Ceraas-1-98 (a), 32-15 (b) et Primoca (c).

3.1.5.3. Evolution des stocks d'eau dans le sol

Pour l'ensemble des variétés étudiées, les stocks d'eau dans le sol ont été calculés en prenant comme référence la cote de 270 cm correspondant au niveau du front d'humectation le plus profond. Pour chaque variété, la moyenne des trois parcelles correspondantes a été considérée. La figure 16 donne l'évolution des stocks au cours de l'expérimentation. On peut remarquer que durant les deux premières semaines du cycle, les stocks d'eau n'ont varié que légèrement, restant quasiment stables entre 200 et 250 mm, selon les variétés. Une tendance à une réduction a été observée pendant cette période chez toutes les variétés. Par la suite, les quantités d'eau dans le sol augmentent rapidement et atteignent entre 300 et 350 mm à partir du 52^e jas. Cependant, il faut noter que ces stocks d'eau ont légèrement diminué autour du 45^e jas du fait de la décade sèche enregistrée (Figure 6). Toutefois, cette chute ne semble pas avoir significativement affecté les stocks d'eau qui se sont globalement maintenus avant de retrouver leur niveau minimum entre 66 et 73 jas, selon les variétés. Par ailleurs, les variations des stocks suivent celle de la pluviométrie (Figure 4).

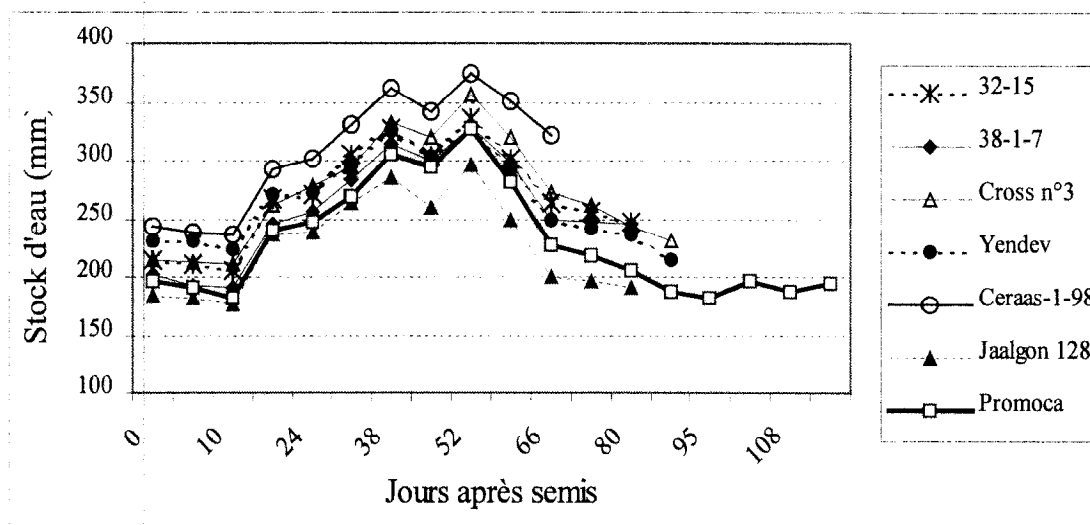


Figure 16 : Evolution des stocks d'eau dans le sol (0-270 cm) au cours du cycle de développement.

En outre, les variétés Ceraas-1-98 et Jaalgon 128 semblent montrer un comportement différent comparativement aux autres variétés dont les comportements sont globalement similaires. En effet, Ceraas-1-98 a montré des stocks relativement plus élevés alors que Jaalgon 128 donne toujours des stocks plus faibles.

3.1.5.4. Les coefficients culturaux

Les valeurs des coefficients culturaux (K_c) hebdomadaires au cours du cycle de développement ne présentent pas de différence significative entre les variétés étudiées. En effet, dans l'ensemble ni un effet bloc ni un effet variétal n'ont été révélés. Toutefois, un effet significatif a été obtenu entre les variétés au 31^e jas. Les variétés 38-1-7, Jaalgon 128 et Ceraas-1-98 présentent des K_c inférieurs à celui de Cross n°3 alors que Primoca, Yendev 55 et 32-15 ont des valeurs intermédiaires (Figure 17).

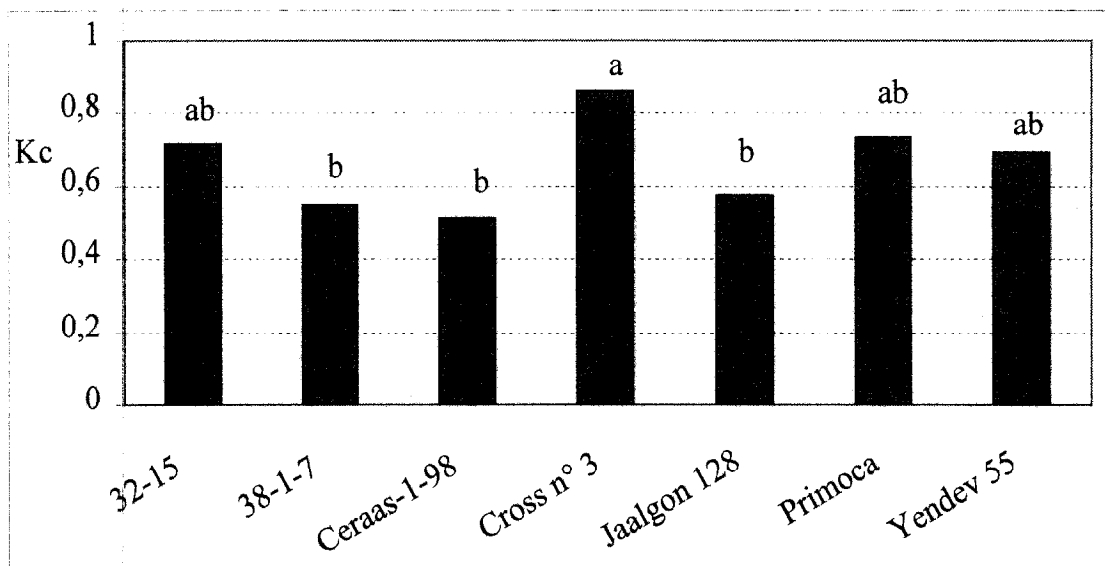


Figure 17 : Valeurs des coefficients culturaux (Kc) des variétés au 31^e jas.

Les moyennes affectées des mêmes lettres ne sont significativement différentes au seuil de 1% (test de SNK).

Les valeurs de Kc des 7 variétés sont calculées en fonction des phénomènes et indiquées au tableau 3.

Tableau 3 : Valeurs moyennes des coefficients culturaux des variétés pour différentes phénomènes.

Variétés	Phase végétative (levée-boutons floraux)	Phase reproductive (boutons floraux-nouaison)	Phase de maturation (nouaison-maturation)
32-15	0,70	0,88	1,13
38-1-7	0,66	0,67	1,04
Ceraas-1-98	0,56	0,62	0,80
Cross n°3	0,65	0,70	1,37
Jaalgon 128	0,71	0,89	1,27
Primoca	0,73	1,24	1,05
Yendev 55	0,70	0,89	1,27

3.1.5.5. Consommation en eau

Les quantités d'eau consommées ont été estimées à 206, 300, 328, 348, 349, 361 et 487 mm respectivement pour les variétés Ceraas-1-98, 32-15, 38-1-7, Cross n°3, Jaalgon 128, Yendev 55 et Primoca. L'analyse statistique a révélé un effet variétal hautement significatif (SNK $p = 0,1\%$). Elle montre que les variétés 32-15, 38-1-7, Jaalgon 128, Cross n°3 et Yendev 55 ont des besoins similaires avec une moyenne de 337 mm. Pour les variétés Primoca et Ceraas-1-98, ces besoins sont respectivement plus (Primoca) et moins (Ceraas-1-98) importants par rapport à ce groupe (Figure 18).

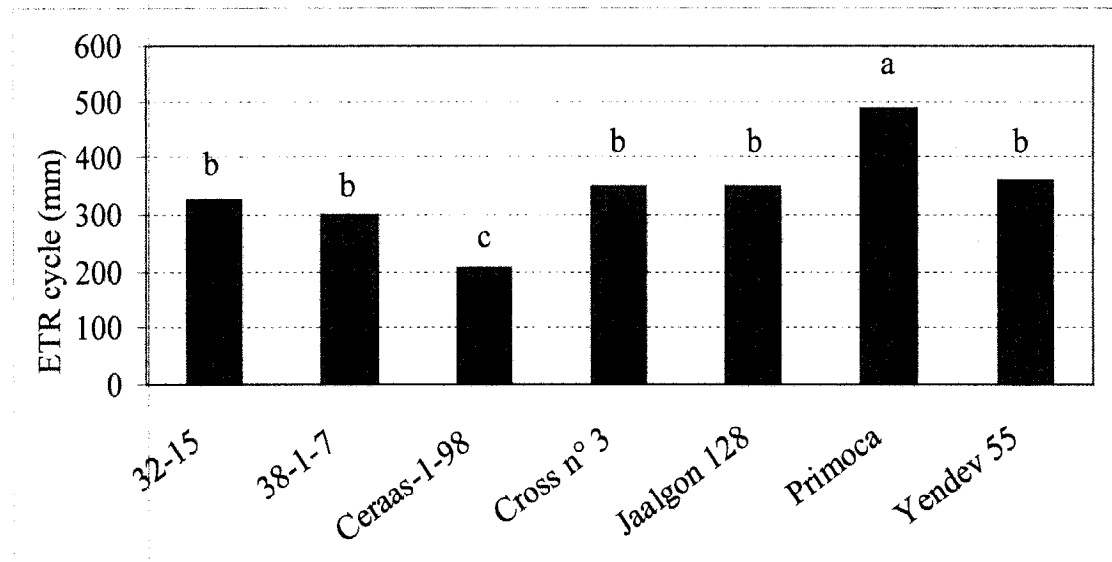


Figure 18 : Consommation en eau des variétés étudiées.

Les moyennes affectées des mêmes lettres ne sont significativement différentes au seuil de 0,1% (test de SNK).

3.1.6. Suivi agro-morphologique

Cette partie présente les résultats obtenus à partir du suivi des paramètres de croissance que sont : l'indice foliaire (LAI), le taux de couverture du sol par la culture, la hauteur des plantes (HP), la hauteur d'insertion de la première capsule (HC1) et le nombre total de rameaux (NRTOT).

3.1.6.1. Indice foliaire ou LAI

Les mesures hebdomadaires ont permis de suivre la croissance de l'appareil foliaire durant l'expérimentation. L'indice foliaire présente la même allure pour toutes les variétés. En effet, l'évolution de l'indice foliaire est caractérisée respectivement par un accroissement relativement lent (19 à 31 jas) suivi d'une augmentation rapide pour atteindre un maximum à 38 jas pour Ceraas-1-98, 70 jas pour Primoca et entre 52 et 59 jas pour les autres variétés (Figure 19). A partir de ce maximum, l'indice foliaire reste relativement constant avant de diminuer de façon plus ou moins rapide jusqu'à la récolte.

Hormis, les 19^{ème} et 31^{ème} jas, un effet significatif entre les variétés a été noté (SNK $p = 5\%$). Ainsi, il ressort que jusqu'au 38^e jas, il n'y a pas de différence significative entre les variétés pour l'indice foliaire. Par contre, au 45^e jas, Ceraas-1-98 présente un indice nettement inférieur (2,32), alors que Cross n°3 (4,46 et 5,96) et Yendev 55 (3,84 et 5,07) ont des indices supérieurs entre les 45^e et 52^e jas. Enfin, à partir de 69^e jas, la variété Primoca indique un indice foliaire plus important (6,20) que celui des 5 autres variétés. Cette évolution de l'indice foliaire est déterminée à la fois par le port et la durée du cycle (70 à 120 jours) des variétés étudiées.

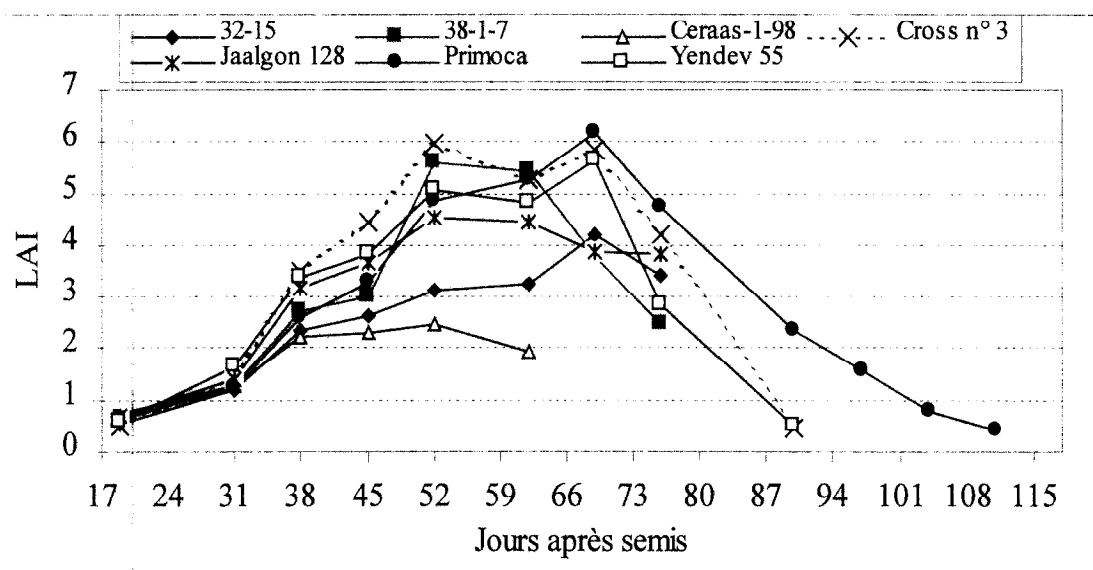


Figure 19 : Evolution de l'indice foliaire des variétés au cours du cycle de développement.

3.1.6.2. Paramètres de croissance

Ces paramètres concernent notamment la hauteur des plantes (HP), la hauteur d'insertion de la première capsule (HC1) et le nombre total de rameaux (NRTOT). Le tableau 4 et la figure 20 présentent les résultats du suivi de la croissance des variétés étudiées.

Tableau 4 : Paramètres de croissance des variétés.

Les moyennes affectées des mêmes lettres ne sont significativement différentes au seuil de 5% (test de SNK).

Variétés	HP	HC1	NRTOT
32-15	141 ^c	56 ^e	6 ^c
38-1-7	141 ^c	73 ^d	7 ^c
Ceraas-1-98	87 ^d	22 ^f	0 ^d
Cross n°3	164 ^{bc}	96 ^c	9 ^c
Jaalgon 128	158 ^{bc}	70 ^{de}	9 ^c
Primoca	223 ^a	168 ^a	24 ^a
Yendev 55	180 ^b	111 ^b	16 ^b

L'analyse révèle que Primoca et Ceraas-1-98 ont des hauteurs de plantes significativement différentes de toutes des autres variétés (Tableau 4). Elles ont respectivement la plus grande (223 cm) et plus petite taille (87 cm). Les variétés 32-15, 38-1-7 ont des hauteurs de plantes similaires (141 cm) et significativement inférieures à celle de Yendev 55 (180 cm). Enfin, pour Jaalgon 128, Cross n°3 qui présentent la même hauteur (160 cm), le test de SNK permet de les considérer comme intermédiaires entre les deux groupes précédents. Par ailleurs, la figure 20 semble révéler un rythme de croissance similaire (25 à 59 jas) chez toutes les variétés. En outre, on peut noter un arrêt de croissance intervenu à partir du 59^{ème} jas pour la variété Ceraas-1-98, du 73^{ème} jas pour les variétés 32-15, 38-1-7, Jaalgon 128, Cross n°3 et Yendev 55, et enfin, du 90^{ème} jas pour la variété Primoca.

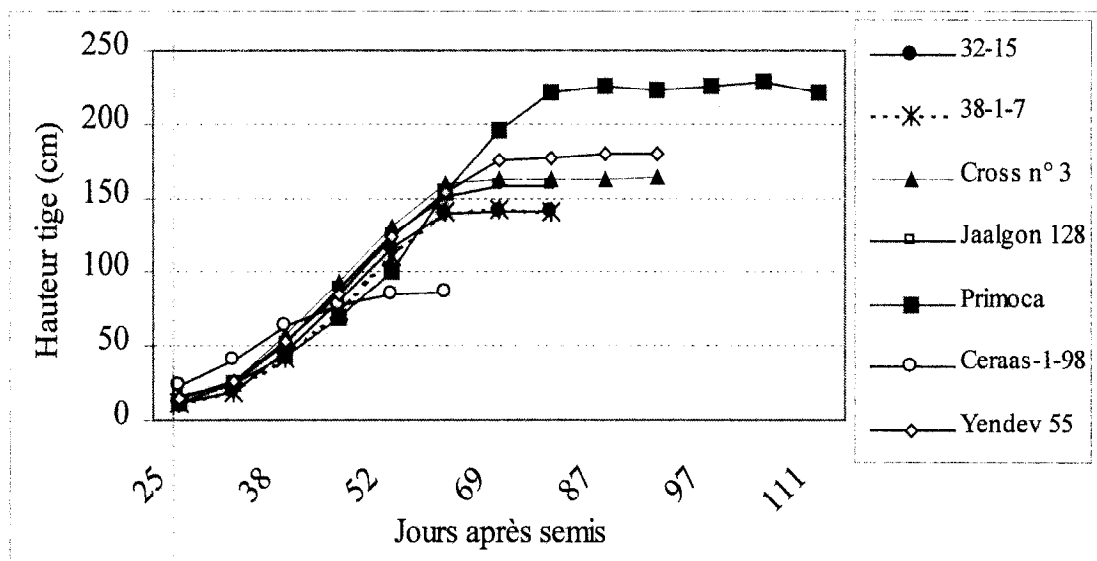


Figure 20 : Evolution de la tige principale des variétés.

Pour ce qui est de la hauteur d'insertion de la première capsule (HC1), l'analyse montre que Ceraas-1-98 a un niveau plus bas (22 cm) que 32-15, 38-1-7 et Jaalgon 128 qui sont identiques (en moyenne 66 cm) (Tableau 6). Pour les autres variétés, le niveau d'insertion de cette capsule est plus haut chez Cross n°3 (96 cm) et Yendev 55 (111 cm) et davantage pour Primoca (168 cm).

En ce qui concerne l'architecture aérienne, on peut noter que Primoca et Yendev 55 sont les variétés les plus ramifiées avec respectivement une moyenne de 24 et 16 rameaux (Tableau 4). Les variétés Cross n°3, 32-15, 38-1-7 et Jaalgon 128 sont moins ramifiées et ont le même nombre de rameaux (en moyenne 8), tandis Ceraas-1-98 en est dépourvue.

3.1.7. Rendement et ses composantes

3.1.7.1. Poids de matière sèche des tiges (PMST)

L'analyse a révélé que les poids de matière sèche des tiges (PMST) sont statistiquement différents et le test de SNK a permis de distinguer 3 groupes (Figure 21). Les PMST des variétés Ceraas-1-98 et Primoca sont significativement différents de ceux des autres variétés. Ceraas-1-98 a présenté le PMST le plus faible (500 kg ha^{-1}) et Primoca, le PMST le plus élevé ($4\,000 \text{ kg ha}^{-1}$). Quant aux autres variétés, elles ont toutes eu un PMST sensiblement similaire.

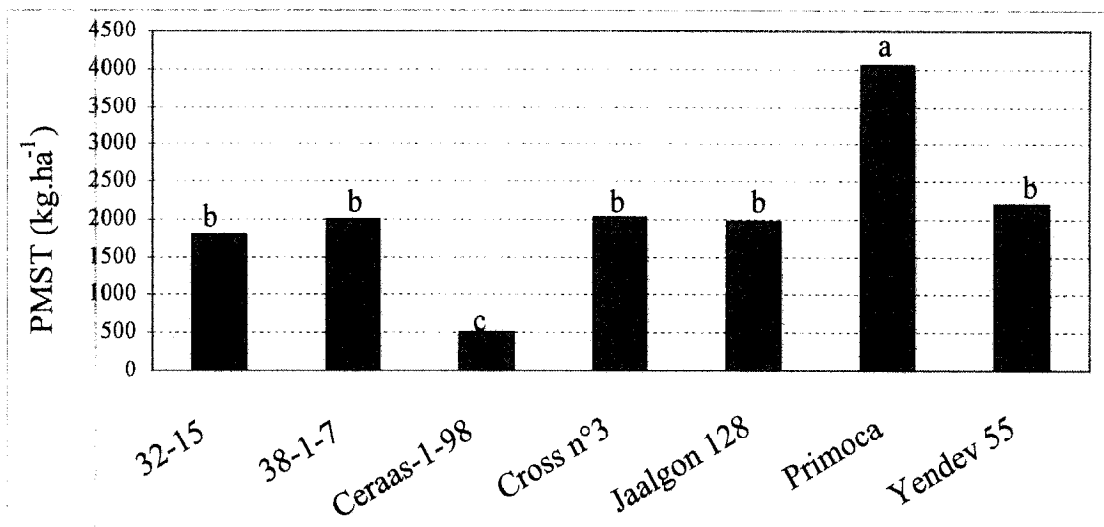


Figure 21 : Production de matière sèche des tiges chez les 7 variétés.

Les moyennes affectées des mêmes lettres ne sont significativement différentes au seuil de 0,1% (Test de SNK).

3.1.7.2. Rendement en graines

La figure 22 donne le rendement en graines des variétés (RGV). Les résultats de l'Anova montrent que les variétés 32-15, 38-1-7, Jaalgon 128 et Cross n°3 ont des rendements équivalents et significativement différents de ceux de Ceraas-1-98, Primoca et Yendev 55.

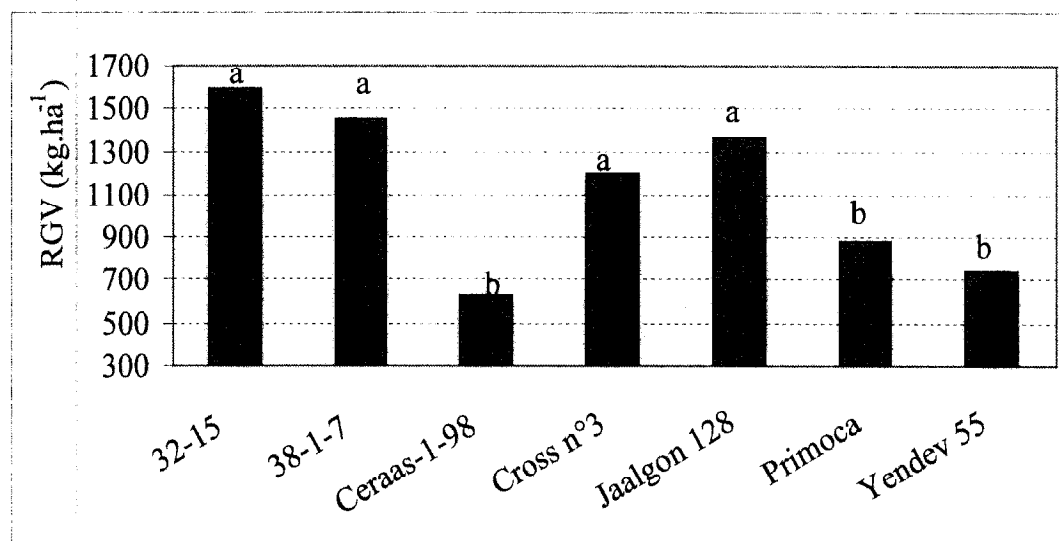


Figure 22 : Rendement en graines des variétés.

Les moyennes affectées des mêmes lettres ne sont significativement différentes au seuil de 0,1% (Test de SNK).

3.1.7.3. Efficacité d'utilisation de l'eau (EUE)

L'analyse a permis de mettre en évidence des différences significatives entre les variétés. La figure 23 présente les efficacités d'utilisation de l'eau pour la production de matière sèche (EUE MST) et de graines (EUE Gr) pour les différents génotypes.

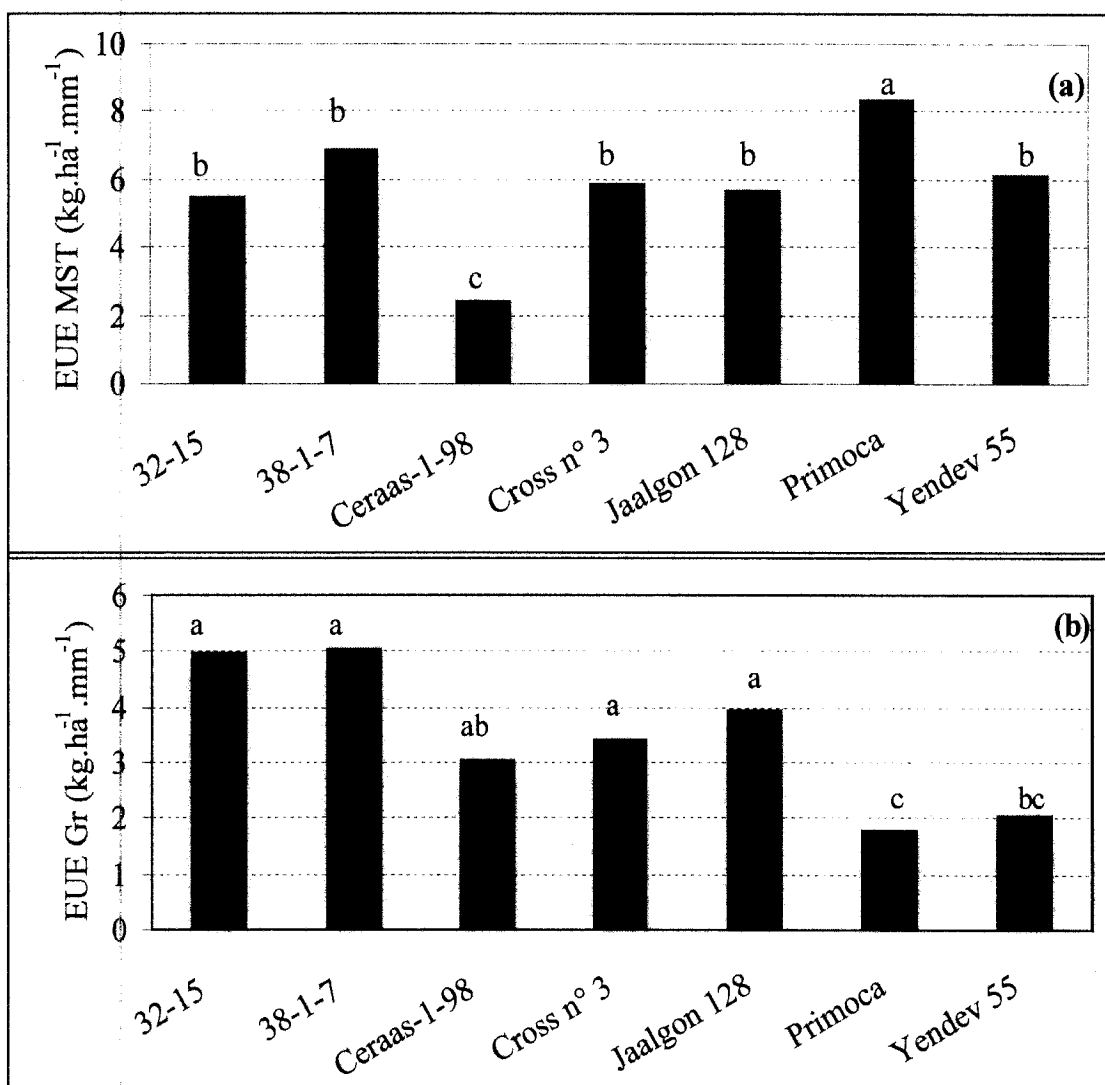


Figure 23 : Efficience d'utilisation de l'eau pour la production de matière sèche des tiges (a) et pour les graines (b).

Les moyennes affectées des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 0,1% pour EUE Gr et 1% pour EUE MST (test de SNK).

Les variétés Ceraas-1-98 et Primoca ont des EUE MST respectives de 2,3 et 8,2 kg ha⁻¹ mm⁻¹ et significativement différentes de celles des autres variétés qui présentent une efficience similaire.

Pour le rendement en graines, Primoca s'est montrée moins efficace et son EUE Gr est significativement différente de celles des variétés 32-15, 38-1-7, Jaalgon 128 et Cross n°3 qui se sont révélées les plus efficaces. Les variétés Yendev 55 et Ceraas-1-98 ont des efficacités intermédiaires et ne présentent pas de différences significatives par rapport aux 5 autres variétés.

3.1.7.4. Poids de mille graines (P1000G)

Par rapport à ce paramètre, l'analyse statistique a montré un effet variétal hautement significatif. La figure 24 présente les moyennes des poids de mille graines (P1000G) des variétés étudiées et le test de SNK a permis de distinguer différents groupes homogènes. Les variétés 32-15 et Ceraas-1-98 ont présenté respectivement le P1000G le plus élevé (2,97 g) et

le plus faible (2,08 g). Toutes les autres variétés ont montré des P1000G intermédiaires qui ne diffèrent pas significativement et compris entre 2,2 et 2,8 g.

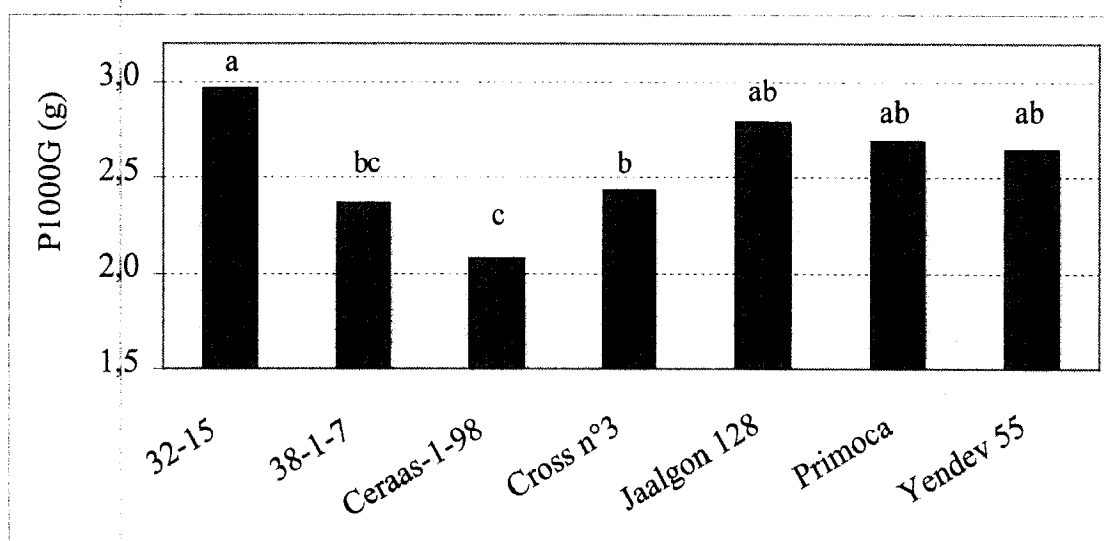


Figure 24 : Poids de mille graines (P1000G) des variétés.

Les moyennes affectées des mêmes lettres ne sont significativement différentes au seuil de 0,1% (test de SNK).

3.1.7.5. Composantes du rendement

Après la détermination des rendements en graines et en matière sèche, une analyse plus poussée de ces résultats à travers des composantes caractéristiques des variétés étudiées a été réalisée.

Pour caractériser les variétés, des paramètres ont été déterminés respectivement à l'échelle du pied et de la capsule. Ainsi, pour le NCP, les résultats indiquent une valeur moyenne similaire de 72 chez toutes les variétés. Le tableau 5 présente les caractéristiques des capsules avec des différences significatives entre les variétés.

Tableau 5 : Caractéristiques des capsules des variétés.

Les moyennes affectées des mêmes lettres ne sont significativement différentes au seuil de 0,1% (Test de SNK).

Variété	LCAP	NGC	NLOC	NMGL
32-15	2,99 ^a	65,19 ^b	4,00 ^b	16,30 ^b
38-1-7	3,01 ^a	72,52 ^b	4,00 ^b	18,05 ^b
Ceraas-1-98	2,72 ^{abc}	72,84 ^b	4,28 ^a	17,25 ^b
Cross n°3	2,92 ^a	82,92 ^a	4,00 ^b	20,73 ^a
Jaalgon 128	2,61 ^{bc}	67,81 ^b	4,00 ^b	16,95 ^b
Primoca	2,53 ^c	67,49 ^b	4,00 ^b	16,87 ^b
Yendev 55	2,86 ^{ab}	67,37 ^b	4,00 ^b	16,84 ^b

Les variétés 32-15, 38-1-7 et Cross n°3 ont des capsules similaires et plus longues (LCAP = 2,97 cm) que celles de Primoca (2,53 cm), alors que celles de Jaalgon 128, Ceraas-1-98 et de Yendev 55 ont des longueurs intermédiaires et pas significativement différentes (2,73 cm) (Tableau 5).

Le nombre de graines par capsule (NGC) est significativement plus élevé (82) chez la variété Cross n°3 tandis que toutes les autres variétés renferment un NGC similaire et plus faible (68 en moyenne).

Le nombre de loges par capsule (NLOC) semble lui très peu dépendant de la variété, même si la variété Ceraas-1-98 a donné un NLOC significativement différent de celui des autres variétés. Les résultats obtenus pour le nombre moyen de graines par loge (NMGL) sont analogues à ceux enregistrés sur le nombre de graines par capsule (NGC). La différence notée précédemment entre Cross n°3 (20 graines par loge) et les autres variétés (17 graines par loge) est également significative.

3.1.7.6. Analyses multivariées

Après la caractérisation des variétés par les différents paramètres mentionnés précédemment, des analyses en composantes principales (ACP) ont été effectuées. Les résultats de ces ACP ont été validés par une analyse factorielle discriminante (AFD). Par la suite, des régressions ont été établies entre le rendement et certains de ces paramètres.

L'analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée en considérant des paramètres de croissance (LAI_{max}, NRTOT, HP et PMSTP), le rendement (RGV) et ses composantes. Le tableau 6 donne les valeurs des coefficients de corrélation des variables considérées avec les axes ou composantes principales.

Tableau 6 : Corrélation des variables avec les axes ou composantes principales de l'ACP.

Variables	Axe 1	Axe 2	Axe 3
LAI _{max}	0,3874	0,2544	0,3253
NRTOT	0,4418	0,0684	0,2983
RGV	-0,0103	0,6730	-0,1911
HP	0,4889	-0,0199	0,0064
LCAP	-0,1517	0,5748	0,2256
P1000G	0,2861	0,3172	-0,4898
PMSTP	0,4503	-0,1933	-0,0623
NCP	-0,3120	0,0719	-0,0339
NGC	-0,1032	0,0605	0,6876

D'une manière générale les paramètres liés aux comportements végétatifs (LAI_{max}, NRTOT, PMSTP et HP) sont relativement bien corrélés à l'axe 1 (LAI_{max} = valeur maximale du LAI). Par contre, l'axe 2 est plutôt corrélé aux paramètres relatifs aux organes reproductifs (RGV, LCAP, P1000G), alors que l'axe 3 est négativement et positivement corrélé respectivement au P1000G et au NGC.

Les plans principaux (1-2) et (1-3) reproduisent pratiquement les mêmes proportions de l'information, 65,7% et 64,8% (Tableau 7).

Tableau 7 : Valeurs propres des axes principaux de l'ACP.

	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Valeurs propres	4,1110	1,8029	1,7211
Différence	2,3081	0,0818	0,8299
Proportion	0,4568	0,2003	0,1912
Cumul des axes	0,4568	0,6571	0,8483

En considérant le plan principal formé par les axe 1 et 2 qui expliquent 65,71% de l'information, l'ACP montre que la variété Ceraas-1-98 s'écarte très nettement des 6 autres variétés. Compte tenu de sa nette différence avec les autres variétés, l'analyse aurait tendance à mettre ces dernières dans un même groupe (Figure 25).

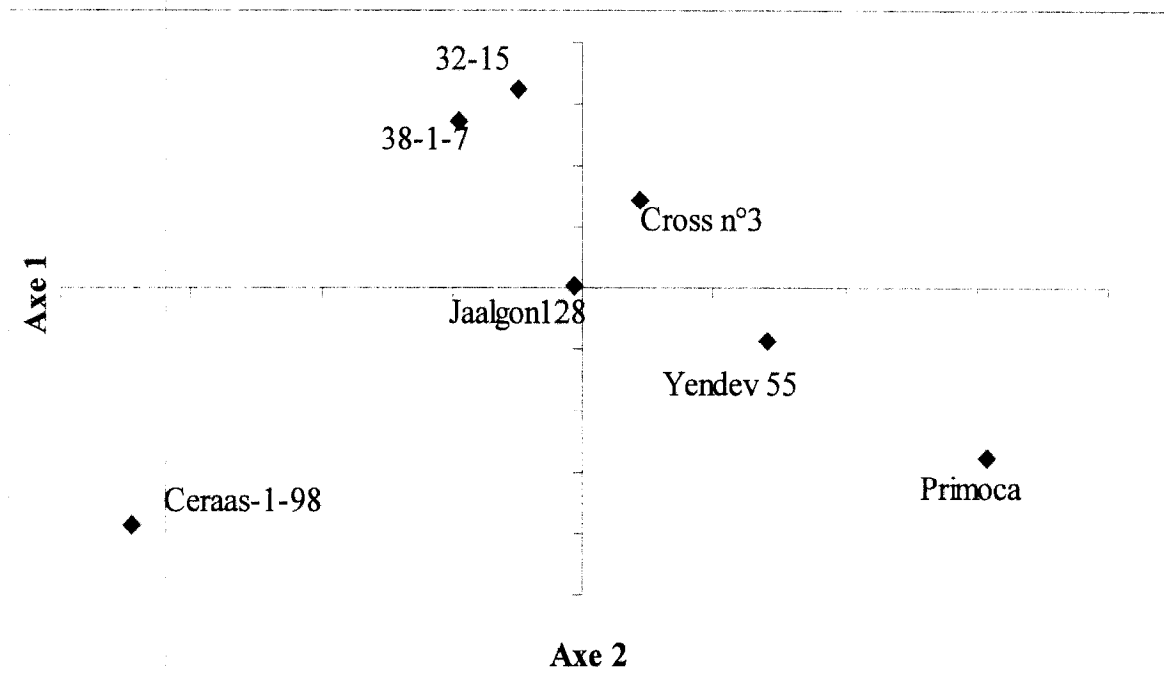


Figure 25 : Résultats de l'analyse en composantes principales sur les 7 variétés.

C'est dans ce sens que l'ACP a été reprise en ne considérant que les 6 variétés de ce groupe. La figure 26 présente une nouvelle classification. En effet, deux sous-groupe peuvent être distingués :

- Primoca, Yendev 55 et Cross n°3 situées à droite de l'axe 1 donc caractérisées par un développement végétatif plus important et un rendement en graines plus faible ;
- 32-15, 38-1-7 et Jaalgon 128 situées du côté gauche de l'axe 1 et du côté des axe 2 (Figure 26a) et 3 (Figure 26b). Ces variétés constituent un sous-groupe qui se montre particulièrement plus productif.

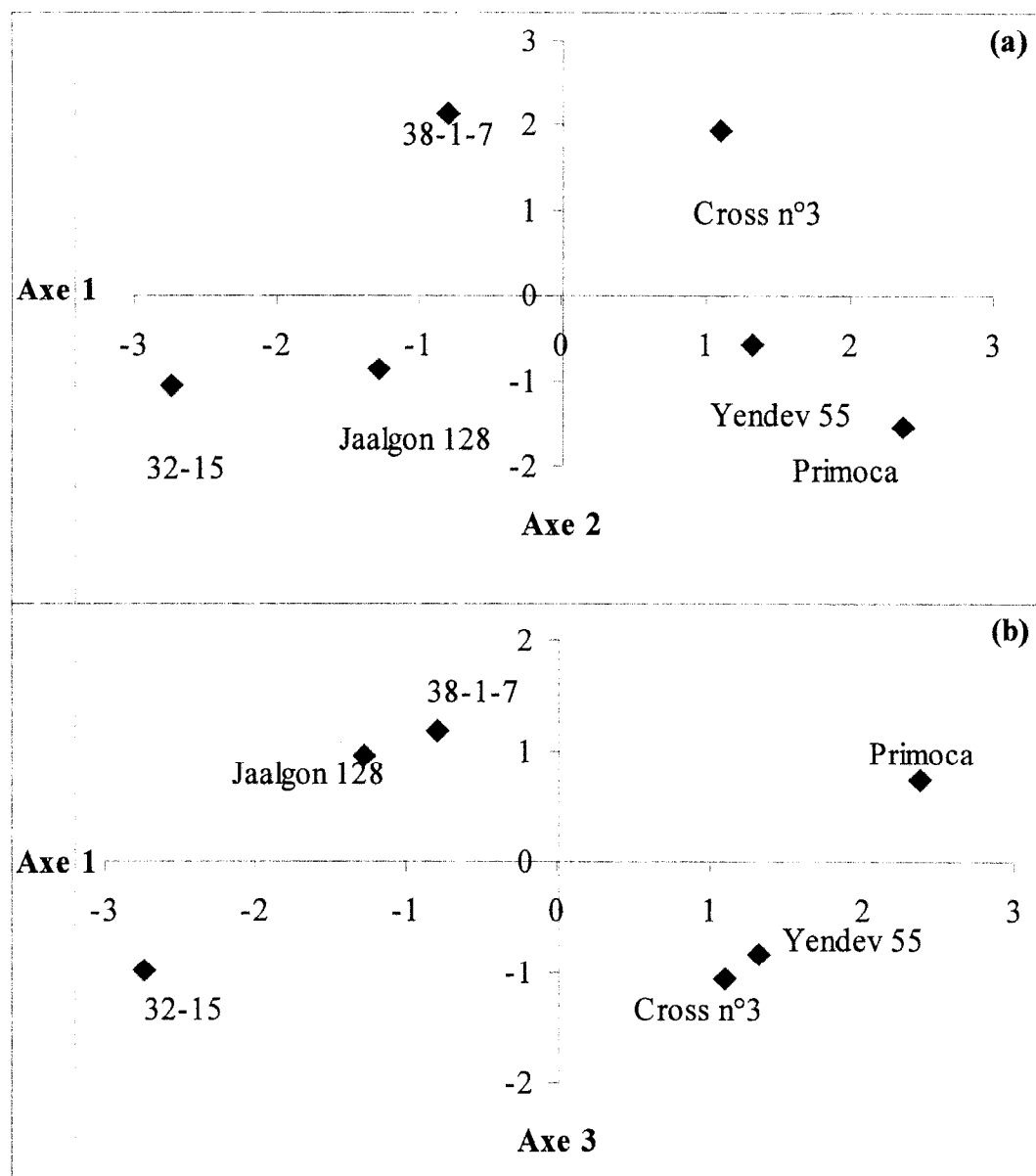


Figure 26 : Résultats de l'ACP sur les 6 variétés selon le plan 1-2 (a) et le plan 1-3 (b).

Une analyse factorielle discriminante (AFD) a été effectuée pour valider cette classification. Les résultats de cette AFD ont permis de confirmer par la distance de Mahalanobis d'une part, et par le pourcentage de bien classés (83,3%) d'autre part, les groupes dégagés par l'ACP réalisée sur les 6 variétés. En effet, le tableau 8 permet de révéler que les groupes sont assez distincts avec une distance de Mahalanobis de 1,55. En outre, l'AFD révèle qu'il y a 83% de chances pour qu'une variété retrouve le même groupe originel entre l'ACP et l'AFD.

Tableau 8 : Distances (D) de Mahalanobis entre les groupes.

	Groupe 1	Groupe 2
Groupe 1	0,0000	
Groupe 2	1,5528	0,0000

Ainsi, après cette méthode inférentielle de classement, les groupes définis par l'ACP peuvent être maintenus avec les caractéristiques mentionnées précédemment.

La régression multiple entre le rendement en graines d'une part, et le rendement en matière sèche et les autres paramètres utilisés dans l'ACP d'autre part, a été effectuée dans les 2 groupes. L'analyse de la variance montre que cette régression n'est pas significative. En

outre, la méthode de régression pas à pas (*Stepwise*) qui ne prend en compte que les descripteurs intervenant réellement dans l'élaboration de la variable à expliquer n'a également pas donné de résultat satisfaisant. Cela a conduit à retenir les corrélations deux à deux présentées dans la matrice de corrélation (Tableau 9).

Tableau 9 : Matrice de corrélation totale entre variables.

	Variété	LAImax	LCAP	NCP	NGC	NRTOT	P1000G	RGV
Variété	1,000							
LAImax	-0,314	1,000						
LCAP	0,690	-0,134	1,000					
NCP	0,561	-0,002	0,166	1,000				
NGC	-0,163	0,606	0,305	-0,021	1,000			
NRTOT	-0,637	0,774	-0,253	-0,566	0,334	1,000		
P1000G	-0,037	-0,851	-0,278	-0,353	-0,740	-0,440	1,000	
RGV	0,724	-0,556	0,458	0,557	0,028	-0,913	0,168	1,000

On notera que les variétés présentant des valeurs d'indice foliaire et de nombre de graines par capsule les plus élevées produisent des graines plus petites. Par ailleurs, on peut constater que les variétés présentant les indices foliaires les plus élevés sont celles dont le degré de ramification est le plus important. Enfin, on peut noter que les variétés les plus ramifiées présentent toujours les rendements en graines les plus faibles.

3.2. DISCUSSION

Au cours de cette expérimentation, les conditions climatiques ont été satisfaisantes. En effet, la pluviométrie pendant la période d'étude a montré une bonne répartition dans le temps, et les températures qui sont comprises dans une gamme de 23 à 33,6°C ont favorisé un développement optimal des plantes. De même, la durée d'insolation et l'humidité relative avec des moyennes respectives de 7 heures et 74% sont restées dans des gammes permettant une bonne croissance. D'ailleurs, cette gamme coïncide bien avec celle définie par Weiss (1971) comme favorisant un développement optimal au cours du cycle. Pendant la période floraison-maturation, la faible vitesse du vent ($1,5 \text{ m s}^{-1}$ en moyenne) a protégé les plantes contre la chute des fleurs et la verse.

Les conditions optimales d'alimentation hydrique des variétés étudiées sont confirmées par la dynamique de l'eau (profils hydriques) avec une phase d'humectation continue jusqu'au 6 septembre suivie d'un dessèchement progressif du sol. Ces profils hydriques laissent apparaître notamment que la variété Ceraas-1-98, à tige unique et très précoce, semble présenter un enracinement plus profond (environ 200 cm) tandis que la variété 32-15 indique un enracinement plus superficiel (autour de 130 cm). Ce résultat semble corroborer ceux de Weiss (1971) qui a montré que l'élongation racinaire qui contribue aux stratégies d'évitement de la sécheresse est plus rapide chez les monotiges. Quant à l'évolution des stocks hydriques, elle laisse supposer une consommation en eau plus faible au cours du cycle pour la variété plus précoce Ceraas-1-98 avec un optimum autour de 350 mm. Comparativement à cette dernière, les autres variétés ont montré un comportement globalement similaire avec des stocks plus faibles dont l'optimum est de 300 mm environ.

Le suivi de l'état hydrique des plantes, à travers le contenu relatif en eau, a également révélé que l'alimentation hydrique a été maintenue à un niveau satisfaisant durant toute la période de l'expérimentation. En outre, les traitements phytosanitaires et la conduite convenable des

opérations culturales (entretien rigoureux, fertilisation) ont contribué à assurer des conditions satisfaisantes de développement des cultures au cours de l'essai.

La consommation en eau des variétés étudiées varie entre 250 et 487 mm, même pour les variétés tardives (120 jours). Ces valeurs correspondent à celles indiquées par OMM (1991). Elles confirment ainsi les besoins en eau relativement modestes de cette culture (Weiss, 1971 ; Pursel, 1984). Enfin, ces résultats montrent que la culture du sésame pourrait être pratiquée dans les conditions éco-climatiques qui prévalent au Sénégal et plus particulièrement dans le centre nord du bassin arachidier.

Par ailleurs, il semble exister une forte relation entre la consommation en eau, le degré de ramification et la longueur du cycle des variétés. En effet, les résultats obtenus ont indiqué des besoins en eau plus élevés : 486 et 360 mm chez les variétés ramifiées Primoca (120 jours) et Yendev 55 (90 jours) respectivement. Parallèlement, les variétés moyennement ramifiées (32-15 et 38-1-7) et monotige (Ceraas-1-98) ont présenté des besoins inférieurs : 314 et 205 mm respectivement. En fait, ces consommations en eau plus élevées chez les variétés à ramification dense corroborent les résultats de Narayanan & Balakrishna (1982) et s'expliquent par la durée de la phase de sénescence qui est plus longue et qui retient plus longtemps le feuillage. Ainsi, la transpiration qui se poursuit probablement durant une bonne partie de la phase de maturation chez ces dernières expliquerait, par conséquent, cette consommation en eau plus importante. Ceci peut constituer également une explication de la préférence accordée aux variétés monotiges ou à architecture peu ramifiée dans le cadre des programmes d'amélioration variétale dans les zones sèches comme le soulignent Schilling et Cattán (1991).

La floraison a été atteinte entre 30 et 45 jas en moyenne pour les variétés 32-15, 38-1-7, Jaalgon 128, Cross n°3 et Yendev 55. Par contre, la variété Ceraas-1-98 a montré une émission précoce de ses boutons floraux dès le 20^e jas, alors que la floraison a été très tardive chez Primoca (57 jas). Ainsi, on peut remarquer que la floraison intervient globalement au tiers du cycle de développement chez les variétés très précoces (Ceraas-1-98) à précoces (32-15, 38-1-7, Jaalgon 128, Cross n°3, Yendev 55) alors qu'elle est atteinte quasiment lorsque la première moitié du cycle est réalisée chez la variété tardive. Ce fait peut être d'une grande importance dans le cadre du calage des dates de semis, même si la photopériode pourrait relativement le modifier. Il permettra d'une part de pallier les effets d'un déficit hydrique lors de la floraison qui peut être une phase critique, et d'autre part de mettre les plantes à l'abri des pluies tardives au cours de la maturation. D'ailleurs, comme l'ont évoqué Schilling et Cattán (1991), ces conditions sont essentielles pendant la maturation pour la qualité du produit. En outre, ce fait peut constituer une caractéristique intéressante pour l'élaboration d'une carte variétale du sésame au Sénégal.

Par rapport à l'indice foliaire ou *LAI*, les résultats obtenus ont montré que les variétés étudiées présentent une cinétique similaire, au moins pendant les 40 premiers jours après le semis. En effet, l'évolution du *LAI*, excepté pour la variété Ceraas-1-98, laisse supposer que la densité de 167 000 pieds ha⁻¹ adoptée dans ce présent travail est satisfaisante pour les variétés étudiées. D'ailleurs, Gerakis & Tsangarakis (1969) ont proposé des densités optimales similaires. Il est à noter également, que cette densité rentre dans la gamme de 80 000 à 450 000 rapportée par Schilling et Cattán (1991) selon les géotypes (types biologiques), pour les variétés à bon potentiel de production vulgarisées au Burkina Faso. Pour la variété Ceraas-1-98, les niveaux du *LAI* au cours du cycle (optimum de 2) laissent supposer que la densité considérée est faible. Compte tenu du port de cette variété (variété monotige), une densité plus forte pourrait être envisagée pour accroître son rendement. D'ailleurs, Mazzani (1964) recommande, pour les cultivars non ramifiés, des densités très élevées compatibles avec les travaux d'entretien pour obtenir des rendements satisfaisants. Ainsi, il

serait indiqué de conduire des essais de densités afin de déterminer éventuellement celle permettant à la variété Ceraas-1-98 d'exprimer son potentiel de production.

En ce qui concerne les paramètres de croissance, il s'est particulièrement dégagé un rapport entre la hauteur plante (HP), le nombre de rameaux total (NRTOT) et la longueur du cycle de développement des différentes variétés. En fait, la variété Primoca (120 jours) présente une hauteur de 228 cm avec 81 rameaux. Par contre, les variétés 32-15 (90 jours) et Ceraas-1-98 (70 jours) ont respectivement des hauteurs de 142 et 87 cm avec des nombres de rameaux de 31 (32-15) et nul (Ceraas-1-98). En outre, l'arrêt de la croissance en hauteur relevé sur la cinétique serait lié à la maturation physiologique des plantes.

Les variétés à cycle plus long produisent davantage de matière sèche des tiges que celles à cycle court (4 t ha⁻¹ pour Primoca, 1,8 t ha⁻¹ pour 32-15 et 0,5 t ha⁻¹ pour Ceraas-1-98). Dans ce sens, Narayanan & Balakrishna (1982) ont rapporté que chez le sésame, la remobilisation des assimilats des organes végétatifs (tige, feuilles et rameaux) vers les parties reproductives (capsules) est faible et l'est davantage chez les cultivars tardifs.

Au cours de cette expérimentation, les résultats obtenus montrent que les variétés étudiées ont exprimé leurs potentiels de production dans les conditions de fertilisation économiquement rentable définies par Schilling et Cattan (1991). Ceci confirme également les conditions optimales dans lesquelles les variétés ont été cultivées. En outre, on peut remarquer que ces rendements ont doublé ou triplé par rapport à la moyenne mondiale 342 kg ha⁻¹ et à celle de l'Amérique du sud 625 kg ha⁻¹ (meilleure moyenne continentale) données par FAO (1999a) même s'il est vrai que ces dernières ont été obtenues en milieu paysan. Cependant, on a pu remarquer que les variétés très ramifiées sont moins productives. En effet, ces variétés tardives (cas de la variété Primoca) sont plus efficaces pour la production de matière sèche (feuilles, rameaux) que pour la production de graines. D'ailleurs, un antagonisme entre les fonctions végétative (Primoca, 870 kg ha⁻¹) et reproductrice (32-15, 1590 kg ha⁻¹) s'est dégagé de cette étude ; les variétés Primoca et Yendev 55 à faible rendement en graines présentant les productions de matière sèche les plus importantes.

L'analyse de la récolte a montré que la variété Ceraas-1-98 présente un nombre significativement plus élevé de loges. Ce qui peut s'expliquer par le fait que cette variété porte plus fréquemment des capsules avec un nombre de loges supérieur à 4 (souvent 6 ou 8). Les poids de 1000 graines obtenus dans cette étude se situent dans la gamme de 2 à 5 g déjà définie par Weiss (1971) et Purseglove (1984). Cependant, les résultats présentés ici ne s'accordent pas avec ceux de Djigma (1985) ni avec ceux rapportés par Sarafi et Fayze (1976) pour la corrélation entre le rendement et le poids de 1000 graines. On constate une diminution de ce poids pour 32-15, 38-1-7, Jaalgon 128 et Cross n°3 comparativement à ceux obtenus par Djigma (1985) et Zagre *et al.* (1999) pour ces mêmes variétés. Ceci pourrait s'expliquer par l'interaction génotype-environnement. En fait, au delà de la 6-8^e génération, l'homogozygote redevient importante et les caractères récessifs parentaux non intéressants peuvent se retrouver dans la descendance. Néanmoins, le manque d'information sur l'âge des semences utilisées ne permet pas de pousser l'analyse sur cette dernière hypothèse. Ces différences entre ces résultats pourraient s'expliquer par le taux d'humidité des graines à la pesée lié au niveau de séchage.

Nonobstant cela, les variétés 32-15 et Jaalgon 128 donnent les plus grosses graines, ce qui est en parfaite adéquation avec les résultats de Zagre *et al.* (1999). Pour la variété Yendev 55, les observations divergent pour ce même paramètre. Les résultats obtenus dans ce travail montrent une augmentation du P1000G de l'ordre de 157%. En effet, la variété Yendev 55 posséderait un gène favorisant l'obtention de graines de petite taille. Cependant, l'héritabilité de ce caractère a une forte variance propre, ce qui, selon ces auteurs, favorise ainsi un large éventail du P1000G chez cette variété.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude a permis de caractériser la croissance et le développement de 7 variétés de sésame, mais également, d'évaluer et de comparer leurs besoins en eau et leurs performances agronomiques en conditions contrôlées. Les résultats obtenus permettent de classer les variétés étudiées en trois groupes :

- 1^{er} groupe : Ceraas-1-98, variété très précoce de 66 jours, à port nain et non ramifié avec une biomasse aérienne et des besoins en eau (205 mm) faibles ;
- 2^{ème} groupe : 32-15, 38-1-7, Jaalgon 128 et Cross n°3, variétés de cycle de 90 à 95 jours, à port moyennement ramifié avec une biomasse aérienne assez importante et des besoins en eau entre 300 et 400 mm ;
- 3^{ème} groupe : Yendev 55 et Primoca, variétés respectivement de cycle de 95 et 120 jours, à port très ramifié avec une biomasse aérienne très élevée et des besoins en eau les plus élevés : 400 et 500 mm respectivement.

En ce qui concerne la phénologie, on a notamment constaté que la floraison a lieu lorsque le premier tiers du cycle est bouclé chez les variétés à cycle très précoce et précoce, et vers le milieu du cycle chez la variété tardive.

Par rapport à la production de graines, les variétés du deuxième groupe, et particulièrement les variétés 32-15, 38-1-7 et Jaalgon 128, sont les plus productives avec un rendement moyen de 1 470 kg ha⁻¹. Elles présentent beaucoup d'atouts pour la vulgarisation dans les zones soudano-sahéliennes à soudaniennes caractérisées par une pluviométrie entre 200 et 900 mm. Ces variétés du 2^{ème} groupe satisfont à des exigences de sélection (rendement élevé, architecture peu ramifiée) et du marché (graines de calibre supérieur et de couleur blanche). Elles pourraient également être utilisées dans la zone méridionale du Sénégal. Pour cela, un bon calage du cycle (date de semis) devra être opéré pour conserver une bonne qualité du produit (maturation coïncidant avec l'arrêt des pluies).

Malgré leur faible productivité, les variétés du troisième groupe pourraient être particulièrement indiquées pour les régions plus humides du sud caractérisées par une pluviométrie plus élevée et une occurrence de pluies tardives. En outre, elles pourraient faire l'objet d'une intégration dans la pratique de l'élevage. Ainsi, en plus de l'utilisation du tourteau, la quantité importante de matière sèche aérienne produite pourrait trouver usage dans l'alimentation animale et/ou le compostage.

La variété Ceraas-1-98 se distingue des autres par sa précocité, ses besoins en eau relativement faibles, et sa tige qui, bien que naine, présente autant de capsules que les autres variétés plus ou moins ramifiées. Des études ultérieures sur la densité optimale de semis permettraient de se fixer sur la possibilité éventuelle d'accroître sa productivité. Ceci se justifie si l'on considère la forte corrélation positive établie antérieurement entre le rendement et le nombre de capsules par plante (Djigma, 1985). Néanmoins, elle apparaît, d'emblée, très indiquée pour les systèmes de culture de la région nord du Sénégal en raison de ses besoins en eau modestes et de la précocité de son cycle.

Cette expérimentation qui constitue le premier travail de recherche sur le sésame au Sénégal a abouti à une avancée significative dans la connaissance de cette culture. Elle aura également fourni les premières informations nécessaires pour un choix variétal raisonné en fonction des zones agro-climatiques du pays et des objectifs de production. Cependant, cette étude ayant été conduite en station et en conditions optimales, les résultats devront être validés en milieu réel. Ceci est à envisager dans le cadre d'essais variétaux multi-sites en milieu paysan pour

intégrer les conditions éco-climatiques du milieu et leur variabilité inter-annuelle et multi-locale éventuelle. En effet, cette étape constitue un préalable essentiel à la vulgarisation afin d'assurer une adoption durable par les populations rurales.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abou-El-Khier Y.I.A., Moharam Y.G., Osman H.O.A., 1987.- Effect of decortication methods on the quality of sesame kernels and products. *Journal of food and Agriculture* 1, 163-168.
- Abou-Gharbia H.A., Shahidi F., Shehata A.A.Y., Youssef M.M., 1997.- Effect of processing on oxidative stability of sesame oil extracted from intact and dehulled seeds. *Journal of the American oil Chemists' Society*. 74, 215- 21.
- AGETIP, 1995.- Programme de réhabilitation des stations ISRA : Informations pédologiques et étude cartographique des sols du CNRA de Bambey. Rapport final, Ministère de l'Agriculture, DRCSP, 60p. + annexes.
- Alban Muller International, 1997. Huile de sésame. http://www.albanmuller.fr/francais/Produits/huiles_vegetales/sesame.html, site internet.
- Anonyme, 1989.- Arachide et autres plantes annuelles. *Oléagineux*, 44 (4), 9-26.
- Ashri A., Ladijinski G., 1963.- Anatomical effects of the capsule dehiscence alleles in sesame. *Crop Sci.*, 4 (2), 136-138.
- Bapoyo M., 1960.- Les oléagineux en République Centrafricaine. *Oléagineux*, 15 (5), 383-388.
- Bascones L., Ritas J. L., 1961.- La nutricion mineral del ajonjoli. *Agron. Trop. Venez.*, 2 (1), 17-32.
- Brétaudeau A., 1998.- Les effets de différentes dates de semis de deux variétés de sésame dans l'association arachide-sésame, 295-304. In : « *Les légumineuses à graines* », Démarly Y. éd., Actes de séminaire, Madagascar 22 - 27 Février, FIS, Stockholm.
- Cerda A., Bingham F.T., Hoffman G. J., 1977.- Interactive effect of salinity and phosphorus on sesame. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41 (5), 915-918.
- Cristini B.J.C., Aquarone E., Brazzach M.L., 1962.- Obtention de l'huile de sésame par pression, influence du matériel utilisé. *Oléagineux*, 17 (5), 463-467.
- CRS (Catholic Relief Services), 1999.- Actes du forum des acteurs de la filière sésame du 15 au 18 juin, Faoune, Kolda, CRS, 53 p.
- Culp T.W., 1960.- Inheritance of plant height and capsule length in sesame, *Sesamum indicum* L. *Agron. J.*, 52 (2), 101-103.
- Dabat M. H., 1999.- Sésame, WWW.cirad.fr, Accueil, site internet, Cirad.-Ca, 6p.
- Damagnez J., 1962.- Conditions d'utilisation de la sonde à neutrons pour les déterminations d'humidité dans le sol : Influence de la densité apparente et de la salure, 7 p. In : *Colloque sur l'emploi des radioisotopes dans les recherches sur la nutrition des plantes par le sol*, Bombay 26 février - 2 mars, IEA/FAO.
- Dancette C., 1976.- Mesures d'évapotranspiration potentielle et d'évaporation d'une nappe d'eau libre au Sénégal: Orientation des travaux portant sur les besoins en eau des cultures. *Agron. Trop.*, 31 (4), 321-338.
- Day J., 2000.- The effect of plant growth regulator treatments on plant productivity and capsule dehiscence in sesame. *Field Crops Research*, 66 (9), 15-24.
- Diouf M., 1999a.- Programme d'activités de recherches : Evaluation agronomique et caractérisation du comportement morpho-physiologique du sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone semi-aride du Sénégal, Ceraas, Thiès, 8 p.
- Diouf M., 1999b.- Synthèse sur la culture du sésame (*Sesamum indicum* L.), Ceraas, Thiès, 7 p.
- Diouf M., 1999c.- Evaluation de la résistance au déficit hydrique pendant la germination et la croissance des plantules de sept génotypes de sésame (*Sesamum indicum* L.), 12 p (article en préparation).

- DISA (Division des statistiques agricoles), 1995.- Résultats définitifs de la campagne agricole 1994/95, Direction de l'Agriculture/DISA, Dakar, 42 p.
- DISA (Division des statistiques agricoles), 1996.- Résultats définitifs de la campagne agricole 1995/96, Direction de l'Agriculture / DISA, Dakar, 19 p. + annexes.
- DISA (Division des statistiques agricoles), 1997.- Résultats définitifs de la campagne agricole 1996/97, Direction de l'Agriculture / DISA, Dakar, 51 p. + questionnaire.
- DISA (Division des statistiques agricoles), 1998.- Résultats définitifs de la campagne agricole 1997/98, Direction de l'Agriculture / DISA, Dakar, 19 p. + annexes.
- Djigma A., 1984.- Conditionnement génétique de caractères liés au rendement chez le sésame (*Sesamum indicum*). *Oléagineux*, 39 (4), 217-225.
- Djigma A., 1985.- Synthèse des résultats acquis en matière de recherches sur le sésame au Burkina Faso. *Oléagineux*, 40 (8-9), 443-449.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1969. – Production Yearbook. Vol. 23, FAO, Rome, 251-254
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1986.- Annuaire FAO de la production 1985. FAO, *Collection: Statistiques* 39 (70), Rome, 330 p.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1993.- Annuaire FAO de la production 1992. FAO, *Collection: Statistiques* 46 (112), Rome, 281 p.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1994a.- Annuaire FAO de la production 1993. FAO, *Collection: Statistiques* 47 (117), Rome, 254 p.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1994b.- Annuaire FAO du commerce 1993. FAO, *Collection: Statistiques* 47 (121), Rome, 351 p.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1995.- Annuaire FAO de la production 1994. FAO, *Collection: Statistiques* 48 (125), Rome, 243 p.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1996a.- Annuaire FAO de la production 1995. FAO, *Collection: Statistiques* 49 (130), Rome, 235 p.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1996b.- Annuaire FAO du commerce 1995. FAO, *Collection: Statistiques* 49 (132), Rome, 378 p.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1997a.- Annuaire FAO de la production 1996. FAO, *Collection: Statistiques* 50 (135), Rome, 235 p.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1997b.- Bulletin trimestriel FAO de statistique. FAO, *Collection: Statistiques* 10 (3/4), Rome, 152 p.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1998.- Annuaire FAO de la production 1997. FAO, *Collection: Statistiques* 51 (142), Rome, 239 p.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1999a.- Annuaire FAO de la production 1998. FAO, *Collection: Statistiques* 52 (148), Rome, 233 p.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1999b.- Bulletin trimestriel FAO de statistique. FAO, *Collection: Statistiques* 12 (1/2), Rome, 107 p.
- Gerakis P.A., Tsangarakis C.Z., 1969.- Response of sorghum, sesame and groundnuts to plant population density in the Central Sudan. *Agron. J.*, 61 (6), 872-875.
- Gillet H., 1984.- Rapport de synthèse: Activités 1984. Sénégal, 14p.
- Göhl B., 1982.- Les aliments du bétail sous les tropiques : données sommaires et valeurs nutritives. FAO, *Collection : Production et santé animales* 12, Rome, 543 p.
- Grouzis M., 1988.- Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). *Collection : Etudes et thèses, ORSTOM éd.*, Paris, 337 p.
- Guèye M., 2000.- Evaluation des besoins en eau, de la croissance et de la productivité de sept variétés de sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone semi-aride du Sénégal. Mémoire d'ingénieur, ENSA, Thiès, 74p.+ annexes.

- H.B.T. Institute, 1958.- Report on the Marketing of *Sesamum* and Nigre seed in India. *Marketing Series 72, AMA. 68*, Government of India.
- Henin S., Gras R., Monnier G., 1969.- Le profil cultural, *Masson et Cie éd.*, Paris, 320 p.
- Inyang U.E., Ekanem J.O., -1996.- Effect of dehulling methods and desolventizing temperatures on proximate composition and some functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed flour. *Journal of the American Oil Chemists' Society. 73*, 1133-1136.
- IRHO (Institut de Recherche des Huiles et Oléagineux), 1984.- Le sésame. Note technique, 6p. + annexes.
- ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles), 1998.- Plan stratégique de l'ISRA (1998-2003) : Synthèse des activités scientifiques et chiffrage. ISRA, Dakar, 169p.
- Johnson R. H., Raymond W.D., 1964.- The chemical composition of some tropical food plants : III. Sesame seed. *Trop. Sci.*, 6 (4), 173-179.
- Le Houérou H.-N., 1989.- The grazing land ecosystems of the African Sahel. *Ecological Studies 75, Springer-Verlag*, Berlin, 282 p.
- Little D.A., Van Der Grinten P., Dwingen R.H., Agyemang K., Kora S., 1991.- Comparison of sesame cake and cottonseed as supplementary sources of protein to weaned N'dama bull calves in the Gambia. *Trop. Anim. Hlth. Prod.*, 23, 126-132.
- M.F.C. (Ministère Français de la Coopération), 1991.- Mémento de l'agronome 4^e édition. Ministère de la Coopération et du Développement, *Collection : Techniques rurales en Afrique*, France, 1635 p.
- Mazzani B., 1964.- Aspectos del mejoramiento del ajonjolí en Venezuela. *Oléagineux*, 19 (12), 775-782.
- Mitchell G.A., Bingham F.T., Labanauskas C.K., Yermanos D.M., 1976.- Protein and free amino-acid composition of sesame meal as affected by nitrogen, phosphorous and potassium nutrition. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40 (1), 64-68.
- Mulkey J.R., Jr., Drawe H. J., Elledge R.E., Jr., 1987.- Planting date effects on plant growth and development in sesame. *Agron. J.* 79, 701-703.
- Nakamura H., Sato T., Takezaki M., 1956.- Etude et amélioration des Sésames. *Sci. Rept. Hyogo. Univ. Agric.*, 3 (2), 149-156.
- Narayanan A., Balakrishna R.K., 1982.- Growth, development and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. *Field Crops Research*, 5 (3), 217-224.
- Nassery H., Ogata G., Maas E.V., 1979.- Sensitivity of sesame to various salts. *Agron. J.*, 71 (4), 595-597.
- Nicou R., 1974.- Contribution à l'étude et à l'amélioration de la porosité des sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche. Conséquences agronomiques. *Agron. Trop.* 29, 1100-1127.
- Nyeck P., 1997.- Les plantes médicinales et leurs vertus. *Le guide de la famille 200*, 31 p.
- OMM (Organisation Météorologique Mondiale), 1991.- Agrométéorologie opérationnelle: Recueil de notices phénologiques, OMM, Genève, 258 p. + annexes.
- Parthasarathy N., Kedarnath S., 1949.- The improvement of the Sesame crop in India. *Proc. 1st Inter.Ses. Conf.*, Clemson Agric. Coll., USA.
- Poliakoff J., 1956.- Les oléagineux au Mexique. *Oléagineux*, 11 (1), 35-39.
- Purseglove J.W., 1984.- Tropical crops : Dicotyledons. *Longman group ltd. ed.*, Singapour, 719 p.
- Ramirez R., Ovalles C. A., 1991.- Rapport entre le pH du sol et la croissance, la nutrition et la production de graines du sésame (*Sesamum indicum* L.). *Oléagineux*, 46 (10), 375-383.
- Rhind D., Ba Thein, 1933.- The classification of Burmese sesames (*Sesamum oriental* L.). *Indian Agric. Sci.*, 3 (3), 478-495.

- Ryu S.-N., Ho C.-T., Osawa T., 1998.- High performance liquid chromatographic determination of antioxidant lignan glycosides in some varieties of sesame. *Journal of Food Lipid* **5**, 17-28.
- Ryu S.-N., Kim K.-S., Bang J.-K., Lee B.-H., 1998.- Quantitative determination of sesaminol glucosides in sesame seed. *Korean J. Crop Sci.*, **43** (4), 209-213.
- Ryu S.-N., Lee B.-H., 1998.- Antitumor activity of crude sesaminol in sesame seed. *Korean J. Crop Sci.*, **43** (3), 168-171.
- Sarafi A., Fayze A.M., 1976.- Etude de quelques caractères de 5 variétés de sésame et comparaison des effets de trois méthodes de récolte sur leur rendement et leur pourcentage en huile. *CETIOM* **56**, 18-22.
- Sarr B., Ndjendole S., Diouf O., Diouf M., Roy-Macauley H., 1999.- Suivi de l'état hydrique du sol et de la température du couvert de maïs au Sénégal. *Sécheresse*, **10** (2), 129-135.
- Schilling R., Cattan Ph., 1991.- La culture du sésame en Afrique Tropicale. *Oléagineux*, **46** (3), 125-133.
- Seck M., 1999.- Le sésame s'ouvre aux femmes. *SYFIA* **126**, 34-36.
- Sekhon K.S., Bhatia I.S., 1972.- Fatty acid changes during ripening of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Oléagineux*, **27** (7), 371-373.
- Slatyer R.O., 1967.- Plant-water relationships. *Academic Press inc.* ed., New York, London, 366 p.
- Soleil (Quotidien sénégalais), 1998.- Des recommandations pour la promotion du sésame. Communiqué du Conseil des Ministres du 9 avril, Dakar, 1p.
- Srinivas T., Raghunatham G., Ranganatha A.R.G., 1992.- Evaluation of bulk and single capsule descent breeding procedures in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Oléagineux*, **47** (11), 645-648.
- Stanwood P.C., 1987.- Survival of sesame seeds at the temperature (-196°C) of liquid nitrogen. *Crop Sci.*, **27** (2), 327-331.
- Van Den Abeele M., Vandemput R., 1956.- Les principales cultures du Congo Belge, 3^e édition, Royaume de Belgique, Ministère des Colonies, Bruxelles, 932 p.
- Van Rheenen H.A., 1967.- Harvesting of shattering sesame (*Sesamum indicum* L.). *Trop. Sci.*, **9** (4), 204-210.
- Varma K.R., 1958.- L'huile de sésame. *Oléagineux*, **13** (11), 793-801.
- Weatherley P.E., 1950.- Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurements of water deficits in leaves. *New Phytol.*, **49**, 81-87.
- Weatherley P.E., 1951.- Studies in the water relations of the cotton plant. II. Diurnal and seasonal fluctuations and environmental factors. *New Phytol.*, **50**, 36-51.
- Weiss E. A., 1971.- Castor, sesame and safflower. *Leonard Hill Books* ed., London, 901 p.
- Yahya A., 1998.- Responses to salinity of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and sugar Beet (*Beta vulgaris* L.). *Agraria* **122**, *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, Swedish University of Agricultural Sciences, 87p.
- Yehia G. M., Hussein O.A O., Yaldes I. A. A., 1990.- Wet decortication of sesame seeds by new methods. *Food and Nutrition Bulletin* **12**, 57-63.
- Yoshida H., Takagi S., 1997.- Effect of seed roasting temperature and time on the quality characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Oil. Journal of the Science of Food and Agriculture* **75**, 19-26.
- Zagre B., Balma D., Cattan Ph., 1999.- Analyse diallèle du poids de mille graines chez le sésame. *Cahiers Agricultures*, **8** (2), 118-122.

Annexe I : Liste des maladies du sésame (adaptée de Weiss (1971) et Diouf (1999b)).

Agent causal	Organes atteints et symptômes	Moyens de lutte
<i>Cercospora sesami</i> et <i>C. sesamicola</i> (cercosporiose)	Taches noirâtres à centre gris-pâle, entourées d'un halo jaunâtre sur les feuilles inférieures.	Trempage des semences dans de l'eau chaude (53°C) et traitement au Manébe.
<i>Colletotrichum</i> sp (anthracnose)	Tiges (défoliation puis craquelure des tissus corticaux dénudant ainsi les tissus internes).	Deux traitements au Bénomyl espacés de 15 jours.
<i>Alternaria sesami</i> (alternariose)	Taches concentriques (cernes) sur les feuilles, lésions brunes gorgées d'eau sur les rameaux et capsules vertes.	Traitement au Manébe et désinfection des semences.
<i>Helminthospora sesami</i> ; <i>Cylindrospora sesami</i> et <i>Corynespora</i> sp	Taches nécrotiques sur les feuilles et sur la tige.	Désinfection des semences.
<i>Pseudomonas sesami</i> (galle bactérienne)	Taches foliaires noirâtres à centre clair, de forme anguleuse et de petites tailles.	Traitement au Zinébe ou Cuprosan.
<i>Macrophomina phaseoli</i> pv <i>sesami</i> (pourriture charbonneuse)	Collet noir et pourri, rabougrissement des plantules.	Traitement au Manébe, irrigation d'appoint.
<i>Rhizoctonia bataticola</i> ; <i>Sclerotium</i> sp et <i>Phytophthora</i> sp (pourriture du collet)	Pourriture du collet et nécrose au niveau de la tige.	Traitement au Manébe et drainage.
<i>Thielaviopsis basicola</i>	Pourriture des racines, noirceur et assèchement, décoloration de la tige sur les 5 à 10 premiers centimètres du sol ; mort des plantules.	Traitement au Manébe et drainage.
<i>Fusarium oxysporum</i> fsp <i>sesami</i> (fusariose)	Jaunissement des feuilles terminales qui s'affaissent avant de se dessécher ; plants sans racines et formation de petits fruits sur les jeunes plants atteints.	Traitement des semences.

Annexe II : Liste des ravageurs du sésame (adaptée de Weiss (1971) et Diouf (1999b)).

Agent causal	Organes attaqués et symptômes	Moyens de lutte
<i>Antigastra catalaunalis</i> (papillon jaune brun à chenille vert jaune)	Enroulement des feuilles en nid, défoliation et destruction des boutons floraux.	Traitement préventif au Decis dès l'apparition des premières fleurs.
<i>Asphondylia sesami</i> (moucheron)	Boutons floraux, chute de capsules présentant des galles.	Traitements espacés de 15j au moyen de Decis ou du Diméthoate durant la floraison.
<i>Acherontia styx</i> et <i>A. lachesis</i> (gros papillon brun)	Défoliation complète causée par la larve.	Traitement au Decis ou au Diméthoate.
<i>Epilachna chrysomelina</i> (coléoptère)	Plantules, feuilles et fleurs.	—
<i>Aphis gossypii</i> et <i>A. persicae</i> (puceron commun)	Feuilles recroquevillées et jeunes rameaux déformés.	Traitement au Decis ou au Diméthoate.
<i>Myzus persicae</i> (puceron vert pâle)	Flétrissement des jeunes pousses, plantules.	Traitement au Decis ou au Diméthoate.
<i>Deltocephalus spp</i> (jasside, vecteur de la phyllodie)	Fleurs devenant vertes et stériles (virescence) ayant l'aspect d'un "balai de sorcière".	Traiter contre le vecteur au moyen du Decis ou du Diméthoate et semer entre fin Juillet-15 Août.
<i>Tetranychus spp</i> (acarien)	Feuilles présentant des taches argentées.	Traiter au Dicofol.
<i>Zonocerus variegatus</i> (criquet puant)	Plantules et défoliation complète.	Saupoudrage au Sumithion.

Annexe III : Statistiques sur la production mondiale de sésame (graine, huile, tourteau).

RENDEMENT EN GRAINES (en kg/ha)

Année	78-81	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Monde	306	376	346	375	342	358	376	394	400	342
Afrique	317	335	341	284	257	245	293	297	273	222
Am. nord et centrale	594	565	521	576	768	426	603	609	519	543
Amérique du sud	637	542	532	556	564	574	611	615	625	625
Asie	274	374	337	410	364	409	410	442	464	401

Source: FAO, 1993 ; 1994a ; 1995 ; 1996a ; 1997a ; 1998a ; 1999a.

PRODUCTION MONDIALE DE GRAINES (en 1000 MT)

Année	78-81	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Monde	1990	2383	2248	2553	2324	2313	2552	2825	2775	2292
Afrique	493	427	448	600	527	513	679	798	667	538
Am. nord et centrale	183	119	91	74	101	69	84	114	86	78
Amérique du sud	66	71	58	37	37	38	37	46	48	48
Asie	1246	1765	1650	1842	1659	1693	1752	1867	1974	1628

Source: FAO, 1993 ; 1994a ; 1995 ; 1996a ; 1997a ; 1998a ; 1999a.

HUILE DE SESAME (en 1000 MT)

Année	89-91	96	97	98
Monde	633	770	754	721
Afrique	60	65	70	69
Am. nord et centrale	5	5	6	6
Amérique du sud	22	12	8	5
Asie	528	666	643	614

Source: FAO, 1999b.

TOURTEAU DE SESAME (en 1000 MT)

Année	89-91	96	97	98
Monde	749	901	869	829
Afrique	67	74	79	83
Am. nord et centre	4	5	5	5
Amérique du sud	23	12	8	5
Asie	633	783	746	704

Source: FAO, 1999b.

IMPORTATIONS MONDIALES DE GRAINES DE SESAME (MT)

Année	83	84	85	91	92	93	94	95	96
Monde	293377	297287	301749	505881	472509	497049	535705	561470	620939
Afrique	12564	35798	11343	17941	24775	23812	18692	43768	47998
Am. nord et centrale	43231	36759	37330	50413	45873	53809	52852	55067	69697
Am. sud	18	150	3659	2534	795	1065	1364	2975	
Asie	200778	184708	207608	354024	340958	361055	394815	380753	405864
Europe	28975	30270	32811	68074	50858	49857	61595	74164	87150
Océanie	2554	2929	3218	5070	5911	5121	6686	6354	7255

Source: FAO, 1986 ; 1994b ; 1996b ; 1997b.

EXPORTATIONS MONDIALES DE GRAINES SESAME (MT)

Année	83	84	85	91	92	93	94	95	96
Monde	285208	308431	296856	490761	465896	455657	527659	507144	638551
Afrique	70174	90132	56395	69272	82465	44645	119919	91925	203626
Am. nord et centrale	41341	90282	61564	102431	66936	70758	64402	66437	66787
Am. sud	511	4080	3500	18945	15328	7028	6213	5947	11079
Asie	164612	121851	172505	293387	29334	286048	323614	325863	340051
Europe	8559	2084	2596	6702	7798	14175	13496	16957	16997
Océanie	11	2	296	24	21	3	15	10	11

Source: FAO, 1986 ; 1994b ; 1996b ; 1997b.

Annexe IV : Quelques caractéristiques de l'huile et du tourteau de sésame (Source : Mouton (1995)).

Spécification de l'huile de sésame (densité, indice de réfraction, indice d'iode et de saponification) : principales constantes physiques et chimiques.

D ₂₀	0,915-0,923
V ₂₀ (c.p.)	64-67
n ₀ ²⁰	1,474-1,477
Pt de solidification	-3à-6
II	104-120
IS	187-195

Composition en acide gras de l'huile de sésame.

Nature	% acides gras totaux
C12 :0	<0,1
C14 :0	<0,1
C16 :0	8-11
C16 :1	<0,3
C18 :0	4,6
C18 :1	37-42
C18 :2	39-47
C18 :3	<0,6
C20 :0	<1
C20 :1	<0,4
C22 :0	<0

Composition de l'insaponifiable de l'huile de sésame.

Insaponifiable : 1,0 à 1,5%			
Teneur en stérols (en mg/100g de corps gras)	539-636	Teneur en tocophérols (en mg/100g de corps gras)	20-50
Composition des stérols (en % des stérols totaux)		composition des tocophérols (en % des tocophérols totaux)	
Cholestérol	<0,3	alpha tocophérol	4
Brassicastérol	<0,1	beta tocophérol	12
Campestérol	<18-19	gamma tocophérol	183
Stigastérol	6-7	delta tocophérol	11
β sitostérol	59-62	Sésamoline (en mg/1000g d'huile)	20-480
Δ5 Avenastérol	10-11	Sésamine (mg/100g d'huile)	70-610
Δ7 Stigmastérol	0,6-0,8	Teneur en alcools triterpéniques : (en mg/100g de corps gras (huile brute)	180
Δ7 Avenastérol	0,8-1,1		
Fucostérol	<0,5		
Teneur en hydrocarbures : (en mg/100g de corps gras (huile brute)	200		

Composition et valeur alimentaire du tourteau « expeller » de sésame.

Matière sèche (%)	90,2
Matière protéique brute (%)	48
Cellulose brute (%)	8,3
Matière grasse ou extrait éthéré (%)	10
Extrait non azoté (%)	24,4
Matière minérale totale ou cendre (%)	9,3
Silice (%)	0,72
Calcium (%)	1,42
Phosphore (%)	1,13
Magnésium (%)	0,53
Potassium(%)	1,02
Matière azotée digestible, Mad(%)	40,8
Nutriments digestibles totaux (T.D.N.)	77,1
Unité fourragère pour 100 kg	96

Annexe V: Teneurs en acides aminés (% de protéines brutes) du tourteau de sésame et d'autres oléagineux. Source : Göhl (1982).

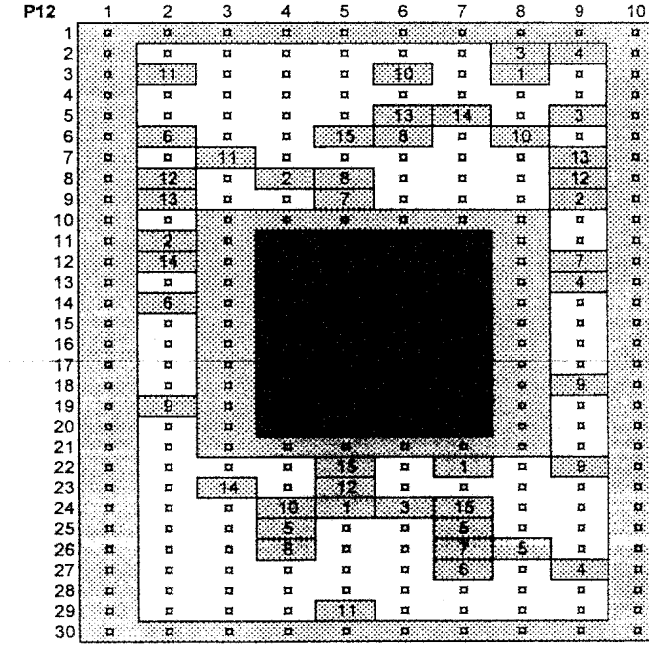
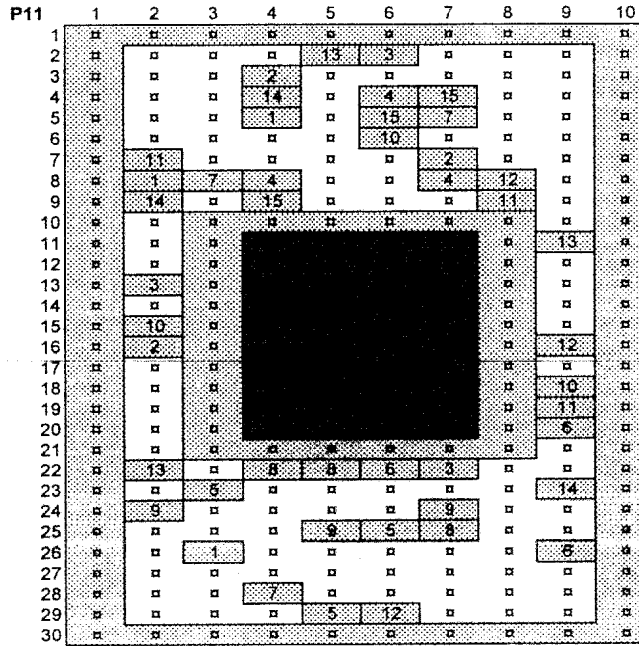
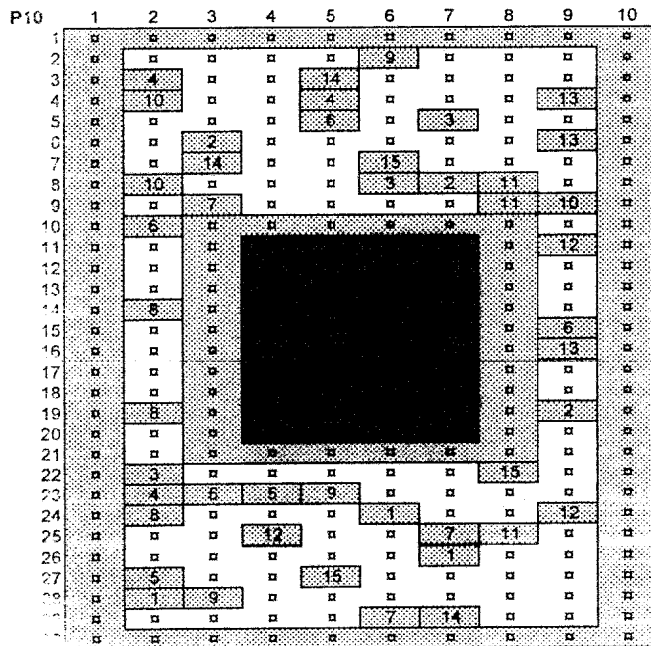
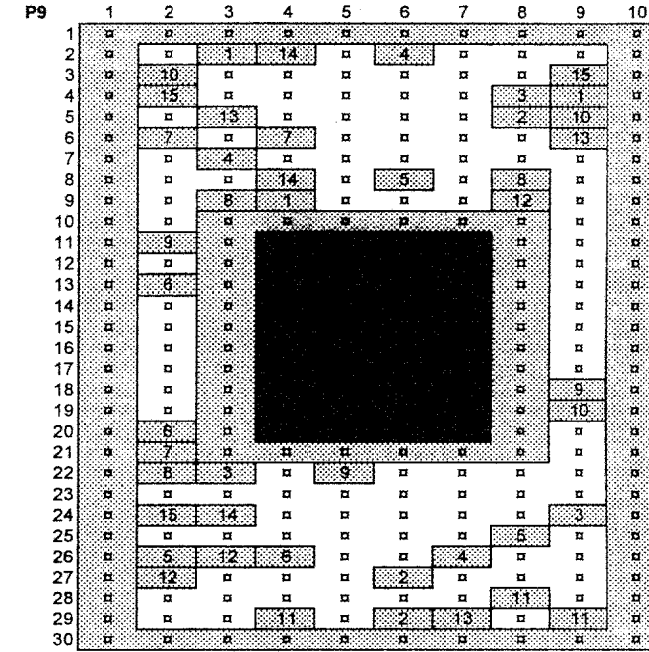
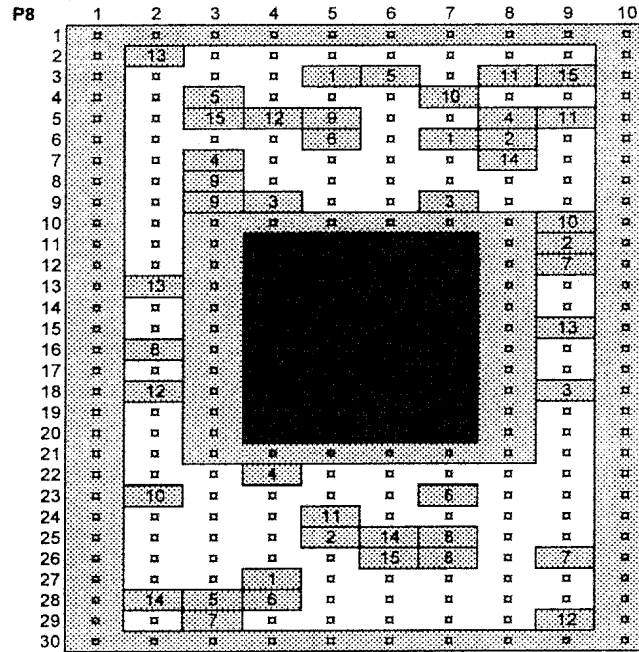
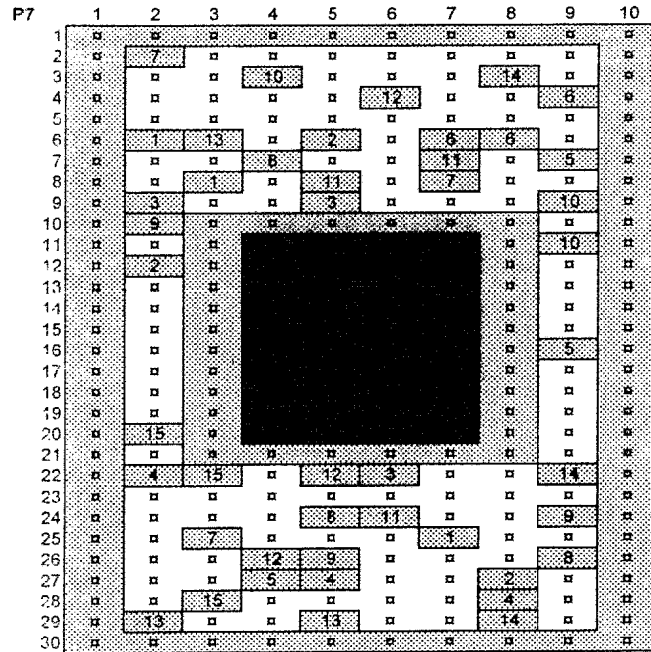
	Arg	Cys	Gly	His	Ils	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Try	Tyr	Val
Arachide	11,0	0,9	6,0	2,5	3,0	6,1	3,6	0,4	4,9	2,8	-	3,7	3,7
Coton	11,1	1,5	4,1	2,6	3,2	5,9	4,1	1,3	5,4	3,2	1,1	2,7	4,5
Palmiste	13,9	1,9	4,8	2,5	3,8	6,4	3,7	2,7	3,6	3,5	2,8	2,7	5,7
Sésame	12,8	2,1	5,3	2,9	3,6	7,5	2,9	3,1	4,3	3,2	1,4	3,9	4,9

Annexe VI : Test de germination des semences fournies par l'INERA (Burkina Faso).

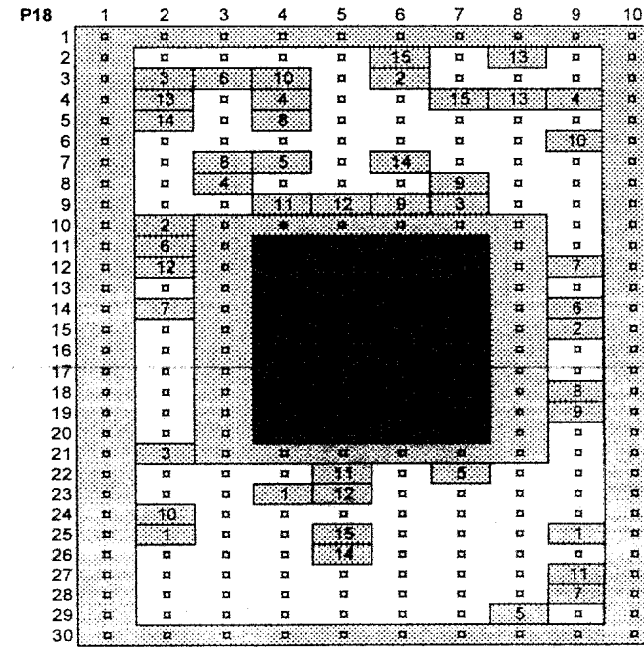
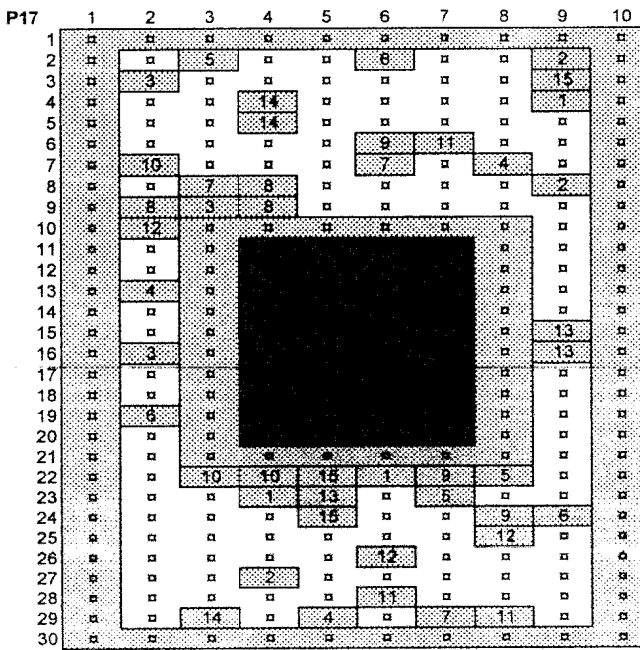
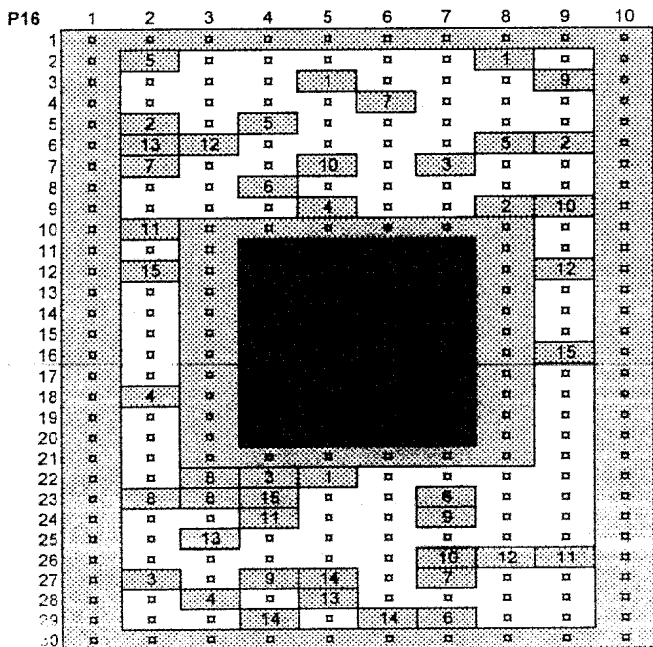
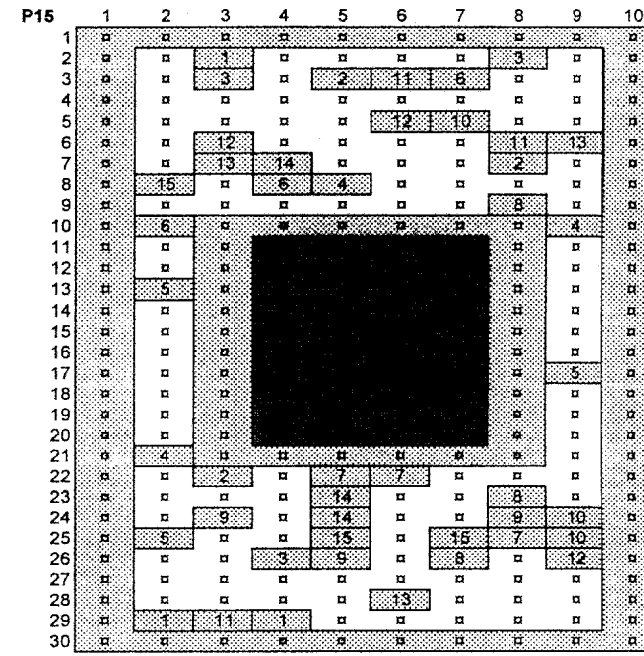
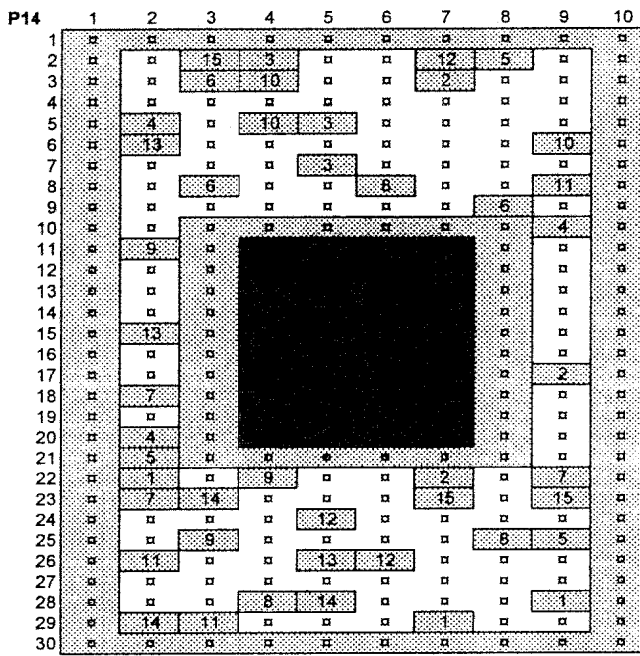
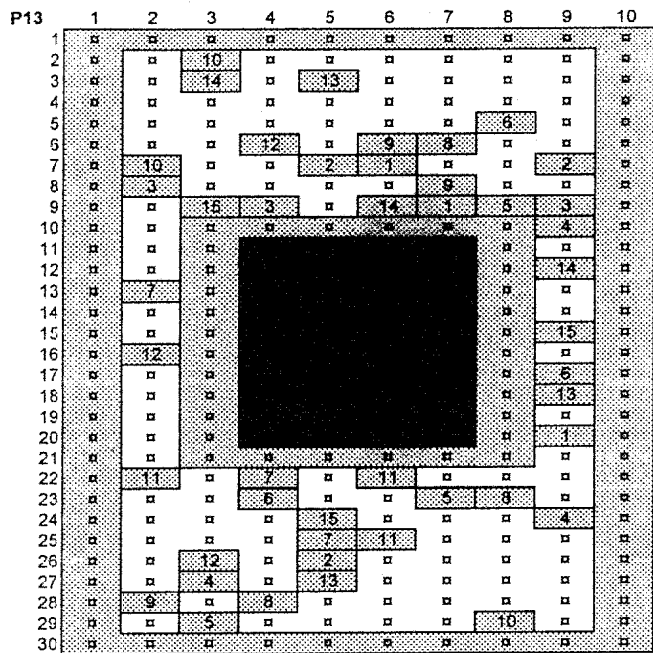
Dates de mise en boîte : 25/09/1998 et d'observation : 27/09/1998.

Variétés	Pourcentage de germination (%)
32-15	88
38-1-7	100
Jaalgon 128	99
Cross n°3	98
Yendev 55	88
Primoca	98
Ceraas-1-98	90

Annexe VII-2 : Protocole d'échantillonnage pour les mesures du CRE.



Annexe VII-3 : Protocole d'échantillonnage pour les mesures du CRE.



Annexe VII-4: Protocole d'échantillonnage pour les mesures du CRE.

