

**UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR**  
**ECOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA VIE, DE LA**  
**SANTE ET DE L'ENVIRONNEMENT 'ED-SEV'**  
**FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES**

Année : 2014

N° d'ordre : 92



**THESE DE DOCTORAT**

Spécialité : Malherbologie

Présentée par : **César BASSENE**

**La flore adventice dans les cultures de maïs (*Zea mays* L.)  
dans le sud du Bassin Arachidier : structure, nuisibilité et  
mise au point d'un itinéraire de désherbage**

Soutenue publiquement le 11 février 2014 devant le jury composé de :

<b><u>Président :</u></b>	<b>M. Léonard Elie AKPO</b>	<b>Professeur Titulaire</b>	<b>UCAD/FST</b>
<b><u>Rapporteurs :</u></b>	<b>M. Samba Ndao SYLLA</b>	<b>Professeur Titulaire</b>	<b>UCAD/FST</b>
	<b>M. Djibril SANE</b>	<b>Maître de Conférences</b>	<b>UCAD/FST</b>
	<b>M. Saliou NDIAYE</b>	<b>Maître de Conférences</b>	<b>ENSA/UT</b>
<b><u>Examineurs :</u></b>	<b>M. Kandoura NOBA</b>	<b>Professeur Titulaire</b>	<b>UCAD/FST</b>
	<b>M. Mame Samba MBAYE</b>	<b>Maître Assistant</b>	<b>UCAD/FST</b>
	<b>M. Abdou NDIAYE</b>	<b>Maître de recherches</b>	<b>ISRA/Bambeye</b>

---

**Directeur de thèse :** Pr. Kandoura NOBA      Professeur Titulaire      UCAD/FST

# DEDICACES

*Je rends grâce à Dieu de m'avoir permis de mener à terme ce travail.*

*Je dédie ce travail :*

*A mon défunt père, pour l'éducation, l'amour et les autres soins que tu m'as apporté, je ne sais comment te remercier pour les sacrifices que tu as consentis pour ma réussite (que Dieu t'accueille dans son Paradis) ;*

*A ma mère, tu n'as jamais manqué de prier pour moi, de me donner des conseils ; de m'exhorter au travail, merci pour tout ce que tu as fait pour moi ;*

*A ma femme, pour les conseils, les encouragements, l'amour et la confiance que tu me voues ;*

*A mes frères et sœurs, pour l'amour et la solidarité indéfectible qui nous lient ;*

*A mes oncles et tantes, pour leurs soutiens et conseils ;*

*A mes cousins et cousines, neveux et nièces, pour l'attachement et l'amour familial ;*

*A mes amis (es), pour les moments de joie et d'angoisse que nous avons vécus ensemble.*

# REMERCIEMENTS

Les travaux présentés dans ce mémoire ont été effectués dans le Laboratoire de Botanique et Biodiversité (LBB) du Département de Biologie Végétale de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar avec le soutien de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA).

J'exprime mes profonds remerciements à mon directeur de thèse et directeur du LBB, le Professeur Kandoura NOBA, de m'avoir permis de mener mes recherches dans ce laboratoire. Son œil critique m'a été très précieux pour structurer le travail et pour améliorer la qualité des différentes parties.

Ma reconnaissance se tourne particulièrement vers le Dr. Mame Samba MBAYE qui m'a guidé et encadré tout au long de ma thèse. Ma considération est inestimable. Ses pertinentes remarques et critiques m'ont conduit vers la bonne voie. Son soutien sur le terrain m'a été essentiel pour mener à bien mes expérimentations. Je tiens également à souligner toute la confiance qu'il a eue en moi, laquelle a été un moteur pour la réussite à l'aboutissement de ce travail.

Je tiens à remercier le Dr. Aboubakry KANE qui m'a beaucoup soutenu et accompagné aussi plusieurs fois sur le terrain pour les prises des mesures. Ses conseils et encouragements m'ont permis de mener à terme ce travail.

J'exprime ma gratitude à Léonard Elie AKPO, Professeur Titulaire à l'UCAD, pour l'honneur qu'il me fait en présidant mon Jury de Thèse, ainsi qu'à :

- Kandoura NOBA, Professeur Titulaire à l'UCAD ;
- Samba Ndao SYLLA, Professeur Titulaire à l'UCAD ;
- Saliou NDIAYE, Maître de Conférences, ENSA, UT ;
- Djibril SANE, Maître de Conférences, UCAD ;
- Mame Samba MBAYE, Maître Assistant, UCAD;
- Abdou NDIAYE, Maître de recherche, ISRA ;

pour l'honneur qu'ils me font en participant à mon jury.

Je remercie particulièrement Pr. Samba Ndao SYLLA, Dr. Djibril SANE et Dr. Saliou NDIAYE qui ont accepté la charge d'être rapporteur.

J'exprime aussi ma gratitude à toute l'équipe du LBB. Il s'agit plus particulièrement de Abdou Aziz CAMARA, Madiop GUEYE, Dr. Ngansoumana BA, Ablaye NGOM, Maïmouna KANE, Rahimi MBALLO, Papa Demba HANE, Moussa Yagam BODIAN, Sény SANE, Christophe DJEKOTA, Moctar DIAME, Omar DIANE, Ibou DIOP, Insa DIEDHIOU, Seyni SADIO, Richard Demba DIOP, Malamine THIOUB, Ndèye Nguissaly NDIAYE, Sokhna MBOUP, Birame DIENG et Mamadou SIDIBE, Ousmane TOURE.

Mes remerciements s'adressent à Souleymane SAKHO qui a partagé avec moi des moments difficiles sur le terrain durant ces 3 années de recherche. Je remercie aussi Omar Salif GUEYE qui a beaucoup contribué à l'aboutissement de cette thèse. J'adresse aussi mes remerciements à Moustapha DIEBATE pour ses encouragements et conseils.

J'exprime mes remerciements au Professeur Bienvenu SAMBOU, pour ses conseils et ses critiques qui m'ont permis de mener à terme cette thèse.

Je voudrais aussi remercier les enseignants-chercheurs de la Faculté des Sciences et Techniques qui m'ont enseignés, plus particulièrement ceux du Département de Biologie Végétale. Mes remerciements vont notamment à l'endroit des doctorants dudit Département, même si on s'est très peu fréquenté durant ces années de thèse pour des discussions amicales que nous aurions pu avoir.

Mes remerciements vont droit aux administratifs tels que Mme Marie-José DELGADO (Département de Biologie Végétale) et Mme Fama DIOP (Ecole Doctorale Sciences de la Vie, de la Santé et de l'Environnement ou ED-SEV) pour leurs encouragements.

Il m'est agréable de remercier chaleureusement tous ceux qui, en dehors du laboratoire, m'ont encouragé tout au long de ce travail par des gestes d'amitié. Je pense à Maurice SAGNA, Dr. Mame Arame Fall NDIAYE, Mme Fatou Kane AÏDARA, Dr. Sékouna DIATTA, Dr. Anicet MANGA, Mamadou Lamine NDOYE, Minda SALEH, Dr. Mamecore FAYE.

Ces remerciements seraient incomplets sans un remerciement adressé aux membres de ma famille, en particulier mon père et ma mère pour le soutien financier, l'affection constante et les encouragements continus. Je pense également à ma femme Marie SAMBOU, les conseils, les encouragements et l'amour qu'elle porte à quelqu'un qui bouge beaucoup et travaille souvent tard le soir. Un grand merci à mes frères Aimé et son épouse Mme Scholastique Fifi Djicoune BASSENE, Epessa BASSENE, Alaga Manel BASSENE, Denis DIATTA, à mes sœurs Amy BASSENE, Louise BASSENE, Rosine BASSENE, Hélène BASSENE, Constance BASSENE, Combé BASSENE pour l'amour et la solidarité indéfectible qui nous lient. A mes oncles Robert et son épouse Mme Emilie Badiane NDOUYE, Benjamin BASSENE, Cyriacque SAMBOU et mes tantes Odette SAMBOU, Khady SAMBOU, Aminata SAMBOU pour leurs soutiens sans faille et conseils. A mes cousins Fiacre BASSENE, Stébou BASSENE, Michel BASSENE, Mass SAMBOU, Henri SAMBOU, Jean DIEDHIOU, Hyacinthe DIEDHIOU et cousines Diminga SAMBOU, Mariane SAMBOU, neveux Sylvanus BASSENE, Sina BASSENE, Jean Martin BASSENE et nièces Hélène BASSENE, Maman Thérèse Aïssamy BASSENE pour leur attachement et amour familial.

Je témoigne aussi ma gratitude à mes amis qui m'ont soutenu moralement. Je pense à Paulin SAMBOU, Clément SAMBOU, Michel SAMBOU, Simon SAMBOU, Félix SAMBOU, Lazare DIATTA, Jean Bernard MENDY, Yves DJIHOUNOUCK, Louis Sylvain MANGA.

Je remercie l'ISRA, qui à travers l'assistance financière et leur octroi d'une parcelle d'expérimentation dans la station expérimentale de Nioro du Rip, a facilité la réalisation de ce travail. Je voudrais associer à ces remerciements tout le personnel de cette station et la famille MANGA plus particulièrement Marcel MANGA.

## Liste des abréviations et sigles

**ACP** : Analyse en Composantes Principales

**AGPM** : Association Générale des Producteurs de Maïs

**ANOVA** : Analyse de variance

**APG III**: Angiosperm Phylogeny Group III

**CIRAD** : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

**CRAAQ** : Centre de Référence en Agriculture et en Agroalimentaire du Québec

**DAPS** : Direction de l'Analyse de la prévision et des Statistiques

**ENSA** : Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture

**FAO** : Food and Agriculture Organisation

**FRAB** : Fédération Régionale des Agrobiologistes de Bretagne

**GRET** : Groupe de Recherche et d'Echanges Techniques

**IPN** : Indice Partiel de Nuisibilité

**ISRA** : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

**ITAB** : Institut Technique de l'Agriculture Biologique

**MAAARO** : Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales de l'Ontario

**NPK** : Azote-Phosphore-Potassium

**SAED** : Société de Développement et d'Exploitation des Terres du Delta du fleuve Sénégal

**UCAD** : Université Cheikh Anta DIOP de Dakar

**UT** : Université de Thiès

## Liste des figures

Figure 1 : Plante de maïs avec les inflorescences mâle et femelle .....	5
Figure 2: Différentes phases de développement du maïs.....	7
Figure 3: Autofécondation et fécondation croisée chez le maïs.....	8
Figure 4: Répartition mondiale de la production de maïs grain en (MT) 782 MT en 2008.....	20
Figure 5: Localisation du site d'essai et des sites de relevés de flore .....	24
Figure 6: Spatialisation de la pluviosité annuelle des six zones éco-géographiques du Sénégal (moyenne de 1996 à 2007) .....	26
Figure 7: Variabilité interannuelle et moyenne mensuelle de la pluviométrie à Nioro du Rip (2000-2010).....	27
Figure 8: A- Dispositif expérimental, B-Parcelle élémentaire .....	30
Figure 9: Différentes conditions de binage .....	34
Figure 10: Détermination de la période critique (d'après Nieto <i>et al.</i> , 1968 et Dawson, 1986). a- Relation entre le rendement (en%) et la durée d'enherbement (exprimée en temps). Sp = seuil de concurrence précoce. b- Relation entre le rendement (en%) et la durée désherbage (exprimée en temps). St = seuil de concurrence tardive. c- Relation entre le rendement (en%) et la période après levée exprimée en temps). Tc = période critique.....	36
Figure 11: Types biologiques des espèces répertoriées.....	42
Figure 12: Répartition géographique des espèces recensées.....	43
Figure 13: Les proportions des groupes d'adventices selon leur I.P.N .....	44
Figure 14: Effet de l'année sur la croissance en hauteur des plantes.....	50
Figure 15: Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la croissance en hauteur des plantes .....	51
Figure 16: Effet des traitements de binage en condition non azotée (N0) sur la croissance en hauteur des plantes après quelques temps d'observation.....	52
Figure 17: Effet des traitements de binage sur la croissance en hauteur des plantes en condition azotée (N1) .....	54
Figure 18: Effet de l'année sur la production de feuilles .....	56
Figure 19: Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la production de feuilles .....	57
Figure 20: Effet des traitements de binage sur la production de feuilles des plantes du maïs en N0..	58
Figure 21 : Effet des traitements de binage sur la production de feuilles des plantes de maïs en condition azotée.....	60
Figure 22 : Effet de l'année sur la circonférence des tiges au collet.....	62
Figure 23 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la circonférence au collet des tiges .....	63
Figure 24 : Effet des traitements de binage sur la circonférence au collet des tiges en condition non azotée .....	64
Figure 25 : Effet traitements de binage sur la circonférence des tiges au collet en condition azotée .	66
Figure 26 : Effet de l'année sur l'allongement des feuilles sous épi .....	68
Figure 27 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur l'allongement des feuilles sous épi.....	69
Figure 28 : Effet des traitements de binage sur l'allongement des feuilles sous épi en N0 .....	70
Figure 29 : Effet des traitements de binage sur l'allongement des feuilles sous épi en condition azotée .....	71
Figure 30 : Effet de l'année sur l'allongement de la tige avant épi.....	74
Figure 31 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur l'allongement de la tige avant épi .....	74
Figure 32 : Effet des traitements de binage sur l'allongement de la tige avant épi en N0.....	75
Figure 33 : Effet des traitements de binage sur l'allongement de la tige avant épi en condition azotée .....	77
Figure 34 : Effet de l'année sur la longueur de l'épi.....	79
Figure 35 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la longueur de l'épi .....	80
Figure 36 : Effet des traitements de binage en condition non azotée sur la longueur de l'épi.....	80
Figure 37 : Effet des traitements de binage sur la longueur de l'épi en condition azotée .....	82

Figure 38 : Effet de l'année sur la circonférence de l'épi de maïs .....	84
Figure 39 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la circonférence de l'épi de maïs .....	84
Figure 40 : Effet des traitements de binage sur circonférence de l'épi en N0.....	85
Figure 41 : Effet des traitements de binage sur la circonférence de l'épi en condition azotée.....	87
Figure 42 : Effet de l'année sur le poids de l'épi de maïs.....	89
Figure 43 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le poids de l'épi.....	89
Figure 44 : Effet des traitements de binage sur le poids de l'épi en condition N0 .....	90
Figure 45 : Effet des traitements de binage sur le poids de l'épi en condition azotée.....	92
Figure 46 : Effet de l'année sur le nombre de graines de l'épi.....	94
Figure 47 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le nombre de graines de l'épi .....	95
Figure 48 : Effet des traitements de binage sur le nombre de graines de l'épi en condition non azotée .....	95
Figure 49 : Effet des traitements de binage sur le nombre de graines de l'épi en N1.....	97
Figure 50 : Effet de l'année sur le poids des 100 graines .....	99
Figure 51 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le poids des 100 graines.....	100
Figure 52 : Effet des traitements de binage sur le poids des 100 graines en N0 .....	101
Figure 53 : Effet des traitements de binage sur le poids des 100 graines en N1 .....	103
Figure 54 : Effet de l'année sur le poids total des graines de l'épi.....	105
Figure 55 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le poids total des graines de l'épi .....	106
Figure 56 : Effet des traitements de binage sur le poids total des graines de l'épi en N0.....	107
Figure 57 : Effet des traitements de binage sur le poids total des graines de l'épi en N1.....	108
Figure 58 : Effet de l'année sur le rendement du maïs .....	111
Figure 59: Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le rendement en graines de maïs .....	112
Figure 60 : Effet des traitements de binage en condition azotée ou non azotée sur les rendements en graines de maïs.....	112
Figure 61 : Cercle de corrélations des variables sur les paramètres de croissance, de rendement et le rendement en condition non azotée (N0), dans le plan des axes 1 et 2.....	114
Figure 62 : Distribution des traitements de binage sur les axes 1 et 2 défini par l'ACP en N0.....	115
Figure 63 : Définition des axes 1 et 2 par les paramètres de croissance, de rendement et le rendement en condition azotée (N1).....	116
Figure 64 : Distribution des traitements de binage sur l'axe 1 et l'axe 2 défini par l'ACP en N1 .....	117
Figure 65 : Courbes de variation du rendement en condition azotée (a b c d) et non azotée (a'b'c'd) en 2009 (a-a) ; 2010 (b-b) ; 2011 (c-c) et cumul des 3 ans (d-d). B = binage ; H = enherbement Sp = seuil de concurrence précoce ; St = seuil de concurrence tardive .....	119
Figure 66 : Calendrier de désherbage du maïs ( <i>Zea mays</i> Var. early thaï syn. Nioro 96) .....	136

## Liste des tableaux

Tableau 1: Densité de semis en fonction des distances entre interligne et entre poquet .....	12
Tableau 2: Pourcentage du temps consacré aux différentes opérations culturales dans la culture vivrière du maïs en Afrique sub-saharienne (Akobundu, 1991) .....	17
Tableau 3 : Quelques chiffres sur les superficies et les productions des céréales au Sénégal en 2009	20
Tableau 4: Composition du maïs en valeur nutritionnelle moyenne pour 100g .....	22
Tableau 5: Quelques produits du maïs en industrie .....	23
Tableau 6: Description du matériel végétal (sources Ndiaye, Sd).....	28
Tableau 7 : Calendrier des opérations culturales en fonction de l'année .....	37
Tableau 8: Liste des espèces recensées avec des indications sur leur type biologique (T.B) et leur répartition géographique (R.G) .....	38
Tableau 9 : Structure de la flore des adventices de culture de maïs .....	41
Tableau 10 : Importance des familles dans la flore adventice du maïs au sud du Bassin arachidier ...	41
Tableau 11 : Indice Partiel de Nuisibilité (I.P.N.), les fréquences absolues (Fa) et relative (Fr) des espèces adventices dominantes.....	43
Tableau 12 : Résultats de l'ANOVA sur la hauteur des plantes.....	50
Tableau 13 : Résultats de l'ANOVA sur le nombre de feuilles des plantes .....	56
Tableau 14 : Résultats de l'ANOVA sur la circonférence au collet des tiges .....	62
Tableau 15 : Résultats de l'ANOVA sur la longueur des feuilles sous épi .....	68
Tableau 16 : Résultats de l'ANOVA sur la longueur de la tige avant épi.....	73
Tableau 17: Résultats de l'ANOVA sur la longueur de l'épi .....	79
Tableau 18: Résultats de l'ANOVA sur la circonférence de l'épi .....	83
Tableau 19 : Résultats de l'ANOVA sur le poids de l'épi .....	88
Tableau 20 : Résultats de l'ANOVA sur le nombre de graines de l'épi.....	94
Tableau 21 : Résultats de l'ANOVA sur le poids de 100 graines .....	99
Tableau 22 : Résultats de l'ANOVA sur le poids total des graines de l'épi.....	105
Tableau 23 : Résultats de l'ANOVA sur le rendement du maïs des 3 ans .....	111
Tableau 24 : Corrélations entre les paramètres de croissance, de rendement et le rendement en condition non azotée.....	113
Tableau 25: Corrélations entre les paramètres de croissance, de rendement et le rendement en N1 .....	116

## Sommaire

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I- SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>3</b>
1-1- Origine, domestication et répartition géographique du maïs .....	3
1-2- Systématique et description botanique du maïs .....	4
1-2-1- Appareil végétatif .....	5
1-2-2- Appareil reproducteur .....	6
1-3- Cycle biologique du maïs .....	6
1-3-1- Cycle de développement du maïs.....	6
1-4- Ecologie du maïs .....	10
1-5- Techniques culturales du maïs.....	11
1-5-1- Préparation du terrain .....	11
1-5-2- Fertilisation organique.....	11
1-5-3- Fertilisation minérale.....	12
1-5-4- Semis.....	12
1-5-5- Entretien .....	13
1-6- Récolte, séchage et conservation du maïs.....	13
1-7- Les ennemis de la culture du maïs.....	14
1-7-1- Les maladies du maïs .....	14
1-7-2- Les ravageurs .....	15
1-7-3- Les parasites .....	16
1-8- Les adventices du maïs .....	16
1-8-1- L'action des adventices sur le maïs.....	16
1-8-2- Lutte contre les adventices.....	17
1-9- La production du maïs .....	20
1-10- L'importance du maïs.....	21
<b>CHAPITRE II– MATERIEL ET METHODES .....</b>	<b>24</b>
2-1- Présentation de la zone d'étude .....	24
2-1-1- <i>Le milieu d'étude</i> .....	24
2-1-2- <i>Les sols</i> .....	25
2-1-3- <i>Le climat</i> .....	25
2-1-4- <i>La végétation</i> .....	27
2-2- Méthodes d'études et dispositifs expérimentaux .....	28
2-2-1– <i>La préparation du sol</i> .....	28
2-2-2– <i>Le matériel végétal</i> .....	28

2-2-3- <i>Le dispositif expérimental</i> .....	29
2-2-4- <i>L'étude de la flore</i> .....	31
2-2-5- <i>L'étude de la concurrence</i> .....	32
2-2-6- <i>Les observations et les mesures</i> .....	35
2-2-7- <i>Les traitements statistiques</i> .....	36
2-2-8- <i>Le calendrier des opérations culturales en fonction de l'année</i> .....	37
<b>CHAPITRE III- FLORE ADVENTICE DU MAÏS : STRUCTURE ET NUISIBILITE DES ESPECES</b> .....	<b>38</b>
3-1- Introduction .....	38
3-2- Résultats.....	38
3-2-1- Analyse de la flore .....	38
3-2-2- Nuisibilité des adventices .....	43
3-3- Discussion.....	45
3-4- Conclusion.....	48
<b>CHAPITRE IV- ETUDE DE LA CONCURRENCE DES ADVENTICES VIS-A-VIS DU MAÏS</b> .....	<b>49</b>
4-1- Introduction .....	49
4-2- Résultats.....	50
4-2-1- Effet de la concurrence des adventices sur les paramètres de croissance du maïs.....	50
4-2-2- Effet de la concurrence des adventices sur les paramètres de rendement du maïs .....	79
4-2-3- Effet de la concurrence des adventices sur les rendements en graines de maïs .....	111
4-2-4- Relation entre paramètres de croissance, de rendement et le rendement en fertilisation azotée et non azotée.....	113
4-2-5- Détermination de la période critique de concurrence des adventices vis-à-vis du maïs.	119
<b>4-3- Discussion</b> .....	<b>120</b>
<b>4-4- Conclusion</b> .....	<b>125</b>
<b>CHAPITRE V- DISCUSSIONS GENERALES</b> .....	<b>126</b>
5-1- La flore adventice .....	126
5-2 - La concurrence .....	129
5-2-1 - L'effet de la concurrence des adventices sur les paramètres de croissance du maïs ....	129
5-2-2 - L'effet de la concurrence des adventices sur les paramètres de rendement du maïs ...	131
5-2-3 - L'effet de la concurrence des adventices sur les rendements en graines du maïs.....	131
5-3- Les relations entre paramètres de croissance, de rendement et le rendement.....	132
<b>5-4- La période critique de concurrence</b> .....	<b>132</b>
<b>CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES</b> .....	<b>134</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>137</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>150</b>

**UNIVERSITÉ CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR**  
**ECOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA VIE, DE LA SANTE ET DE L'ENVIRONNEMENT**  
**FACULTE DES SCIENCE ET TECHNIQUES**

**THESE DE DOCTORAT**

Spécialité : **Malherbologie**

**Nom et prénom du Candidat** : BASSENE César

**Titre**: La flore adventice dans les cultures de maïs (*Zea mays* L.) dans le sud du Bassin arachidier : structure, nuisibilité et mise au point d'un itinéraire de désherbage

**Date et lieu de soutenance** : 25/01/2014 FST/UCAD

<b>Membres du jury</b> :	M. Léonard Elie AKPO	Professeur Titulaire, UCAD	Président
	M. Samba Ndao SYLLA	Professeur Titulaire, UCAD	Rapporteur
	M. Djbril SANE	Maître de Conférences, UCAD	Rapporteur
	M. Saliou NDIAYE	Maître de Conférences, ENSA/UT	Rapporteur
	M. Mame Samba MBAYE	Maître Assistant, UCAD	Examineur
	M. Abdou NDIAYE	Maître de recherche, ISRA	Examineur
	M. Kandjioura NOBA	Professeur Titulaire	Directeur de thèse

### Résumé

Au Sénégal, le maïs constitue l'une des principales cultures vivrières. Sa production est limitée, entre autres, par l'impact des adventices, de la fertilisation et de la sécheresse. Cette étude a été réalisée dans le sud du Bassin arachidier à la station expérimentale de l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA) au cours des années 2009, 2010 et 2011. Elle a été entreprise dans le but de caractériser la flore adventice du maïs, d'étudier la concurrence des adventices vis-à-vis du maïs, de déterminer la période critique de concurrence des adventices et de proposer un calendrier de désherbage permettant une bonne production du maïs.

Pour l'étude de la flore et de la nuisibilité des espèces adventices, des relevés phytosociologiques ont été réalisés dans des parcelles de maïs en station et dans les champs des paysans autour de Niour du Rip sur un rayon d'environ 25 km. L'étude de la concurrence a consisté d'une part à laisser les adventices dans les parcelles pendant des périodes de plus en plus longues avant le binage et d'autre part à maintenir la culture propre depuis la levée jusqu'à des dates de plus en plus reculées. Pour apprécier l'effet de la fertilisation, les traitements sont réalisés en conditions fertilisée avec l'azote et sans azote sur trois années.

Les résultats de cette étude ont permis de répertorier 128 espèces réparties dans 65 genres et 25 familles. Les *Poaceae* (20,31%), les *Fabaceae* (17,19%), les *Malvaceae* (9,38%), les *Convolvulaceae* (8,59%) et les *Cyperaceae* (8,59 %) sont les familles les plus diversifiées. Les thérophytes dominent nettement cette flore avec 89,06% suivis des hémicryptophytes avec 4,69% et des géophytes (3,13%). Les espèces d'origine africaines (36,72%) sont dominantes, suivies des espèces pantropicales (30,47%). L'Indice de Nuisibilité Partiel (IPN) a été évalué pour toutes les espèces et les résultats ont montré que 10 espèces sont les plus nuisibles : *Mitracarpus villosus*, *Kyllinga squamulata*, *Digitaria ciliaris*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Striga hermonthica*, *Hibiscus asper*, *Mariscus squarrosus*, *Cyperus amabilis*, *Cyperus cuspidatus*, *Spermacoce chaetocephala*.

Il ressort de ces résultats que, plus la durée de la compétition est longue, plus les paramètres de croissance sont réduits à l'exception du nombre de feuilles de la plante. Les composantes de rendement ont été fortement influencées par l'année, la fertilisation azotée et l'enherbement. Les rendements en grains diminuent lorsque l'enherbement est prolongé. Cette étude a montré que la période critique de concurrence des adventices vis-à-vis du maïs serait située entre le stade 4<sup>ème</sup> feuille (15<sup>ème</sup> jour après semis) et le début floraison (45<sup>ème</sup> jour après semis). Le meilleur itinéraire technique permettant d'obtenir des rendements élevés en condition azotée et non azotée devrait intégrer 3 désherbages aux 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jours, ou 2 désherbages un au 15<sup>ème</sup> et l'autre au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

**Mots clés** : flore adventice, concurrence, période critique, Bassin arachidier du Sénégal.

## ABSTRACT

In Senegal, corn is constituted one of the most important crop styles. Its production is among others factors limited by adventitious, fertilization and dryness. This study was realized in the South of the “Bassin arachidier” (Groundnut Basin of Senegal) at the experimental station of the Senegalese Agricultural Research Institute (ISRA) from 2009s to 2011. It aims to characterize the adventitious flora of corn, to study the adventitious competition with corn, to determine the yield and the critical periods and to propose a weeding calendar which allows optimizing corn production.

For flora and adventitious injurious, study phytosociological surveys were carried out in maize fields on station and at numerous rural areas surrounding Nioro du Rip (Senegal) on a radius about 25 km. The study of the competition consisted in two types of treatments. In the one, the crop is kept free of weeds at first, but the weeds are allowed to grow later; in the other, the crop is kept weed-infested at first and later free of weeds at specific periods of the crop cycle. To appreciate the effects of the fertilization, some treatments are realized in the plots with nitrogen and the others without nitrogen over three years.

The study showed that the weed flora of maize crop includes by 128 species belonging to 65 genera and 25 families. The flora is dominated by *Poaceae* (20,31%), *Fabaceae* (17,19%), *Malvaceae* (9,38%), *Convolvulaceae* (8,59%) and *Cyperaceae* (8,59 %) that are the most diversified families. Therophytes dominate clearly the flora with 89,06% followed by Hemicryptophytes with 4,69% and Geophytes with 3,13%. The African species (36,72%) are dominant followed by the pantropical species (30,47%). The index species was estimated for all species and the results showed that 10 species are the most redoubtable such as *Mitracarpus villosus*, *Kyllinga squamulata*, *Digitaria ciliaris*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Striga hermonthica*, *Hibiscus asper*, *Mariscus squarrosus*, *Cyperus amabilis*, *Cyperus cuspidatus*, *Spermacoce chaetocephalla*.

The results show that more the weeds competition is longer, more corn parameters of growth are reduced except the number of leaves. The parameters of yield were significantly influenced by many factors of the year, nitrogenous fertilization and weeding periods. The yields decrease when the weedy is extended. This study showed that the critical period of weeds competition towards corn would be located between the 4<sup>th</sup> leaf stage (15<sup>th</sup> day after sowing) and the beginning of corn flowering (45<sup>th</sup> day after sowing). The best technical itinerary that allowed obtaining higher corn yield in condition with nitrogen and condition without nitrogen application should integrate 3 weedings at the 15<sup>th</sup>, 30<sup>th</sup> and 45<sup>th</sup> day after planting or 2 weedings, at first at the 15<sup>th</sup> day and second at the 45<sup>th</sup> day after planting.

**Keywords:** adventitious flora, competition, critical period, “Bassin arachidier” of Senegal.

## INTRODUCTION GENERALE

L'agriculture joue un rôle important dans l'économie des pays en développement et constitue la principale source de nourriture, de revenu et d'emploi pour leurs populations rurales. L'amélioration de l'agriculture et l'utilisation des terres sont fondamentales pour atteindre la sécurité alimentaire, la réduction de la pauvreté et le développement durable (FAO, 2004).

En Afrique de l'ouest quatre principales céréales (mil, sorgho, maïs et riz) sont cultivées. Le mil et le sorgho sont de loin les céréales les plus répandues. Le maïs est devenu de plus en plus une spéculation importante au regard des usages multiples dont il est l'objet (consommation humaine, consommation animale et biocarburant) et des incitations directes ou indirectes dont il a bénéficié. Ainsi, les surfaces consacrées à la production du maïs ont fortement augmenté sous l'effet de la conquête de nouvelles zones de production, notamment les bassins de production du coton au Bénin, au Burkina-Faso, au Mali, au Nigéria et au Sénégal (Soule & Gansar, 2010).

Le Sénégal est un pays sahélien où l'agriculture occupe près de 80% de la population. Elle constitue l'une des principales activités de production et est essentiellement pluviale et saisonnière. Elle repose à la fois sur des cultures de rente (arachide, coton), sur des cultures vivrières de subsistance (mil, sorgho, maïs) et sur la culture du riz (Anonyme, 2008).

Le maïs est la deuxième céréale produite dans le pays. Son niveau de production représente 22% de la production céréalière nationale. Avec 89% de la production nationale, les principales régions productrices de maïs sont Kolda (39%), Kaolack (29%) et Tambacounda (21%) (Ndiaye & Niang, 2010).

Dans le Bassin Arachidier, principale région à vocation agricole pluviale du Sénégal, la culture du maïs était une culture dite « de case » cette culture entre de plus en plus dans une polyculture où elle est combinée à d'autres cultures vivrières. Toutefois, la zone connaît depuis plusieurs années des baisses de production et des rendements des céréales, d'une année à l'autre. Ces baisses sont dues aux aléas climatiques, aux techniques de culture, aux facteurs biotiques tels que les maladies et les parasites, à un appauvrissement des sols suite aux difficultés d'accès aux intrants et à l'absence de jachère, mais aussi et surtout à une importante pression des adventices (Noba, 2002 ; Mbaye, 2013).

Les adventices sont généralement responsables des pertes de la production de plus de 25% en zone tropicale (Le Bourgeois & Marnotte, 2002). Au Sénégal, la gestion de l'enherbement est donc une préoccupation majeure des agriculteurs (Fonanel, 1987a ; Wade *et al.*, 1999 ; Diallo, 1986 ; Bâ, 1983 ; Samb *et al.*, 1992 ; Noba, 2002 ; Mbaye, 2013). Or, pour bien raisonner la lutte contre les adventices, il est impératif de connaître la flore adventice (Noba, 2004 ; Mbaye, 2013), la biologie et la nuisibilité des espèces. En outre, le contrôle des adventices devrait découler de la connaissance de la période critique de concurrence des adventices qui permettrait de proposer un calendrier de désherbage conforme à la culture pratiquée (Caussanel, 1989).

Il est donc important d'envisager la production du maïs dans un système où les adventices sont maintenues à des niveaux inférieurs à leurs seuils de nuisibilité (Caussanel, 1989 ; Noba, 2004 ; Mbaye, 2013).

Les recherches envisagées dans le cadre de ce travail visent à réunir les informations utiles permettant une lutte raisonnée contre les adventices dans une culture de maïs dans le sud du Bassin arachidier. Cette étude cherche à : **i**-caractériser la flore adventice du maïs qui se propose d'étudier les spectres taxonomique, Biologique et chorologique et la nuisibilité des espèces, **ii**-déterminer la concurrence des adventices vis-à-vis du maïs, **iii**-établir les relations entre les paramètres de croissance, les paramètres de rendement et le rendement en grains du maïs, **iv**-déterminer la période critique de concurrence des adventices et **v**-proposer un calendrier de désherbage du maïs.

Ce mémoire est structuré de la manière suivante :

- Le chapitre 1 est une synthèse bibliographique,
- Le chapitre 2 porte sur le matériel et méthodes,
- Le chapitre 3 est l'analyse de la flore adventice de la culture de maïs dans le sud du Bassin arachidier,
- Le chapitre 4 est l'étude de la concurrence des adventices vis-à-vis du maïs,
- Le chapitre 5 est une discussion et une conclusion générale des résultats de l'étude.

# CHAPITRE I- SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

## 1-1- Origine, domestication et répartition géographique du maïs

Jusqu'en 1960, les origines historiques et géographiques du maïs étaient méconnues. Les fouilles archéologiques ont révélé qu'après une phase de cueillette de maïs sauvage, il fut cultivé voici 7 000 ans dans le bassin de Tehuacan, au sud-est de Mexico. Fondement de l'alimentation, de l'économie et de l'éclat des grandes civilisations précolombiennes (Inca, Aztèque et Maya), le maïs y était bien plus qu'un banal aliment. Il est doté d'une valeur symbolique, appartenait à leur mythologie, dans leurs pratiques religieuses et leur art. Le maïs reste aujourd'hui la céréale la plus populaire de l'Amérique latine. Il continue à occuper une place importante dans l'alimentation humaine. Il donne lieu à de multiples préparations salées ou sucrées à l'instar des tortillas, et entre dans la fabrication de boissons comme la chicha (bière de maïs) (Gay, 1984).

Le maïs actuel résulte à la fois de mutations naturelles et de sélections conduites par l'homme à partir d'un ancêtre sauvage, qui pourrait être la téosinte, graminée qui croît spontanément en Amérique Centrale, ou un de leurs ancêtres communs (Bassaler, 2000). Au cours de sa domestication à partir de la téosinte, le maïs a gagné de nombreux attributs importants sur le plan agronomique, mais il a perdu la capacité de survivre à l'état sauvage. Sa domestication est telle que les grains ne peuvent tomber de l'épi et se disséminer sans l'intervention de l'homme (Gould, 1968).

A partir du XVI<sup>e</sup> siècle, période des grandes découvertes, marquée par une intensification des échanges, le maïs va, en l'espace de quelques générations, conquérir l'ensemble du Vieux Monde : l'Europe, l'Asie et l'Afrique (Bassaler, 2000).

Lorsque les Européens découvrirent l'Amérique, le maïs était déjà cultivé du nord au sud du continent depuis les rives du Saint-Laurent (Canada) à celles du Rio de la Plata (Argentine).

Le maïs a été découvert pour la première fois par Christophe Colomb en 1492 à Cuba (Hedrick, 1919).

La première introduction du maïs en Europe, et dans l'ancien monde, est certainement due à Christophe Colomb au retour de son premier voyage (4 mars 1493) ou deuxième (11 juin 1496) en Amérique selon son propre témoignage (Gay, 1999).

Du sud de l'Espagne, il est diffusé dans toutes les régions d'Europe Méridionale au climat suffisamment chaud et humide : au Portugal (1515), au pays basque espagnol (1576), au sud-ouest de la France et à la Bresse (1612). Cependant, le reste de la France a été longtemps réticent à sa culture au profit du blé. De la Vénétie (1554), puis toute la plaine du Pô d'Italie, il s'est répandu vers l'est précisément en Serbie, en Roumanie et en Turquie.

En Afrique, le maïs a été introduit, d'une part, en Egypte vers 1540 par la Turquie et la Syrie. D'autre part, il a été introduit dans la région du Golfe de Guinée par les Portugais vers 1550 (Miracle, 1966).

Au Sénégal, la culture du maïs s'effectue principalement dans les régions du centre et du Sud du pays (FAO, 1993) et 14% dans la région du fleuve Sénégal.

Le succès du maïs tient d'abord à sa facilité de culture et à son rendement très nettement supérieur à celui du blé ou des céréales secondaires (millet, sorgho) qu'il a remplacé. Aussi, grâce aux progrès génétique du XX siècle (à la sélection génétique), il a pu s'adapter à des conditions de culture de plus en plus septentrionales, tout en rendant possible la production d'une matière sèche intéressante grâce à des variétés précoces (AGPM, 2010).

L'origine botanique du maïs, plante qui n'existe pas à l'état sauvage « téosinte » sous sa forme actuelle, a longtemps été sujette à des controverses. De nombreuses théories ont été avancées pour expliquer l'origine du maïs dans la Mésoamérique, mais deux écoles continuent de s'affronter (Gay, 1999) :

1- celle du maïs sauvage, qui existait avant l'arrivée de l'homme ;

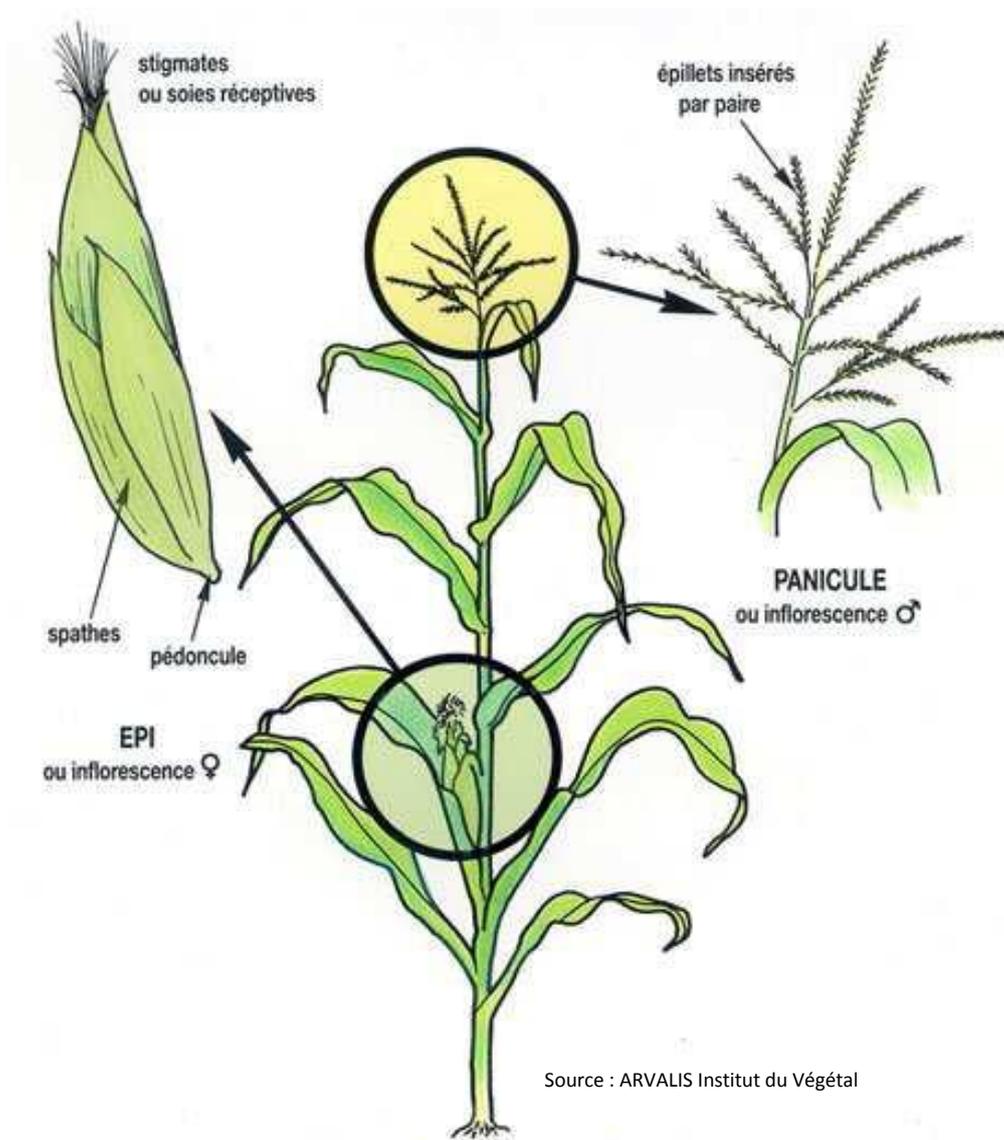
2- et celle de la téosinte ancêtre du maïs.

Cependant, des preuves issues de la biologie moléculaire accréditent aujourd'hui la théorie selon laquelle, la téosinte est l'ancêtre du maïs cultivé (Doebley *et al.*, 1987). La répartition du maïs est extrêmement étendue. Sa culture s'étend de la latitude 58 nord au Canada et en Russie. Elle couvre toutes les régions tropicales et descend jusqu'à la latitude 42 sud en Nouvelle Zélande et en Amérique du sud. Le maïs pousse aussi bien dans les régions situées en dessous du niveau de la mer de la pleine Caspienne que dans les régions de Bolivie et du Pérou où l'altitude atteint 3800 m. Il est produit dans tous les pays d'Afrique, depuis la côte jusqu'aux régions semi-arides de l'Afrique de l'Ouest en passant par les zones de savanes et du niveau de la mer aux régions de moyennes et hautes montagnes d'Afrique Centrale et d'Afrique de l'Est (CIRAD, 2006).

## **1-2- Systématique et description botanique du maïs**

Selon la classification classique, le maïs appartient à l'Embranchement des Phanérogames, au sous embranchement des Angiospermes et à la classe des Monocotylédones. Il est de l'ordre des Glumâles, de la famille des *Poaceae*. De même, il est inclus dans la sous famille des Panicoidea et précisément dans la tribu des Maydea. Le nom de genre est *Zea* et l'espèce *Zea mays*. Actuellement, avec la classification d'APG III, le maïs appartient au clade des Angiospermes du clade des Monocotylédones et du clade des Commélinidées. Il appartient à l'ordre des Poales qui renferme la famille des *Poaceae* réunissant la sous famille des Panicoidea et le Tribu des Andopogoneae (APG III, 2009).

Le maïs est une plante annuelle monoïque de grande taille à feuilles développées nettement distiques (Figure 1). Il possède deux sortes d'inflorescences. Une inflorescence mâle en grappes spiciformes est réunie sur une panicule terminale étalée et des inflorescences femelles rassemblées sur un ou plusieurs épis insérés à l'aisselle des feuilles «<http://www.gnis-pedagogie.org> ».



**Figure 1 : Plante de maïs avec les inflorescences mâle et femelle**

### **1-2-1- Appareil végétatif**

Le système racinaire du maïs est formé de nombreuses racines fibreuses et vigoureuses qui se trouvent, pour la plupart, dans les premiers centimètres de l'horizon (Nyabyenda, 2007). Dans certaines conditions, le maïs développe des racines adventives qui lui servent également de support. Un très grand nombre de racines adventives qui naissent sur les nœuds situés à la base de la tige. Ces dispositions forment des couronnes successives, tant sur les nœuds enterrés que sur les premiers nœuds aériens (Gay, 1999).

Le maïs forme une seule tige principale pouvant atteindre 1 à 4 m de hauteur. La tige unique est pleine, lignifiée et formée de plusieurs entre-nœuds d'une vingtaine de centimètres séparés par autant de nœuds (Gay, 1999). Il ne forme pas de ramifications sauf, exceptionnellement des thalles qui se développent à la base de la tige chez certaines variétés (Nyabyenda, 2007).

Au niveau de chaque nœud, est insérée une feuille alternativement d'un côté et de l'autre de la tige. Les feuilles alternes, typiques des *Poaceae*, sont longues, en forme de ruban, larges, poilues, dressées horizontalement et à faces supérieures orientées vers le haut. Elles ont une

gaine ouverte insérant la tige. Les nervures sont parallèles, et à la base du limbe, se trouve la ligule (Gay, 1999).

### **1-2-2- Appareil reproducteur**

Le maïs est une plante à inflorescences séparées. Le pied porte deux types d'épillets mâles et femelles. Les fleurs sont unisexuées. Ce caractère le distingue des autres *Poaceae*.

L'inflorescence mâle est une panicule plus ou moins ramifiée sur laquelle, s'insèrent par paire, des épillets biflores. Chaque paire d'épillets comprend un épillet sessile et un épillet pédicellé plus âgé. Les deux fleurs mâles de l'épillet, entièrement enveloppées par deux glumes ciliées, deux glumelles et deux glumellules, sont constituées de trois étamines (Baudoin *et al.*, 2002).

L'inflorescence femelle est un épi porté par un pédoncule inséré à l'aisselle des plus grandes feuilles médianes et est enveloppée par des spathes d'où s'échappe, au sommet, une touffe de filaments (soies) (Hitchcock *et al.*, 1971). L'axe de l'épi, appelé rafle, porte habituellement 12 à 16 rangées d'épillets biflores. L'épillet à glumes et glumelles très courtes renferme deux fleurs. La fleur supérieure, plus âgée, est généralement la seule fertile. Son gynécée comprend un ovaire uniloculaire surmonté d'un style très long (10 à 30 cm) réceptif sur toute sa longueur dénommé « soie » (Baudoin *et al.*, 2002). Un pied peut donner naissance 2 à 3 épis, mais un seul atteint généralement un développement complet.

Les graines de maïs sont des caryopses, formés de trois parties (Marty, 1992) :

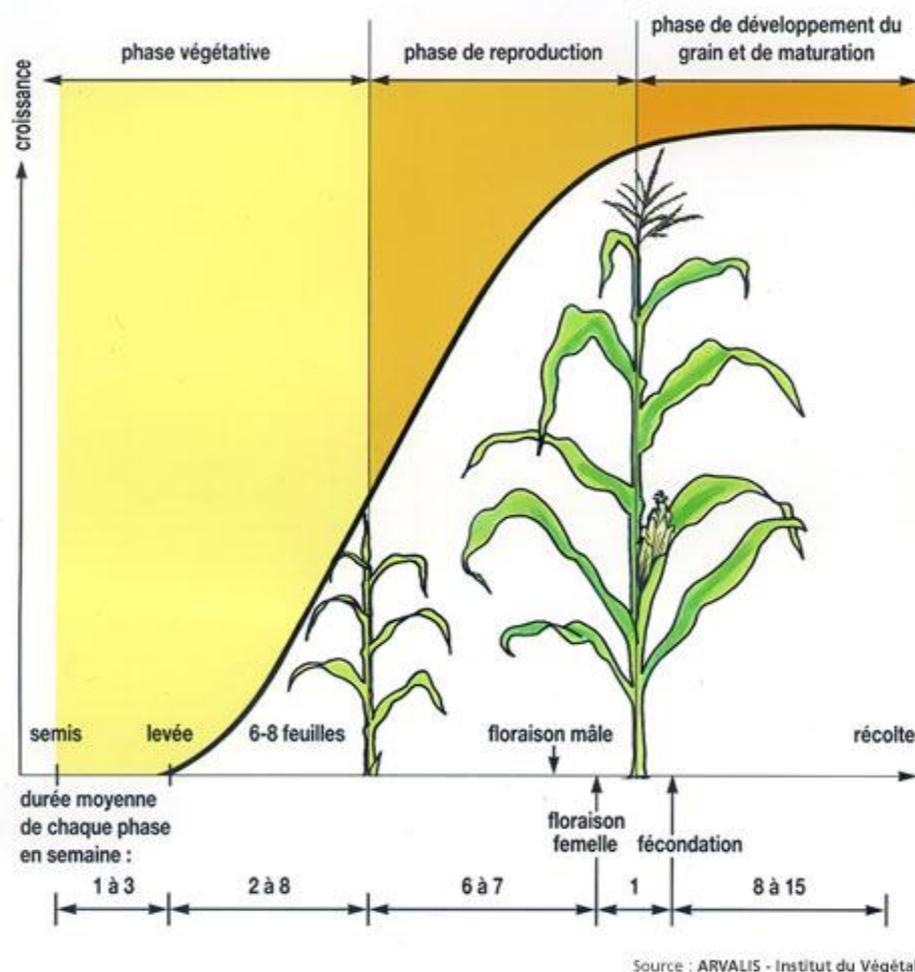
- l'embryon, couramment appelé « germe », situé à la base de la graine qui comprend la gemmule et le cotylédon, organe de réserve ;
- l'albumen, tissu de réserve, composé essentiellement de grains d'amidon ;
- l'enveloppe externe, fine membrane translucide et fibreuse, issue du péricarpe de l'ovaire.

## **1-3- Cycle biologique du maïs**

### **1-3-1- Cycle de développement du maïs**

Le développement d'une plante est une succession d'apparition, de croissance et de sénescence d'organes qui varient selon les variétés, les conditions climatiques du milieu. Les variétés de maïs ont été classées en trois groupes suivant la longueur de leur cycle : les variétés précoces dont la durée du cycle est inférieure à 90 jours ; les variétés tardives à cycle supérieur à 110 jours et les variétés intermédiaires dont la durée du cycle est comprise entre 90 et 110 jours (Bâ, 2005).

Le cycle du maïs se subdivise en deux phases : végétative et reproductrice (Ndiaye, 1994). Selon certains auteurs, ce cycle est scindé en trois phases : la phase végétative, la phase reproductrice et la phase de développement et de la maturation du grain (Figure 2) « <http://www.gnis-pedagogie.org> ».



**Figure 2: Différentes phases de développement du maïs**

### 1-3-1-1- Phase végétative

C'est la période qui va de la germination au début de la floraison. La germination, déclenchée par l'imbibition de la graine, se traduit par l'action des gènes qui marquent la mobilisation des réserves (cystéines et prolines) et se termine lorsque la radicule perce l'enveloppe séminale (Come, 1970). La radicule s'allonge et émerge en 2 ou 3 jours suivis de la levée qui commence lorsque le coléoptile atteint la surface du sol durant 8 à 10 jours environ après semis (Marty, 1992). C'est la période très sensible appelée sevrage et au terme de laquelle s'installe le système racinaire définitif permettant à la plante de devenir autonome (Gay, 1983). Dès que le coléoptile apparaît à la lumière du jour, son extrémité se fend en donnant naissance à deux feuilles. A la suite de l'installation de la plantule, le jeune plant de maïs devient progressivement autotrophe. On assiste à ce stade à un développement du système racinaire et de l'appareil végétatif qui se termine par l'initiation de l'inflorescence mâle (Bâ, 2005).

### 1-3-1-2- Phase reproductive

Elle correspond aux stades de formation des organes reproducteurs (floraison mâle et femelle).

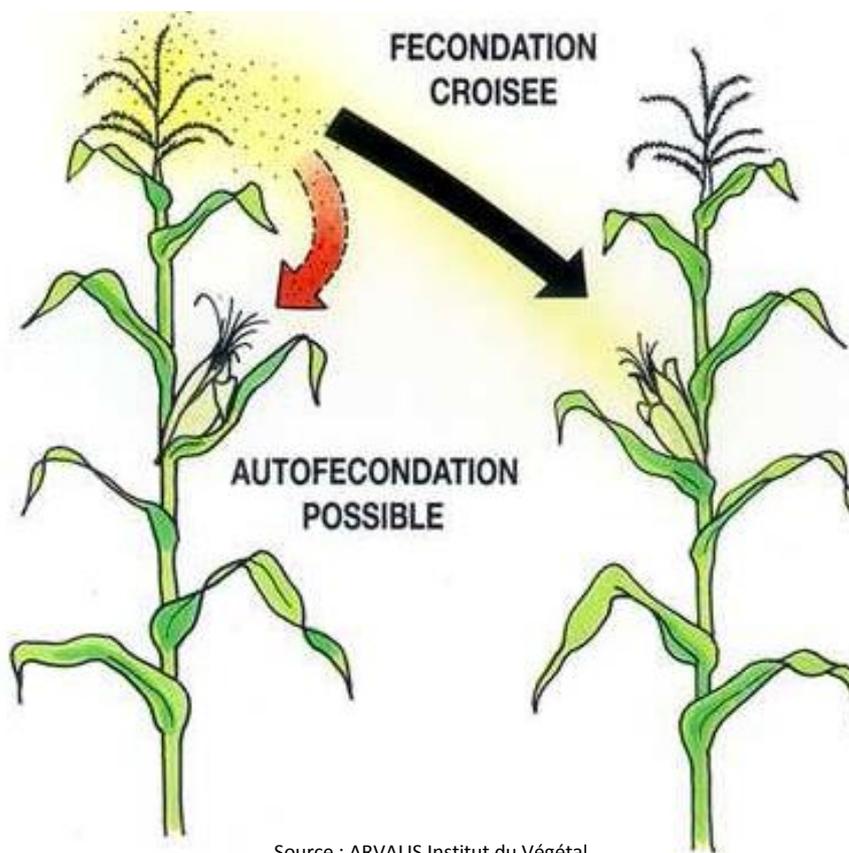
La floraison mâle commence dès l'initiation paniculaire. L'inflorescence mâle se dégage progressivement de la gaine formée par les feuilles supérieures jusqu'au moment où le dernier

nœud apparaît. La panicule est alors épanouie, et ce stade précède, d'un ou deux jours, le début de l'anthèse. Le rythme de la floraison des épillets est basipète, les premiers épillets s'ouvrent au sommet du racème terminal. Cette floraison mâle dure en moyenne de 8 à 12 jours. Le début de l'anthèse précède de peu (1 à 6 jours) l'apparition des premières soies au niveau de l'inflorescence femelle (Baudoin *et al.*, 2002).

La floraison femelle est réalisée sur une plante lorsque les premières soies sont visibles à l'extérieur des spathes. Les soies restent réceptives à la germination du grain de pollen jusqu'à 10 jours après leur apparition (Nielsen, 2005a). Leur réceptivité décroît rapidement après cette période si la pollinisation n'a pas encore eu lieu. Si la pollinisation a eu lieu, le grain de pollen tombe sur une soie, il est englué par les exsudats sucrés qui le recouvrent. Après la pollinisation et la fertilisation de l'ovule, les soies brunissent et, dans les semaines qui suivent, les grains se développent en une cadence accélérée. Elles deviennent laiteuses et riche en sucre trois jours après la pollinisation (Ndiaye, 1987).

### 1-3-1-2-1- Mode de reproduction

Généralement, les anthères du maïs sont mûres de 2 à 4 jours avant que les styles (soies) ne deviennent réceptifs. Le maïs est dit protandre. Du fait de la monoécie et du décalage dans le temps de la maturité mâle et femelle, la fécondation croisée est favorisée (figure 3). Le maïs est donc naturellement une espèce allogame. Il est auto-fertile mais avec une forte dépression de consanguinité (figure 3) « <http://www.gnis-pedagogie.org> ».



Source : ARVALIS Institut du Végétal

Figure 3: Autofécondation et fécondation croisée chez le maïs

### **1-3-1-2-2- Emission du pollen**

Chaque épillet de la panicule est composé de deux fleurs, chaque fleur possédant trois étamines. Les deux fleurs d'un même épillet ne libèrent pas en même temps le pollen : une des deux fleurs a une avance de 3 ou 4 jours sur l'autre. Pour une seule panicule, la libération totale du pollen dure 8 à 12 jours. L'émission du pollen se fait surtout le jour, mais débute très peu de temps après le lever du soleil. Elle passe par un maximum au milieu de la matinée. En cas de pluies ou d'irrigation, la déhiscence des anthèses est limitée et le pollen reste enfermé dans les loges des étamines. La durée de vie du pollen est généralement de quelques heures seulement. Le pollen libéré tombe de la panicule par simple gravité, et est transporté par le vent. Il arrive ainsi sur les soies, permettant la fécondation «<http://www.gnis-pédagogie.org> ».

### **1-3-1-2-3- Sortie des soies et la réceptivité**

La soie a pour rôle de "capturer" le grain de pollen pour que celui-ci puisse, grâce au tube pollinique, aller féconder l'ovule. Les premières soies sorties correspondent aux grains de la base de l'épi. A peine visibles, elles sont déjà réceptives. La progression de sortie des soies se fait ensuite de bas en haut jusqu'à l'extrémité de l'épi. La sortie complète a lieu en 4 à 6 jours. Dès ce moment-là, dans de bonnes conditions, la fécondation complète de l'épi est possible «<http://www.gnis-pédagogie.org> ».

### **1-3-1-2-4- Fécondation**

Dans les minutes qui suivent son arrivée sur la soie, le grain de pollen émet un tube pollinique. Celui-ci progresse rapidement dans la soie et arrive en moins de 24 heures jusqu'à l'ovule. Plusieurs dizaines de grains de pollen peuvent "germer" dans une même soie, mais un seul parviendra à l'ovule et assurera la fécondation «<http://www.gnis-pédagogie.org> ».

### **1-3-1-3- Phase de développement du grain et la maturation**

Le remplissage des graines correspond à l'accumulation des produits de la photosynthèse dans la graine (Rugot, 1990). Selon Ritchie *et al* (1993), le grain de maïs suit, au cours de son remplissage, des étapes relativement distinctes.

#### **1-3-1-3-1- Stade de gonflement du grain**

Dix à quatorze jours après la floraison femelle, les grains en développement montrent des renflements laiteux sur le trognon et contiennent un liquide transparent en abondance. Les soies de l'épi deviennent presque entièrement brunes et sèchent rapidement. De l'amidon commence à s'accumuler dans l'endosperme. La radicule, le coléoptile et la première feuille embryonnaire se sont formés dans l'embryon au cours du stade de gonflement. Un stress grave peut facilement faire avorter les grains aux stades de pré-gonflement et de gonflement. L'humidité interne du grain est d'environ 85%.

#### **1-3-1-3-2- Stade laiteux du grain**

Environ 18 à 22 jours après la floraison femelle, les grains sont presque jaunes et renferment un liquide blanc laiteux. Ce stade laiteux du développement correspond au stade de l'«épi grillé». L'amidon continue à s'accumuler dans l'endosperme. La division de la cellule de l'endosperme est presque complète, et la croissance continue est principalement due à l'expansion de la cellule et à l'accumulation d'amidon. A ce stade, un stress grave peut encore

faire avorter les grains, bien que ce ne soit pas aussi probable que durant le stade de gonflement. L'humidité interne du grain est d'environ 80%.

#### **1-3-1-3-3- Stade pâteux du grain**

Environ 24 à 28 jours après la floraison femelle, le liquide laiteux interne du grain prend une consistance pâteuse au fur et à mesure que l'accumulation d'amidon se poursuit dans l'endosperme. Le trognon de maïs est maintenant rouge clair ou rose. Au stade pâteux, le grain contient environ la moitié de son poids sec et s'écrase facilement. Les grains sont moins vulnérables à l'avortement quand ils atteignent rapidement le stade pâteux, mais un stress grave peut continuer à avoir des conséquences sur le rendement éventuel en réduisant leur poids. L'humidité interne du grain est d'environ 70%.

#### **1-3-1-3-4- Stade pâteux dur du grain**

Environ 35 à 42 jours après la floraison femelle, des entailles apparaissent sur les couronnes de tous ou presque tous les grains. Une ligne horizontale distincte apparaît près de la partie entaillée du grain et progresse lentement vers l'extrémité supérieure au cours des quelques 3 semaines suivantes. Cette ligne, nommée la « ligne laiteuse », marque la frontière entre les parties liquides (laiteuse) et solides (amidon) des grains en maturation. Un stress grave peut contribuer à restreindre l'accumulation du poids sec du grain. Au début du stade d'apparition de l'entaille, l'humidité interne du grain est d'environ 55%, et les feuilles de la base et spathes commencent à se dessécher.

#### **1-3-1-3-5- Stade vitreux du grain**

Environ 55 à 65 jours après la floraison femelle, le poids sec du grain atteint habituellement son maximum. Le grain est alors à maturité physiologique et ne se raye plus à l'ongle. Un stress grave survenant après la maturité physiologique n'a que peu d'impact sur le rendement, sauf si l'intégrité de la tige ou de l'épi est atteinte (dégâts dus à la pyrale du maïs ou à la pourriture rouge des tiges). L'humidité interne du grain, lors du stade de maturité physiologique, est en moyenne de 30 %, mais peut varier entre 25 et 40%. A maturité complète, le grain est jaune (ou blanc) et dur avec une humidité généralement de 25%.

### **1-4- Ecologie du maïs**

Le maïs, aux grandes qualités d'adaptation climatique, est désormais cultivé au niveau des continents, où chaque pays suit ses propres méthodes. La croissance végétale du maïs est essentiellement déterminée par la quantité, la fréquence de la pluviométrie et de l'ensoleillement qui déterminent, à leur tour, la température et les facteurs biologiques (CIRAD, 2006).

Le maïs est une plante exigeante en lumière, du fait de son métabolisme photosynthétique en C4. Il a des exigences en température assez élevée à la germination optimale à 25°C et impossible en dessous de 10°C (6-8-10 température de base latitudes) (CIRAD, 2006).

Le besoin en eau de la culture varie selon la longueur du cycle et le climat. Pour un maïs de 120 jours en climat soudanien, les besoins sont de 600 mm de pluies bien réparties, alors que l'excès d'eau provoque l'asphyxie ou même la pourriture des racines (CIRAD, 2006). La plante de maïs est très sensible aux carences et répond bien aux apports d'engrais et

notamment d'azote. Elle se comporte bien sur les sols riches en matières organiques et dotés de bonnes propriétés physiques (CIRAD, 2006).

La sécheresse est particulièrement dommageable au moment du semis et sa plus forte influence négative sur le rendement se situe au moment de la floraison.

Le vent peut provoquer la verse ou la casse des pieds du maïs.

Le maïs est sensible aux sols salés qui limitent fortement son rendement.

De nombreux facteurs biologiques peuvent entraîner une réduction de son rendement. Parmi ces facteurs, nous avons les maladies (foliaires cryptogamiques, virales et bactériennes des tiges et des racines et les maladies d'épis et des grains), les insectes (ravageurs, telluriques), les termites et les nématodes parasites du maïs (CIRAD, 2006).

Les adventices qui concurrencent le maïs pour l'eau et les nutriments, constituent une menace sérieuse. Ce sont elles qui baissent la fertilité, responsable de la baisse du rendement et l'abandon des terres après quelques années de culture, car leur maîtrise demande beaucoup de travail surtout en culture traditionnelle (CIRAD, 2006).

## **1-5- Techniques culturales du maïs**

A l'échelle mondiale, la culture du maïs concerne les cinq continents. Cette culture revêt des aspects très contrastés : souvent culture vivrière et manuelle de variétés traditionnelles en Afrique subsaharienne, culture intensive mécanisée dans les pays industrialisés.

### **1-5-1- Préparation du terrain**

Le sol est labouré d'une profondeur avant le semis. Au cours de la préparation du sol, un labour a été effectué suivi d'un hersage à l'aide d'un tracteur mécanique muni de disques, qui retournent la terre jusqu'à une profondeur de 10-15 cm en enfouissant les adventices. La préparation du lit de semence vise à optimiser les conditions de germination, de la levée et du développement des plantules. Cette préparation du terrain se fait souvent au Sénégal à l'aide d'une houe et d'équipements à traction animale. Le labour améliore l'enracinement et les rendements du maïs (Nicou, 1981) de par ses effets positifs sur l'état physique du sol (porosité, structure). En effet, le labour à la charrue à soc procure une augmentation des rendements de maïs de 37 à 50% qui atteint 73% en cas de labour (Nicou, 1981).

Le maïs préfère un sol sablo-argileux avec un pH neutre. La variété de maïs choisie doit s'adapter à la zone et aux différents usages des populations de la localité (CIRAD, 2006).

### **1-5-2- Fertilisation organique**

Selon l'ITAB (2000), le maïs est incontestablement la culture qui valorise le mieux l'azote organique. Sa période de végétation coïncide au moment où la minéralisation des matières organiques est optimale pourvu que l'eau ne soit pas le facteur limitant. Les matières organiques employées (fumiers frais, compost,...) doivent provenir en priorité des exploitations biologiques. A titre exceptionnel, on peut utiliser les fumiers (bovins, caprins, ovins, équins, volailles) provenant des exploitations conventionnelles à condition qu'ils proviennent d'exploitations agricoles. Les 4 types de fertilisation les plus couramment pratiqués sont :

- soit de 8 à 10 T/ha de compost de fumier de volailles ;
  - soit de 15 à 20 T/ha de compost de fumier de ruminants ;
  - soit 80 à 100 unités d'azote/ha sous forme d'engrais organique (guano : 14/9/5) ;
- Farine de plume (10/0/0), vinasse de betterave (3% d'azote/T) ;
- soit l'effet du précédent légumineux pluriannuel.

Généralement, l'apport des composts est réalisé avec un épandeur à grande largeur, après le labour, un mois avant le semis.

En sol non portant, on peut épandre le compost avant labour, mais celui-ci doit être incorporé superficiellement et le labour doit être inférieur à 20 cm de profondeur.

### 1-5-3- Fertilisation minérale

Après labour, en fonction du niveau d'exploitation, trois différentes formules d'engrais minéraux sont conseillées [fiche d'information n°3 du projet maïs coopération sénégal-allemande (1982) et la fiche itinéraire technique du maïs (SAED, 2009)].

- La formule légère : 100 kg/ha de NPK (8-18-27) et 50 à 100 kg/ha d'urée pour obtenir un rendement de 1,5 à 2 t/ha pourvu que les autres conditions soient favorables ;
- La formule semi-intensive : 200 kg/ha de NPK (8-18-27) et 200 kg/ha d'urée. Cette formule permet un rendement 3 à 3,5t/ha pourvu que les autres conditions soient favorables ;
- Et la formule intensive : 250 kg/ha de NPK (8-18-27) et 200 à 300 kg/ha d'urée pour obtenir un rendement de 4 à 5 t/ha pourvu que les autres conditions soient favorables.

L'épandage de l'engrais NPK doit être réalisé avant semis, au plus tard 10 jours après semis en « side dressing » : traçant à coté de la ligne de maïs une petite rigole de 3 à 4 cm avec un bâton, épandre en ligne continue ou en poquet l'engrais et refermer la rigole après. L'urée doit être épandu en deux applications : la première 3 à 4 semaines après semis et la deuxième au début de la floraison (environ 7 semaines après semis). Elle est appliquée en « side dressing » ou en dépôt : exécuter à côté de chaque plante un trou de 4 à 6 cm de profondeur avec un bâton ; introduire dans ce trou, 2 g d'urée (le contenu d'une capsule de coca-cola) et refermer le trou.

### 1-5-4- Semis

Les semis se font après une bonne pluie d'environ 25 mm. Les densités de semis suivantes sont conseillées (fiche d'information n°3, 1982).

**Tableau 1: Densité de semis en fonction des distances entre interligne et entre poquet**

Interligne (cm)	Entre-poquet (cm)	Plantes / poquet
98	20	1
85	22	1
80	25	1
80	35	2

Le maïs peut être semé manuellement en poquet avec 2 à 3 graines par poquet à une profondeur de 2 à 4 cm ou mécaniquement avec le semoir Super-éco (disque de 16 trous). Le démarrage doit être exécuté au stade de 3 à 4 feuilles (fiche d'information n°3, 1982).

### **1-5-5- Entretien**

Le maïs aime un champ bien propre avec un sol bien aéré à la surface. Ainsi, le sarclage est nécessaire à chaque manifestation des mauvaises herbes. En cas d'attaque de chenilles ou d'insectes en général, un traitement est conseillé avec le produit efficace contre ce ravageur (CIRAD, 2006).

### **1-6- Récolte, séchage et conservation du maïs**

Le moment de la récolte dépend de son utilisation finale. Le maïs consommé frais (épi grillé) est en général récolté avant la maturité complète, le plus souvent en maturité laiteuse. Il est récolté en détachant à la main les épis des tiges qui restent encore debout. Le maïs consommé sous forme de grains sec, est récolté à maturité complète. Il est utilisé pour la fabrication de la farine, pour la transformation industrielle et pour la semence. Lors de la récolte, tous les plants sont coupés à la fois, ensuite les épis sont détachés des tiges. La récolte mécanisée des grains de maïs, pratiquée dans de grandes fermes de production, nécessite des machines spéciales (cor-pikers et corn-schellers). Mais, cette pratique est peu développée en Afrique (Nyabyenda, 2007).

Un grain de qualité doit être sec et exempt de moisissures et des insectes. Les conditions de séchage et de stockage sont principales pour y parvenir. S'il est bien stocké, le maïs peut se conserver plusieurs mois sans problème.

Après la récolte, le grain doit être séché rapidement pendant plusieurs jours pour éviter le développement des moisissures et parfois de mycotoxines. Les techniques traditionnelles associent souvent séchage et stockage. Elles sont souvent efficaces et peuvent être adaptées à une production importante. Les épis sont séchés au soleil, démunis de leurs spathes.

Ce séchage est suivi de l'égrenage qui peut être réalisé immédiatement après la récolte si le maïs est déjà sec (humidité optimale du grain à 13%). Il reste le plus souvent manuel, avec ou sans l'aide de petites égreneuses, mais peut être mécanisé grâce à des égreneuses de capacité moyenne (200-300 kg/ha) (CIRAD, 2006).

Après égrenage, le grain sec est conservé en sacs ou silos, ou mieux en greniers, ou récipients (fûts vides) fermés hermétiquement.

Divers insectes attaquent les grains du maïs en cours de stockage. C'est ainsi que l'emploi d'insecticides peut être justifié dès que l'on envisage conserver du maïs pour une durée supérieure à 3 mois. La spathe intacte constitue une barrière efficace. La protection de greniers traditionnels a été réalisée au Togo par poudrage au lindane des épis non déspathés (traitement en sandwich et extérieur tous les 3 mois). Une protection contre les insectes peut se faire également en trempant les épis déspathés dans une solution aqueuse à base de malathion. Pour la protection des semences, il est nécessaire d'employer des produits associant un insecticide et un fongicide (CIRAD, 2006).

## 1-7- Les ennemis de la culture du maïs

De nombreux ravageurs et maladies, affectent les champs de maïs à tous les stades de la culture depuis le semis jusqu'à la maturité de l'épi. Les ravageurs animaux surtout les insectes, sont les plus dangereux.

### 1-7-1-Les maladies du maïs

L'importance de ces maladies varie d'une zone agro-écologique à une autre, des variétés et des espèces (Cardwell, 1995). La plupart des maladies importantes qui affectent le maïs sont des maladies foliaires, des maladies de tiges et racines et les fontes des semis.

#### Les maladies foliaires du maïs

- L'Anthracnose (pourriture de la tige) : *Colletotrichum graminicola* provoque la brûlure des feuilles (lésions ovales ou fusiformes, chamois ou brunes, à pourtour brun ou pourpre). Les pertes de rendement sont négligeables.

- Le Charbon commun (*Ustilago maydis*), présente sur les feuilles, des tumeurs blanchâtres remplies de spores noires apparaissent à n'importe quel endroit avec une préférence pour la nervure centrale et les bords du limbe. La maladie entraîne des pertes de rendement et une dépréciation qualitative de la récolte.

- Des brûlures du maïs sont causées par Helminthosporiose (*Setosphaeria turcica*). Les symptômes apparaissent sur les feuilles après la floraison : des taches gris-brun apparaissent, s'allongent et deviennent confluentes. En fin d'attaque, les feuilles se dessèchent complètement. La maladie entraîne une baisse du poids de 1000 grains et des pertes de rendement.

- La pourriture bactérienne est *Pantoea stewartii subsp. Stewartii*. Les symptômes apparaissent sous la forme de longues stries vertes ou jaunes pâles, à bords ondulés, qui suivent généralement les nervures de la feuille. Les stries se dessèchent rapidement et brunissent. En cas d'infection grave, des feuilles entières meurent et sèchent.

- La rouille du maïs causée par *Puccinia sorghi* apparaît sur les feuilles inférieures sous la forme de petites pustules brunes rougeâtres (couleur de rouille) poussiéreuses de 1 mm ; les pustules colonisent ensuite toutes les parties aériennes de la plante « <http://www.syngenta-agro.fr> ».

#### Les maladies des tiges et des racines du maïs

- L'Anthracnose (pourriture de la tige : *Colletotrichum graminicola*) présente la pourriture de la tige. A la fin de la période végétative, des stries noires apparaissent sur la partie inférieure de la tige ; ces dernières noircissent et pourrissent. La moelle devient brune foncée et filamenteuse. Les plantes meurent soudainement avant la maturation du grain.

- Le Charbon commun (*Ustilago maydis*) présente à la base des tiges, des tumeurs charnues blanchâtres puis grisâtres, remplies d'une fine poussière noire (les spores).

- En fin de végétation, on note des symptômes sur la tige qui résultent d'infections sur racines causées par la Fusariose de la tige (*Fusarium sp*). Sur les plantules, des taches brunes, diffuses à rayées, apparaissent sur les racines et les coléoptiles. Les entre-nœuds inférieurs

sont décomposés et remplis de mycélium blanc-rose. La plante se dessèche et se casse prématurément « <http://www.syngenta-agro.fr> ».

### **La fonte des semis du maïs**

La fonte des semis est causée par *Fusarium roseum* et *Pythium ultimum*. Les symptômes apparaissent sous la forme de pourriture de la graine sans germination ou après germination puis arrêt brusque de la croissance avec pourriture de l'extrémité des racines se généralisant à l'ensemble de la plantule qui meurt. La plantule est détruite à la levée « <http://www.syngenta-agro.fr> ».

## **1-7-2- Les ravageurs**

### **▪ Les lépidoptères foreurs**

Les lépidoptères foreurs et défoliateurs des céréales sont de loin les ravageurs les plus préjudiciables en raison principalement de leur biologie particulière (développement à l'intérieur de la tige) et de leur comportement migratoire. Sur le maïs, tous les organes sont attaqués (feuilles, tiges, panicules et épis). Dans la région du fleuve Sénégal, le complexe parasitaire du maïs irrigué est dominé par trois ravageurs-clés : *Sesamia calanzistis*, Hampson (*Lepidoptera*, *Noctuidae*) est régulièrement rencontré en maïs culture d'hivernage, particulièrement dans la zone du delta du fleuve. La pyrale *Eldana sacchararia* Walker (*Lepidoptera*, *Pyralidae*), insecte foreur des tiges et des épis, est une espèce typique qui apparaît sur le maïs d'hivernage et l'époque de la floraison mâle, lorsque les entre-nœuds sont bien individualisés (Goebel, 1993).

### **▪ Les lépidoptères défoliateurs**

*Mjthimza loreyi* Duponchel (*Lepidoptera*, *Noctuidae*), noctuelle défoliatrice, est signalée sur l'ensemble des essais maïs et sorgho, quels que soient le stade et l'époque de culture. Les dégâts les plus importants se situent sur les jeunes plantes (dégâts foliaires) et au stade "panicule visible au fond du cornet" or la panicule est parfois sérieusement endommagée (Goebel, 1993).

### **▪ Les piqueurs-suceurs**

Trois types de ravageurs constituent une part importante de l'entomo-faune du feuillage : les pucerons, les thrips et les acariens. Les pucerons notamment sont souvent vecteurs de maladies virales. Priesner (*Thysanoptera*), thrip noir du maïs, a été fréquemment rencontré sur les essais de maïs de saison froide, dans les principales stations de l'ISRA. Les infestations démarrent dès l'émergence de la plantule et les premières feuilles ont des striures caractéristiques (apparition de zone de couleur argentée correspondant à la nécrose des tissus) (Goebel, 1993).

### **▪ Les coléoptères**

*Scarabaeidae* (*Cetoniae*) et *Meloidae* sont les principales familles attaquant les organes reproducteurs en maïsiculture d'hivernage. *Pnchnoda interzpyta* Olivier (*Cetoniae*) a été particulièrement abondant en hivernage 1991 sur panicules et épis, surtout dans le Delta du fleuve (Goebel, 1993).

#### ▪ **Les termites**

Des dégâts non négligeables de termites (*Microtermes sp.*) sont régulièrement constatés sur la station de Fanaye, se traduisant, en cas de forte attaque, par une verse de plants. L'infestation a lieu entre deux irrigations gravitaires (le sol s'assèche très rapidement), ce qui laisse le temps aux termites d'envahir les plants (Goebel, 1993).

#### ▪ **Les acridiens**

Depuis 1990, aucune infestation de grande envergure (criquets migrateurs) n'a eu lieu sur les cultures du fleuve Sénégal. Cependant, on constate régulièrement des attaques de sauteriaux en saison froide avec des dégâts parfois importants sur le feuillage des céréales (feuilles dévorées jusqu'à la nervure) (Goebel, 1993).

#### ▪ **Le problème des oiseaux**

Les attaques d'oiseaux sur épis sont fréquemment observées sur le fleuve Sénégal avec des dégâts relativement forts en saison froide. Dans certains essais, il n'est pas rare d'observer une consommation de plus de 50% de grains (Station de Ntiago). Les espèces présentant un certain danger dans les périmètres maïsicoles sont : les perruches, les *Quelea*, l'ignicolore (*Euplectes orix*), le vorabé (*Ezqdectes afey*) et le tisserin (*Ploeczrs sp.*) (Goebel, 1993).

#### ▪ **Les ravageurs des stocks**

Au cours de stockages de semences de maïs dans les différents laboratoires de l'ISRA, plusieurs insectes déprédateurs se sont développés et ont causé des dégâts parfois importants. Trois ravageurs ont été identifiés : *Sitophilus zeamais*, Motschulsky (*Coleoptera*, *Curculionidae*), charançon du maïs, très répandu en Afrique de l'Ouest (Goebel, 1993).

### **1-7-3- Les parasites**

Le *striga* (*striga ssp*) représente une contrainte sérieuse dans la production du maïs dans de nombreuses régions d'Afrique tropicale, en particulier le *Striga hermonthica* (Brink & Belay, 2006).

## **1-8- Les adventices du maïs**

### **1-8-1- L'action des adventices sur le maïs**

Les adventices diminuent de plusieurs façons les revenus des exploitants, elles disputent aux cultures la lumière, l'humidité, les minéraux. Les diminutions de rendements dues à cette concurrence constituent l'une des principales sources de pertes. La lutte contre les mauvaises herbes entraîne des dépenses pour l'achat des produits chimiques et de machines et exige beaucoup d'heures de travail supplémentaires pour le sarclage (Clarence, 1958). Cette contrainte impose un investissement en intrants ou en temps de travail parfois très important.

**Tableau 2: Pourcentage du temps consacré aux différentes opérations culturales dans la culture vivrière du maïs en Afrique sub-saharienne (Akobundu, 1991)**

Culture	Pays	Préparation du sol et semis	Sarclage	Récolte	Proportion du temps consacré au sarclage
Maïs	Homme jours/ha/ culture				
	Ethiopie	21	39	12	54
	Ghana	54	43	16	38
	Malawi	26	57	36	48
	Nigéria	33	30	20	36
Zambie	38	65	33	48	

Cette demande de travail ou les ressources monétaires peuvent parfois empêcher le développement structurel des exploitations. Dans le Bassin arachidier du Sénégal par exemple où l'enherbement constitue l'une des contraintes majeures de l'augmentation de la production agricole (Ange *et al.*, 1986 ; Baron, 1991), le contrôle des adventices constitue un coût en travail estimé à 50% de l'ensemble des opérations culturales (Akobundu, 1979 ; Fall *et al.*, 1978).

### **1-8-2- Lutte contre les adventices**

La lutte contre les adventices constitue un facteur limitant biologique très grave surtout dans les pays sous développés du point de vue technique. En effet, dans les pays développés, plusieurs méthodes de lutte contre les mauvaises herbes sont utilisées. Le contrôle des adventices peut être effectué de manière manuelle, mécanique, chimique, biologique et par une méthode culturale (Candy, 2008).

#### **1-8-2-1-Méthode indirecte de contrôle des adventices**

Cette méthode de contrôle est appliquée avant la levée des adventices.

##### **➤ Travail de préparation du sol**

Le labour, qui enfouit les adventices et leurs semences, a un rôle nettoyant si la couche travaillée est suffisamment profonde, ce qui est rarement le cas en culture manuelle ou même en culture attelée. Par ailleurs, le type de matériel joue un rôle déterminant : par exemple, les outils à disques favorisent la multiplication des espèces vivaces, comme *Cyperus rotundus*, *Cynodon dactylon*, etc. Chaque fragment de rhizomes ou de stolons, multipliés par sectionnement, donne une nouvelle plante, de même que chaque tubercule isolé de ses voisins (Marnotte, 2000).

##### **➤ Méthodes culturales**

Plusieurs méthodes culturales sont couramment utilisées.

- Les rotations culturales sont pratiquées dans le but d'éviter ou de réduire la prolifération de certaines espèces d'adventices.

- Le précédent cultural est une pratique qui permet d'étouffer au maximum les adventices. Si le maïs est cultivé à la suite de cultures qui ont été soigneusement désherbées pendant plusieurs années, les risques d'invasion par les adventices sont incontestablement réduits (Ba, 2005). Un bon désherbage d'une culture n'a pas d'impact immédiat sur elle, mais contribue à éviter les infestations des cultures ultérieures (Rouanet, 1997).

- Le faux-semis est une technique dont la réussite s'appuie principalement sur la levée des mauvaises herbes au champ. Quand les conditions climatiques le permettent, une partie de la population des adventices peut être détruite avant l'installation de la culture par la technique du faux-semis : un travail du sol précoce favorise la levée de la végétation qui peut être éliminée par le passage superficiel d'un outil mécanique ou par une application d'herbicide. En culture irriguée, une pré-irrigation permettra la même opération (Marnotte, 2000).

➤ **Le paillage du sol**

Le paillis (mulch) maîtrise bien l'enherbement, mais la contrainte majeure de cette technique est l'approvisionnement en paille. Il est nécessaire de prévoir au moins 7 tonnes de paille par hectare pour couvrir une parcelle. Le couvert du sol au moyen de bâches plastiques est surtout employé en cultures maraîchères ; il présente en même temps un effet d'ombrage et de solarisation (Marnotte, 2000).

➤ **Les plantes de couvertures**

L'emploi des plantes de couverture répond à deux priorités : la lutte contre l'érosion et la maîtrise de l'enherbement.

Une couverture de graminées ou de légumineuses modifie assez profondément l'ensemble des composantes physiques, chimiques et biologiques de l'écosystème cultivé :

- en protégeant le sol de l'action mécanique des pluies intenses en milieu tropical, et en absorbant l'eau ;

- en favorisant l'infiltration au détriment du ruissellement (elles protègent ainsi la structure du sol) ;

- en réduisant la prolifération des mauvaises herbes par effet d'ombrage et par compétition pour les ressources du milieu (Candy, 2008).

➤ **L'utilisation des herbicides de pré-levée**

Les herbicides de pré-levée sont appliqués pour empêcher la levée de la plupart des adventices annuelles tant Monocotylédones que Dicotylédones. Les conséquences de cette utilisation intense d'herbicide sont doubles : une spécialisation de la flore et la contamination du milieu par les résidus de ces matières actives. La flore adventice évolue sous l'effet des pratiques vers une flore souvent qualifiée de 'difficile', soit parce que peu de solutions herbicides efficaces existent sur les espèces sélectionnées par le système, soit parce que des biotypes résistants apparaissent et se développent (Chauvel *et al*, 2001a). On ajoute aussi une contamination des eaux de surface et souterraines par ces herbicides.

### **1-8-2-2-La méthode directe de contrôle des adventices**

La lutte contre les adventices est un élément déterminant de la réussite de la culture du maïs.

Il est tout à fait possible de contrôler les adventices (ITAB, 2000). Cette méthode, qualifiée « de méthode directe de contrôle des adventices » vise à éliminer les adventices émergés.

### ➤ **Le sarclage manuel**

En zone tropicale, le sarclage manuel reste la méthode de lutte contre les adventices la plus répandue. La destruction des plantes n'est souvent assurée que par un arrachage ou à un grattage superficiel. Si le sarclage à la houe s'accompagne d'un léger travail du sol, cette opération s'appelle un sarclo-binage. Cette opération casse la croûte de battance, favorise l'aération du sol et facilite par la suite la pénétration de l'eau de pluie ou d'irrigation. Cette pratique, techniquement la plus simple à réaliser, se heurte néanmoins à de nombreuses contraintes (Marnotte, 2000).

- Le travail du sol effectué lors du sarclage favorise la germination d'autres semences des adventices qui devront être éliminées rapidement par une opération supplémentaire (Marnotte, 2000).

- Le sarclage manuel demande entre 10 et 20 jours de travail par hectare, d'après les normes obtenues en zone de savanes pour des cultures semées en rangs (Marnotte, 2000).

- La rareté de la main d'œuvre empêche souvent la réalisation des sarclages dans de bonnes conditions et dans les délais (Marnotte, 2000).

- Le désherbage manuel est parfois délicat contre certaines mauvaises herbes, quand l'espèce se confond avec la culture (Marnotte, 2000).

### ➤ **Le sarclage mécanique**

- Pour les cultures à grand écartement, le sarclage mécanique, réalisé en culture mécanisée avec un outil à dents ou à disques, apporte les avantages suivants.

- Un gain de temps : même s'il faut faire un sarclage complémentaire sur la ligne en début de cycle. L'opération mécanique sur l'inter-rang prend cinq à dix fois moins de temps que le travail manuel.

- Une réduction de la pénibilité du travail par rapport au sarclage manuel : en culture attelée, le guidage d'une houe tractée est un travail moins pénible que le sarclage manuel.

- Toutefois, la pratique du sarclage mécanique impose certaines contraintes :

- la diffusion du matériel, qui nécessite un effort de vulgarisation ;

- la recherche des personnes qualifiées.

- Le sarclage mécanique reste impossible :

- si le défrichage a laissé de nombreuses souches et des résidus sur la parcelle ;

- si le semis n'est pas fait en ligne ;

- si l'inter-rang est planté de cultures associées qui empêchent le passage des outils (Marnotte, 2000).

### ➤ **L'emploi des herbicides de post-levée**

L'emploi des herbicides de post-levée offre l'avantage de réduire la charge de travail consacrée à la maîtrise des adventices. Il facilite l'organisation du calendrier cultural,

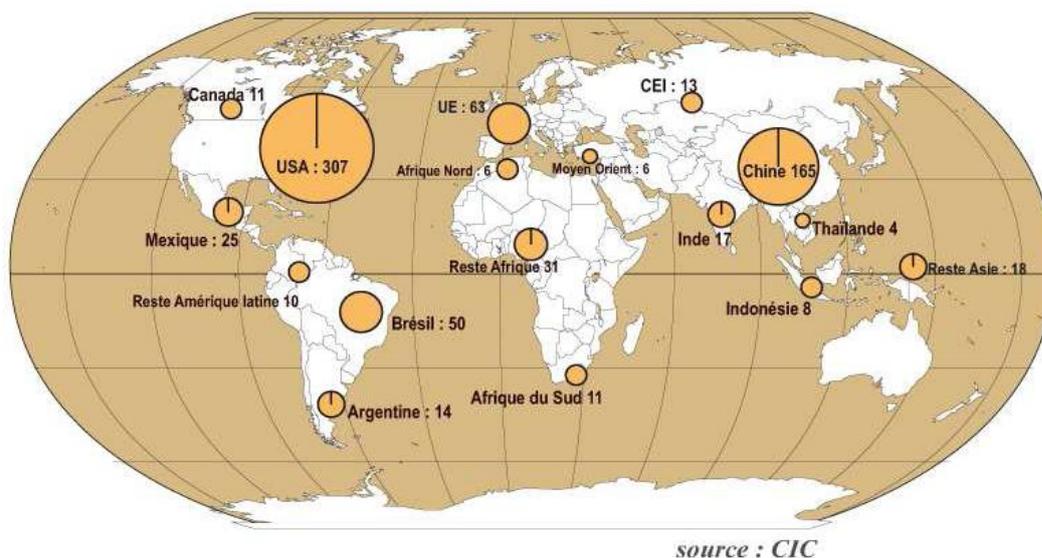
puisque'une application d'herbicide demande moins d'une journée par hectare avec un appareil à dos, voire moins avec un pulvérisateur monté sur tracteur. De plus, l'emploi de ces herbicides supprime la concurrence de l'enherbement, notamment pendant la phase d'installation de la culture (Marnotte, 2000). Ce contrôle chimique des adventices est indispensable pour des superficies supérieures ou au moins égales à 20 hectares (Valdez, 1994).

➤ **Les méthodes biologiques**

Le principe de la lutte biologique contre les adventices s'appuie sur l'usage d'un ennemi naturel de l'adventice et inoffensif pour la plante cultivée. Des plantes parasites ou des espèces végétales compétitives peuvent être utilisées comme agent de lutte biologique contre les adventices, de même que les insectes et /ou des organismes pathogènes (Bâ, 2005).

**1-9-La production du maïs**

La production du maïs est évaluée à 782 millions de tonnes en 2008 sur 140 millions d'hectares dans le monde. Cette production est plus concentrée en Amérique du nord (surtout aux Etats- Unis) et en Asie (surtout en Chine). Des productions importantes sont aussi constatées en Europe, en Amérique du sud et en Afrique (figure 4) (AGPM, 2010).



**Figure 4: Répartition mondiale de la production de maïs grain en (MT) 782 MT en 2008**

Au Sénégal, les principales zones de culture du maïs sont le Bassin arachidier, le Sénégal oriental, la Casamance et la région de Saint-Louis en culture irriguée (Sène, 1999). Sa production est évaluée à 400 000 tonnes sur une surface de 217 000 hectares en 2009 (tableau 3) «<http://www.au-senegal.com>».

**Tableau 3 : Quelques chiffres sur les superficies et les productions des céréales au Sénégal en 2009**

	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Production (tonnes)</b>
Mil et sorgho	1 110 000	930 000
Riz	125 000	410 000
Maïs	<b>217 000</b>	<b>400 000</b>

Fonio	6 800	4 400
Arachide	840 000	730 000
Coton	32 500	39 000
Tomate	-	112 000
Canne à sucre	120 000	1 000 000
Niébé	270 000	126 000
Manioc	113 000	920 000
Pastèque	23 000	330 000

**Source** : L'agriculture sénégalaise (avril 2010)

## 1-10- L'importance du maïs

Le maïs reste la première grande céréale alimentaire traditionnelle pour les hommes de tropique. Les utilisations varient beaucoup selon le niveau économique des pays (Rouanet, 1984). Il peut être valorisé aussi bien par son feuillage que par ses graines. La plante entière avant maturité est très riche en énergie exploitable par les ruminants. Elle peut être consommée verte ou conservée par fermentation grâce à l'ensilage. Sa valeur nutritive dépend de sa digestibilité, selon la variété, les conditions de culture et de récolte, la qualité de la conservation, etc (Anonyme, 2008).

Le maïs a actuellement trois grands types d'utilisations principaux : l'alimentation humaine, particulièrement importante dans les pays du tiers monde, l'alimentation animale qui est de loin le premier débouché et concerne surtout les pays industrialisés et enfin les industries agro-alimentaires, y compris la production d'alcool comme biocarburants en plus du rôle protecteur de l'environnement (AGPM, 2010).

### ➤ L'alimentation humaine

Le maïs est cultivé pour ses grains. Il est riche en amidon (environ 63%), qui constituent la base de l'alimentation de nombreuses populations. Historiquement, il a été l'aliment de base de toutes les civilisations précolombiennes. Il s'est répandu dans d'autres continents, en Europe et en Afrique, se substituant à des céréales consommées plus largement autrefois comme le mil et le millet. Les modes de consommation sont divers. Il peut être consommé soit sous forme de graines entières (séparées ou sur épi), soit réduit en farine et préparé sous forme de bouillies ou de galettes cuites.

En Amérique centrale, et particulièrement au Mexique, la farine du maïs sert à fabriquer des galettes traditionnelles appelées tortillas.

Dans les pays andins, les amérindiens préparent à partir du maïs une boisson fermentée traditionnelle (la chicha).

Dans les pays occidentaux, le maïs joue un rôle secondaire dans l'alimentation humaine. Il est consommé de plus en plus comme légume, sous forme de grains de maïs doux, devenu en France le cinquième légume par ordre d'importance (Gay, 1984). La semoule du maïs est la base de la polenta en Italie. Des produits dérivés du maïs entrent aussi dans la composition et certaines préparations industrielles (céréales pour le petit déjeuner) (Mahamat Silaye *et al*, 1981).

En Afrique, le maïs est consommé grillé sur un feu de bois ou de charbon et aussi sous forme de bouillies ou de couscous.

Au Sénégal, le maïs sert uniquement à la nourriture humaine. Il est consommé en épis grillés, et surtout en couscous et en bouillies en Casamance (Mahamat Silaye *et al.*, 1981).

Le tableau suivant montre la composition du maïs en valeur nutritionnelle moyenne pour 100g (Paulette, 2006).

**Tableau 4: Composition du maïs en valeur nutritionnelle moyenne pour 100g**

Semoule de maïs grains entier		
Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g	Eau	10,3 g
	Valeur calorique	362 Kcal
Protides/ Glucides/ Lipides	Protides	8,1 g
	Glucides	76,9 g
	Lipides	3,6 g
Vitamines	Vitamine A	0,16 mg
	Vitamine B1	0,385 mg
	Vitamine B2	0,201 mg
	Vitamine B3 (PP)	3,632 mg
	Vitamine B6	0,304 mg
Sels minéraux	Calcium	6 mg
	Fer	3,5 mg
	Potassium	287 mg
	Magnésium	127 mg
	Sodium	35 mg
Divers	phosphore	241 mg
	fibres	7,3 g
Acides gras et acides aminés essentiels		

**Source** : Fichier canadien sur les éléments nutritif, (2005)

#### ➤ L'industrie agro-alimentaire et la production de l'alcool

Le maïs a plusieurs usages : industrie agro-alimentaire (biscuiterie, pâtisserie, brasserie, distillerie), fabrication de colle pour l'industrie textile, produits de l'industrie pharmaceutique, plastiques biodégradables et biocarburants (tableau 5).

Les produits de l'amidonnerie sont utilisés :

- dans les produits alimentaires (féculé de maïs) ;
- dan les produits industrielles (papier, carton, peinture, détergents, colle...) ;
- dans les produits pharmaceutiques et cosmétiques (antibiotique, crèmes de beauté, dentifrice...) ;
- dans la production d'éthanol (par fermentation de l'amidon) qui entre dans la production de carburants.

Les productions de la semoulerie sont utilisées dans les produits alimentaires (céréales à petit déjeuner, brasserie).

L'huile de maïs (extraite des germes) sert à l'alimentation humaine, dans l'industrie pharmaceutique et dans l'industrie cosmétique.

La distillation de maïs permet la fabrication de l'alcool de grain, gin, whisky, notamment le whisky de maïs (au moins 80% de maïs) et le bourdon (de 51 à 79%).

Les industries de la rafle (axe ligneux et renflé de l'épi) du maïs fournissent du compost, combustible, de la litière et d'isolant (AGPM, 2010).

**Tableau 5: Quelques produits du maïs en industrie**

Amidonnerie		Semoulerie	Autre
Alimentaire	Non alimentaire		
Boissons	Produits pharmaceutiques et cosmétiques	Bière	Whisky
Pâtisseries Biscuiteries	Détergents	Snacks	
Confiserie Chocolaterie	Papier cartons	Polenta	
Entremets glacés	Peintures	Corn flakes	
Conserves Confitures	Ethanol et bioplastiques		

**Source :** AGPM (2010)

### ➤ L'alimentation animale

La plante entière peut être consommée par le bétail comme fourrage frais ou sec ou comme ensilage, les graines ou même le son. Le maïs est une plante d'élevage d'embouche ; elle permet donc d'engraisser plus rapidement les bovins et augmenter ainsi la production de lait de vaches.

Au niveau mondial, les 2/3 du maïs produit sont utilisés pour l'alimentation animale, et 27 % pour l'alimentation humaine. Mais, il reste de fortes disparités entre les continents.

En Europe de l'ouest, la totalité du maïs ensilage et environ 80% du maïs grain sont utilisés pour l'alimentation animale (bovins, aviculture et élevage de porcs). L'essentiel des 20% du maïs grain restant est utilisé en amidonnerie et semoulerie.

Le maïs est l'aliment de prédilection des oies et canards gavés pour la production de foie gras (AGPM, 2010).

### ➤ Une plante protectrice de l'environnement

Un hectare de maïs produit 4 fois plus d'oxygène qu'un hectare de forêt et absorbe 4 fois plus de gaz carbonique. Cette plante purificatrice de l'air, qui verdit agréablement nos campagnes et embellit nos paysages en plein été, absorbe aussi des quantités importantes de nitrates pour grandir, contribuant ainsi à assainir le sol. Surtout, en se décomposant après la récolte, elle piège intensément le carbone dans la terre, contribuant ainsi à limiter l'effet de serre. Enfin, présent dans de très nombreux produits, biodégradable et renouvelable, le maïs intervient activement dans la chimie verte (AGPM, 2010).

## CHAPITRE II- MATERIEL ET METHODES

### 2-1- Présentation de la zone d'étude

#### 2-1-1- Le milieu d'étude

Le Bassin arachidier couvre l'ouest et le centre du pays, correspondant aux régions administratives de Louga, Thiès, Diourbel, Fatick et Kaolack et la nouvelle région de Kafrine. Il couvre le 1/3 de la superficie du Sénégal et abrite environ la moitié de la population (Dione *et al.*, 2008). Cette zone joue un rôle important dans l'économie nationale. Son poids démographique est significatif, sans oublier l'intensité des changements observés dans les exploitations agricoles et les communautés villageoises suite à la crise arachidière qui affecte la zone (Dione *et al.*, 2008).

La présente étude a été conduite dans le sud du Bassin arachidier (Figure 5). Cette zone sud du Bassin arachidier représente 19% de la population nationale dont les 82% sont des ruraux (Dione *et al.*, 2008). Les expérimentations ont été réalisées dans la station expérimentale de l'ISRA de Nioro du Rip. Certains relevés phytosociologiques ont été réalisés en milieu paysan dans quelques villages aux environs de 25 km de rayon au tour de Nioro du Rip.

Les exploitations paysannes sont constituées généralement par des champs de cases à proximité immédiate des habitations, des champs autour du village et des champs de brousse. Les champs de case constituent les zones de culture en continu bénéficiant régulièrement des apports d'ordures ménagères. C'est aussi le lieu de parcage nocturne des animaux domestiques : juments, ânes, petits ruminants (chèvres et moutons). Les champs autour du village et les champs de brousse, sont soit occupés par le mil, le sorgho, l'arachide soit par le maïs (Noba, 2002).

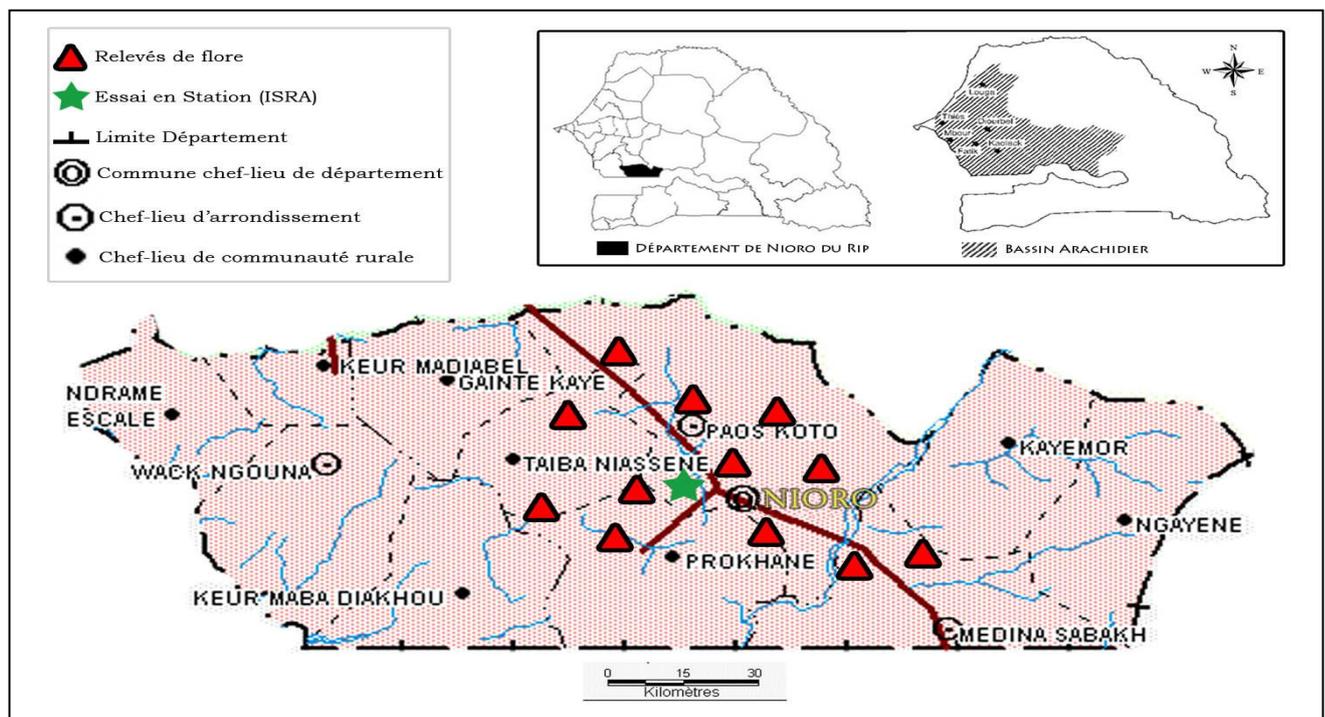


Figure 5: Localisation du site d'essai et des sites de relevés de flore

### **2-1-2- Les sols**

Les sols dans le bassin arachidier sont de deux types : les sols dior et les sols deck.

Les sols dior, sont des sols ferrugineux tropicaux constitués sur des dunes au modelé atténué. La caractéristique commune pour ces sols est leur faible teneur en argile dans les horizons de surface (Badiane *et al.*, 2000). Ce sont des sols sableux (85-95% de sables), sans drainage organisés, à profil homogène et à horizon humifère peu marqué (Charreau *et al.*, 1971, Cornet, 1980 ; Badiane *et al.*, 2000). Il couvre la majorité des surfaces cultivées.

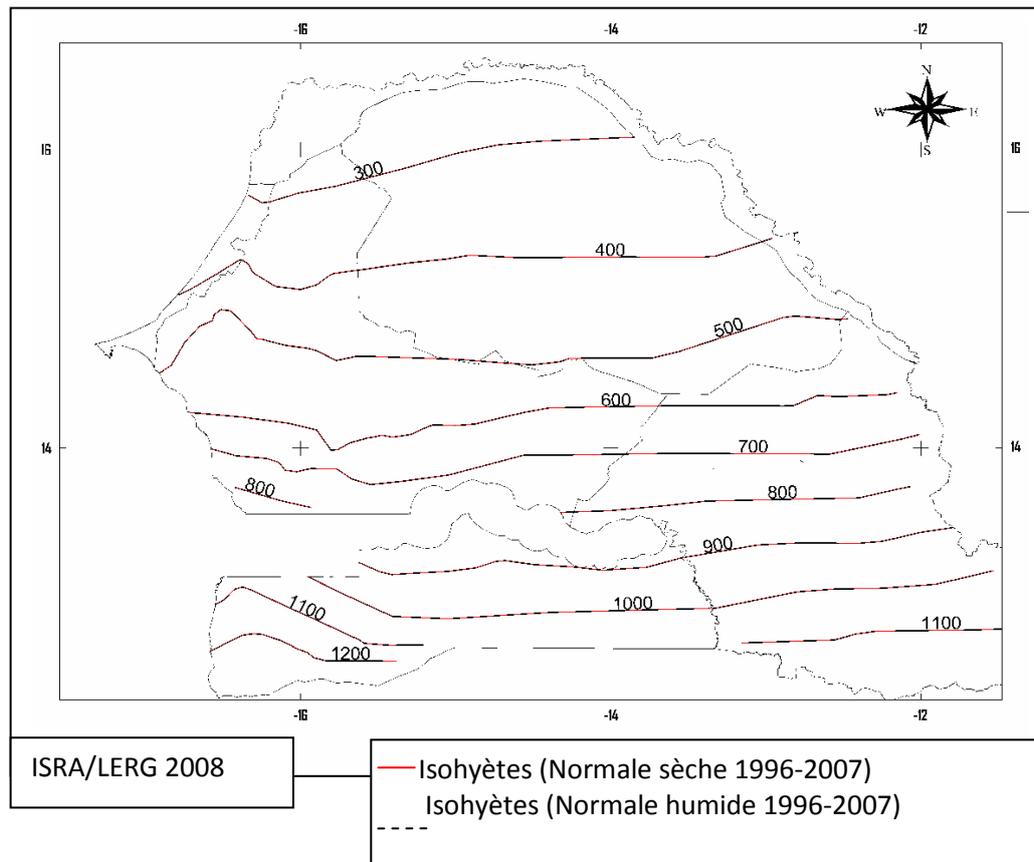
Dans les interdunes et dans quelques zones planes, se sont développés les deck, sols bruns callimorphes, peu évolués à hydromorphie temporaire de surface. Ils sont un peu plus argileux, avec des teneurs en argile allant de 5 à 12% (Noba, 2002). Ces sols deck sont mieux structurés que les sols dior, mais sont moins répandus et on y cultive de l'arachide, du sorgho, du maïs et du manioc (Anonyme, 2008).

Les sols du Bassin arachidier sont jugés pauvres dans leur ensemble (Charreau *et al.*, 1971 ; Diouf, 1990) et sont caractérisés par :

- une faible porosité, proche de la porosité texturale et peu favorable à l'enracinement des plantes cultivées;
- une capacité de rétention en eau limitée : 75 mm d'eau utile sur 1 m de profondeur (Dancette, 1979) ;
- une faible capacité d'échange et d'absorption ajoutée à une carence phosphatée généralisée et à une acidité fréquente ;
- un pic de minéralisation en début de saison pluvieuse, libérant une grande quantité d'azote minéral dans le profil, mais l'azote étant presque totalement lessivé d'une vingtaine de jours (Blondel, 1979).

### **2-1-3- Le climat**

Le climat, est de type sahélo-soudanien vers le sud avec des précipitations dont l'inégalité et la faiblesse s'accroissent du sud vers le nord. Le Bassin arachidier est compris entre les isohyètes 400-500 mm au nord à 800 à 900 mm au sud (Dancette, 1979). Les moyennes annuelles enregistrées des 10 dernières années varient de 400 à 800 mm (Dione *et al.*, 2008). Cette situation est due à un glissement des isohyètes vers le sud, entraînant ainsi une baisse de la pluviométrie et l'avancée de l'aridité (ISRA, 1996). Cette zone est caractérisée par deux saisons (une saison pluvieuse et une saison sèche). La spatialisation de cette moyenne pluviométrique récente (1996-2007) sur la carte des zones éco-géographiques, confirme le gradient Nord-Sud (figure 6).



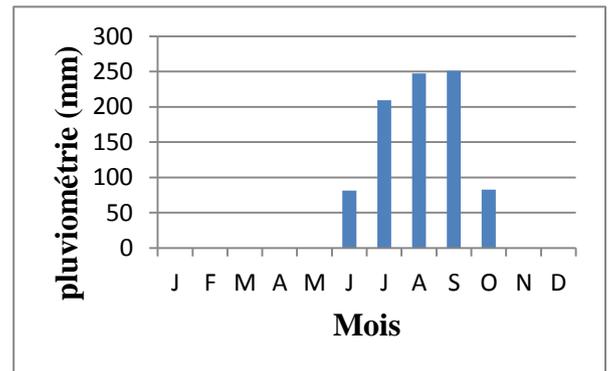
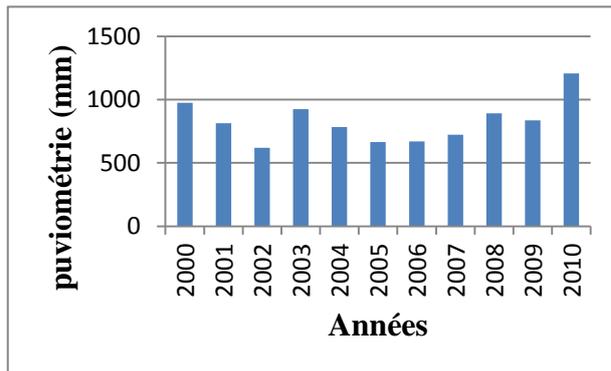
**Figure 6: Spatialisation de la pluviosité annuelle des six zones éco-géographiques du Sénégal (moyenne de 1996 à 2007)**

L'ensemble des données représentant la pluviométrie a été recueillie au niveau de la station météorologique de Nioro du Rip, installée dans la station de l'ISRA entre 2000 et 2010.

Au Sénégal, la saison pluvieuse (hivernage) dure de 3 à 5 mois. Elle commence de juin à septembre au sud et de juillet à septembre au nord. La quantité de pluies et leur répartition sont très variables d'une année à l'autre ou au cours d'une saison (Charreau *et al*, 1971). L'analyse de la moyenne pluviométrique de Nioro du Rip (2000 à 2010), présente une pluviométrie moyenne interannuelle de 828,12 mm. C'est une pluviométrie qui peut répondre aux exigences de la plupart des cultures de la zone. La variabilité interannuelle de cette période montre des années excédentaires par rapport à la moyenne interannuelle comme en 2009 (835,9 mm), 2008 (891,4 mm), 2003 (925,3 mm), 2000 (975,1 mm) et 2010 (1207,1 mm) et par des années déficitaires comme en 2002 (619,4 mm), 2005 (665,3 mm), 2006 (670,3 mm), 2007 (723,1 mm), 2004 (782,1 mm) et 2001 (814,2 mm). Les mois plus pluvieux sont respectivement septembre et août avec une moyenne mensuelle de 250,8 mm et 247,3 mm. Ces deux mois sont caractérisés par une pluviométrie souvent supérieure à une évapotranspiration potentielle journalière qui est réduite pendant la saison des pluies (Dancette, 1979). Pendant cette période, le bilan pluviométrique est excédentaire. Il en résulte un drainage important pouvant entraîner au-delà des racines, des éléments minéraux du sol comme les nitrates ou les cations, ou un ruissellement susceptible de provoquer l'érosion du sol. Ce dernier phénomène peut s'exercer ponctuellement, en fonction de l'intensité de la pluviométrie qui dépasse souvent la vitesse d'infiltration ou les capacités de rétention

hydrique du sol. L'érosion hydrique sévit surtout dans le Bassin arachidier où la pluviométrie est plus importante (Diouf, 1990). Les températures sont en moyenne plus faibles avec une moyenne minimale de 23,9°C en décembre (Guèye, 2004).

La saison sèche s'étend d'octobre / novembre à mai / juin. Les températures sont en moyenne plus élevées avec 30,1°C en mai ; l'air est sec, l'éclairement est important (Guèye, 2004). En avril/mai, l'ensemble du Bassin arachidier est souvent chaud et sec, avec des vents parfois violents qui provoquent une érosion éolienne. Ce phénomène est plus grave qu'à cette époque les paysans ont généralement commencé le sarclage des champs (Noba, 2002).



A - Variabilité interannuelle de la pluviométrie

B - Moyennes mensuelle de la pluviométrie

Figure 7: Variabilité interannuelle et moyenne mensuelle de la pluviométrie à Nioro du Rip (2000- 2010)

#### 2-1-4- La végétation

La végétation est caractéristique du domaine sahélo-soudanien. Elle est représentée par une forme dégradée des forêts denses sèches (Trochain, 1940). La strate ligneuse qui peut représenter jusqu'à 67% est marquée par la présence d'espèces telles que *Cordyla pinnata*, *Sterculia setigera*, sur les sols ferrugineux à concrétions et cuirasses, parfois en mélange avec *Faidherbia albida*, *Dichrostachys cinera*, *Parkia biglobosa*, *Adansonia digitata* et certaines espèces de *Combretum* (Akpo, 1998). On y rencontre aussi d'autres espèces telles que *Pterocarpum erinaceus* et *Anogeissus leiocarpus*, colonisant les sols ferrugineux lessivés sablo-argileux et hydromorphes à pseudogley (Noba, 2002). La végétation naturelle y est complètement transformée par les activités agricoles laissant la place à de vastes champs et parcours où s'installe une strate herbacée principalement constituée de Graminées, de Cypéracées, de Rubiacées et des Légumineuses annuelles qui présentent l'essentiel de la végétation des adventices actuelle (Noba & Bâ., 1998). Les espèces les plus communes sont représentées par les espèces des genres *Dactyloctenium*, *Digitaria*, *cenchrus*, *Pennisetum*, *Cyperus*, *Kylliga*, *Mitracarpus*, *Cassia*, *Indigofera* etc. Dans les bas-fonds, on rencontre principalement des espèces hygrophiles comme *Mitragyna inermis* (Noba, 2002). Il en résulte de la disparition de plusieurs espèces. Seul *Faidherbia albida* reste l'espèce la mieux protégée dans la zone du fait de ses multiples usages dans l'exploitation. L'état de dégradation de cette végétation est dû principalement à l'exploitation clandestine et abusive des produits forestiers, aux feux de brousse, à la sécheresse et aux pratiques culturales (Dione *et al.*, 2008).

## 2-2- Méthodes d'études et dispositifs expérimentaux

Les études ont été réalisées entre 2009 et 2011 au département de Nioro du Rip situé dans le sud du Bassin arachidier.

### 2-2-1- La préparation du sol

Le travail du sol s'est fait en plusieurs étapes :

- ratissage de la surface à labourer pour dégager les débris de tiges des herbes et ceux de la précédente culture ;
- labour à l'aide d'un tracteur mécanique muni de disques pour retourner la terre jusqu'à une profondeur de 10-20 cm et détruire les adventices ;
- hersage pour enlever les tiges des herbes et /ou celles de la précédente culture fragmentées lors du labour ;
- rayonnage pour assurer un bon semis en ligne.

### 2-2-2- Le matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué de graines de Maïs (*Zea mays* L. var. early thaï). Cette variété a été utilisée en raison de sa nature génétique composite très productive en zone de savane : en culture pluviale et comme culture irriguée. La description du matériel végétal est résumée dans le tableau suivant.

**Tableau 6: Description du matériel végétal (sources Ndiaye, Sd)**

<b>Variété early thaï synonyme Nioro 96</b>	
Nature génétique	Composite
Origine géographique	Thaïlande
Année d'introduction	1990
<b>Caractères de la plante</b>	
Hauteur	160 cm
Hauteur de l'épi	80 cm
Recouvrement des spathes	Bon
Cycle de semi-maturité	90 jours
<b>Caractères du grain</b>	
Couleur	Jaune
Type	Cornée
<b>Rendement en milieu contrôlé</b>	
Minimum	2 - 3 t/ha
Maximum	3 - 4 t/ha
<b>Caractères agronomiques</b>	
Niveau d'intensification	Moyenne
Aire de culture recommandées	Secteur centre sud, Sénégal oriental, Casamance et zone irriguée
<b>Comportement face aux accidents en culture et aux maladies</b>	
Cassure de la tige	Résistance moyenne
Helminthosporiose	Peu sensible

*Liste de quelques variétés du maïs cultivées au Sénégal :*

**1 -Synthétic C ?**

**2- JDB (Jaune Denté de Bambey) ou CAMARA I**

Origine : ISRA/CNRA – Bambey/Sénégal

Cycle de maturation : 81 à 90 jours

Rendement potentiel : 3 à 5 t/ha

**3-EVCJ (Variété Composite Elite Jaune)**

Origine : ISRA/CNRA - Bambey/Sénégal

Cycle de maturation : 81 à 100 jours

Rendement potentiel : 4 - 5 t/ha

**4-HVB1 (Hybride Variétal de Bambey 1)**

Origine : ISRA/CNRA - Bambey/Sénégal

Cycle de maturation : 100 jours

Rendement potentiel : 4 - 5 t/ha

**5-BDS III (Blancs de Séfa III)**

Origine : ISRA/Station de Séfa – Sénégal

Cycle de maturation : 85 à 90 cm

Rendement potentiel : 4 à 5 t/ha

**6-CP 75 (Composite Précoce 75)**

Origine : ISRA/CNRA – Bambey/Sénégal

Cycle de maturation : 75 cm

Rendement potentiel : 1,5 à 3 t/ha

**7-MAKA**

Origine : Mauritanie - Le long du Fleuve Sénégal

Cycle de maturation : 80 à 85 cm

Rendement potentiel : 3 à 6 t/ha

**8-JEKA**

Origine : République de Gambie

Cycle de maturation : 90 à 95 jours

Rendement potentiel : 2 - 4 t/ha

**9-Accross 7728**

Origine : Keur Samba Guèye/Sénégal

Cycle de maturation : 90 à 100 jours

Rendement potentiel : 4 - 5 t/ha

**10-Early Thai**

Origine : Thaïlande

Cycle de maturation : 75 - 90 jours

Rendement potentiel : 4 - 6 t/ha

**11-Pool 16 Goussou**

Origine : ITA/SAGRAD (Nigéria)

Cycle de maturation : 80 - 85 jours

Rendement potentiel : 3 - 5 t/ha

**12-QPM I**

Origine : ISRA/CNRA – Bambey/Sénégal

Cycle de maturation : 90 jours

Rendement potentiel : 4 - 6 t/ha

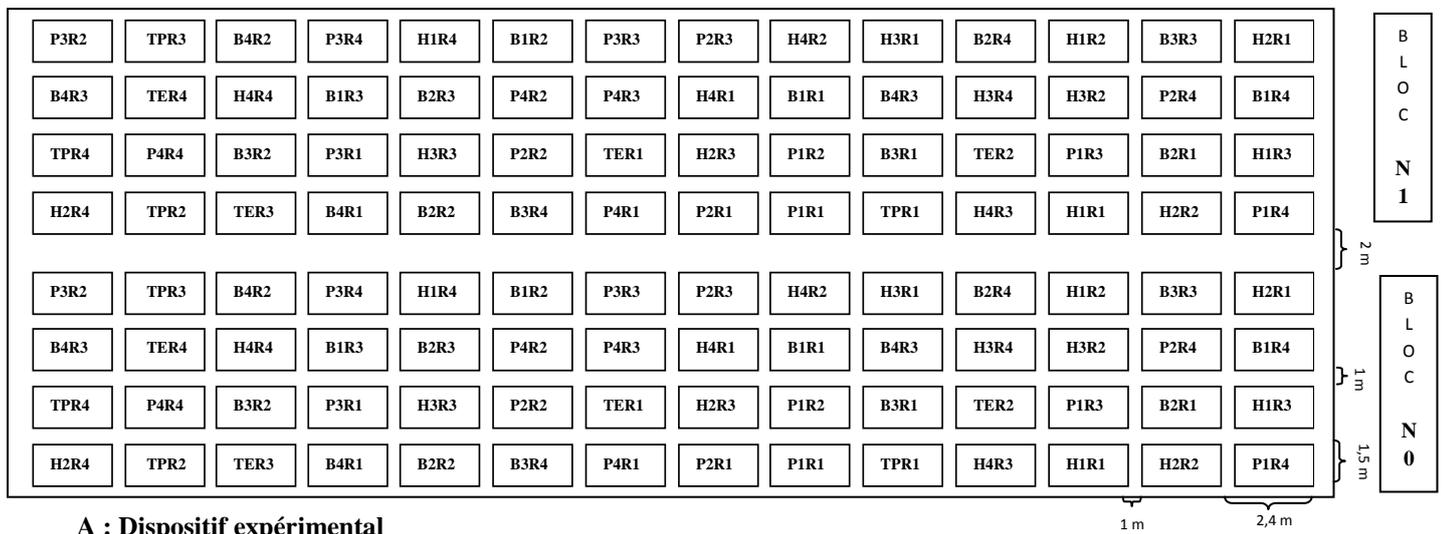
### 2-2-3- Le dispositif expérimental

L'essai est mis en place dans une parcelle expérimentale de la station de recherche de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles à Nioro (14° 08 de latitude et 16° 04 de longitude ouest).

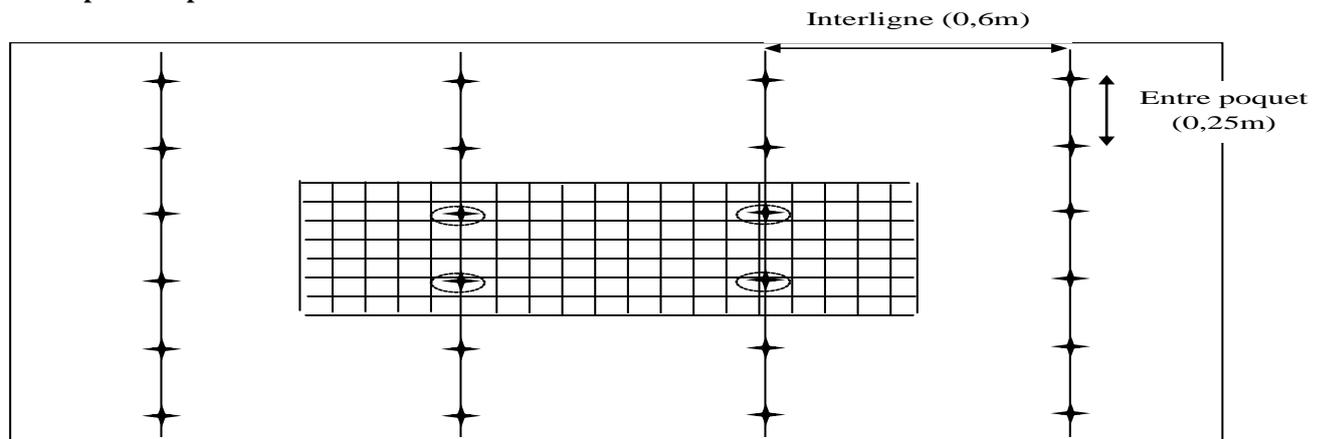
Le dispositif expérimental est un split-plot avec 2 blocs (N0 et N1) complètement randomisés où le facteur principal est la fertilisation azotée et le facteur secondaire la date de binage. Le plan d'expérimentation en station est constitué de 112 parcelles élémentaires, c'est-à-dire 2 (N0 et N1) x 14 (Conditions de binages) x 4 répétitions (Fig. 8). L'espace entre parcelles est de 1 m ; la distance entre blocs est de 2 m tandis que les bordures sont de 1 m.

Chaque parcelle élémentaire est un rectangle qui contient : 4 lignes de maïs à raison de 6 pieds par ligne aux écartements de 25 cm soit une surface de 3 m<sup>2</sup> de la parcelle élémentaire.

Le semis du maïs se fait, après une bonne pluie environ 25 mm. Il s'agit d'un semis manuel en poquet avec 2 à 3 graines par poquet à une profondeur de 2 à 4 cm. Le démariage à 1 pied, est effectué au 15<sup>ème</sup> jour après le semis.



A : Dispositif expérimental



B : Parcelle élémentaire



Pieds maïs



Surface utile (4 pieds de mesure)



Pieds maïs mesurés (paramètres de croissance et de rendement)

Figure 8: A- Dispositif expérimental, B-Parcelle élémentaire

**Bi** = désherbage ; **Hi** = enherbement ; **Pi** = pratiques agricoles ; **Ri** = répétitions ; **i** = 1, 2, 3 et 4

### **2-2-4- L'étude de la flore**

Ce présent travail a consisté à faire des inventaires floristiques dans des parcelles expérimentales de la station de l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA) et dans les exploitations paysannes autour de Nioro, au Nord sur l'axe Nioro-Kaolack (Ndinguiraye, Paoskoto), au Sud sur l'axe Nioro-Keur Ayib (Ndiba Ndiayenne), à l'Ouest sur l'axe Nioro-Porokhane et l'Est (Darou Salam).

Les relevés ont été effectués tous les 15 jours environ du début à la fin de la saison des pluies en utilisant des fiches de relevés (Annexe 1) renfermant un ensemble de paramètres écologiques et phytosociologiques (Gounot, 1969) à remplir.

La technique du « tour de champ », qui a paru plus exhaustive a été utilisée dans ce travail. Elle consiste à parcourir les parcelles dans différentes directions et à inventorier toutes les espèces sur la surface d'observation.

Le nom de chacune des espèces notées dans la liste, est affecté d'un coefficient d'abondance-dominance selon l'échelle de Braun-Blanquet (1952) :

- 5** : Nombre d'individus quelconque, recouvrant plus des **3/4** de la surface prospectée,
- 4** : Nombre d'individus quelconque, recouvrant de la **1/2** au **3/4** de la surface,
- 3** : Nombre d'individus quelconque, recouvrant du **1/4** à la **1/2** de la surface,
- 2** : Individus nombreux ou recouvrant au moins **5%** de la surface,
- 1** : Individus peu nombreux avec un recouvrement faible, inférieur à **5%** de la surface,
- +** : Un seul individu ou individus très peu nombreux avec un recouvrement insignifiant,
- R** : Individus rares ou isolés  $\approx 0$

Dans cette caractérisation de la flore, nous n'avons pas tenu compte des arbres (phanérophytes) volontairement conservés par les paysans sauf lorsque l'espèce se présente sous forme d'arbustes adventices (nanophanérophytes) (Noba, 2002).

Certaines plantes observées n'ont pas pu être déterminées immédiatement. Un code provisoire a été attribué à ces plantes. Elles ont été mises sous presse et ont été déterminées à l'herbier de Dakar. Les déterminations des espèces ont été effectuées à l'aide :

- des flores (Hutchinson *et al.*, 1958 ; Berhaut, 1967, 1971-1991 ; Merlier & Montegut, 1982 ; Le Bourgeois & Merlier, 1995 ;
- des travaux du Laboratoire de Botanique et Biodiversité (LBB) du Département de Biologie Végétale de la Faculté des Sciences et Techniques (FST) de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD) : (Noba & Bâ, 1992 ; Noba *et al.*, 1994, 2004 ; Noba, 2002 ; Sambou, 2000 ; Mbaye *et al.*, 2001 ; Sarr *et al.*, 2007 ; Bassène, 2008) ;
- des échantillons des Herbiers de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire (IFAN) et de Dakar du Département de Biologie Végétale de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

La nomenclature employée est celle de Lebrun & Stork (1991-1997).

Pour les types biologiques, nous avons utilisé la classification de Raunkier (1934) adaptée à la zone tropicale où la saison défavorable correspond à la saison sèche (Trochain, 1966 ; Lebrun, 1966). Cette classification distingue 6 formes biologiques qui sont : les nanophanérophytes (P), les chaméphytes (C), les hémicryptophytes (H), les géophytes (G), les thérophytes (T) et les plantes parasites (Par.).

Pour la répartition géographique, les informations proviennent essentiellement de la flore de Hutchinson & Dalziel (1972), des travaux de Traore & Maillet (1992) et de Poilecot (1995 et 1999).

Pour évaluer la nuisibilité exercée par les adventices sur le maïs, l'indice partiel de nuisibilité (I.P.N.) des espèces a été calculé selon la formule suivante (Bouhache *et al.*, 1984).

Indice partiel de nuisibilité (I.P.N.) = (somme des recouvrements moyens / F.A.) \*100

F.A. = fréquence absolue (nombre de relevés où l'espèce est présente).

Dans cette étude, les espèces ayant une fréquence relative inférieure à 20% ne sont pas prises en compte.

### **2-2-5- L'étude de la concurrence**

#### **Traitements**

Pour cette étude, les traitements sont effectués en fonction de 2 facteurs (Fig. 8):

- la fertilisation,
- les dates de binages.

#### **Pour la fertilisation, 2 conditions ont été réalisées :**

- 1- N0, condition non azotée
- 2- N1, condition azotée (urée).

Trois applications ont été réalisées: une avec du NPK à raison de 200 kg/ha juste avant semis, deux avec l'urée en granulé à raison de 100 kg/ha en 2 épandages à la 4<sup>ème</sup> semaine et à la 6<sup>ème</sup> semaine après semis.

#### **Pour les dates de binage, les traitements suivants sont réalisés**

4 traitements de désherbage (B1, B2, B3, B4) dans lesquels une fois que la culture est binée, elle sera maintenue propre jusqu'à la récolte.

- B1 : enherbé entre le semis et le 15<sup>ème</sup> jour et maintenu propre jusqu'à la récolte.
- B2 : enherbé entre le 15<sup>ème</sup> et le 30<sup>ème</sup> jour et maintenu propre jusqu'à la récolte.
- B3 : enherbé entre le 15<sup>ème</sup> et le 45<sup>ème</sup> jour et maintenu propre jusqu'à la récolte.
- B4 : enherbé entre le 15<sup>ème</sup> et le 60<sup>ème</sup> jour et maintenu propre jusqu'à la récolte.

4 traitements d'enherbement (H1, H2, H3, H4) où la culture est maintenue propre au début puis laissée enherbée jusqu'à la récolte.

- H1 : maintenu propre pendant les 15 premiers jours puis laissé enherbé jusqu'à la récolte.
- H2 : maintenu propre pendant les 30 premiers jours puis laissé enherbé jusqu'à la récolte.
- H3 : maintenu propre pendant les 45 premiers jours puis laissé enherbé jusqu'à la récolte.
- H4 : maintenu propre pendant les 60 premiers jours puis laissé enherbé jusqu'à la récolte.

4 traitements de pratiques agricoles (P1, P2, P3, P4) dans lesquels sont réalisés des désherbages alternatifs.

- P1 : 2 désherbages au 15<sup>ème</sup> et 30<sup>ème</sup> jour.
- P2 : 2 désherbages au 15<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour.
- P3 : 2 désherbages au 15<sup>ème</sup> et 60<sup>ème</sup> jour.
- P4 : 2 désherbages au 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour.

2 traitements témoins :

- 1 témoin propre (TP) qui est maintenu propre jusqu'à la récolte.
- 1 témoin enherbé (TE) qui est laissé enherbé jusqu'à la récolte.

Les traitements de désherbage (Bi) et d'enherbement (Hi) permettent de déterminer la date et la période critique de concurrence (Niéto *et al.*, 1968) et incluent les témoins (TP et TE).

La détermination de cette période critique de concurrence répond à des préoccupations : la levée massive de l'adventice dominante où le recouvrement de la culture par une flore adventice diversifiée se produit pendant un temps variable et il est nécessaire de savoir quel est le meilleur moment pour traiter (Caussanel *et al.*, 1986).

Les résultats recueillis des traitements de désherbages (Bi), permettent de déterminer la concurrence précoce (Caussanel *et al.*, 1986).

Les résultats obtenus des traitements d'enherbement (Hi), permettent de déterminer la concurrence tardive (Caussanel *et al.*, 1986).

En reportant les deux courbes sur un même graphique, la période critique apparaît entre le seuil concurrence précoce et seuil de concurrence tardive.

Les de pratiques agricoles (Pi), en plus de certains traitements de désherbage et d'enherbement, permettent de proposer un calendrier de désherbage adapté à la culture du maïs (Caussanel *et al.*, 1986).

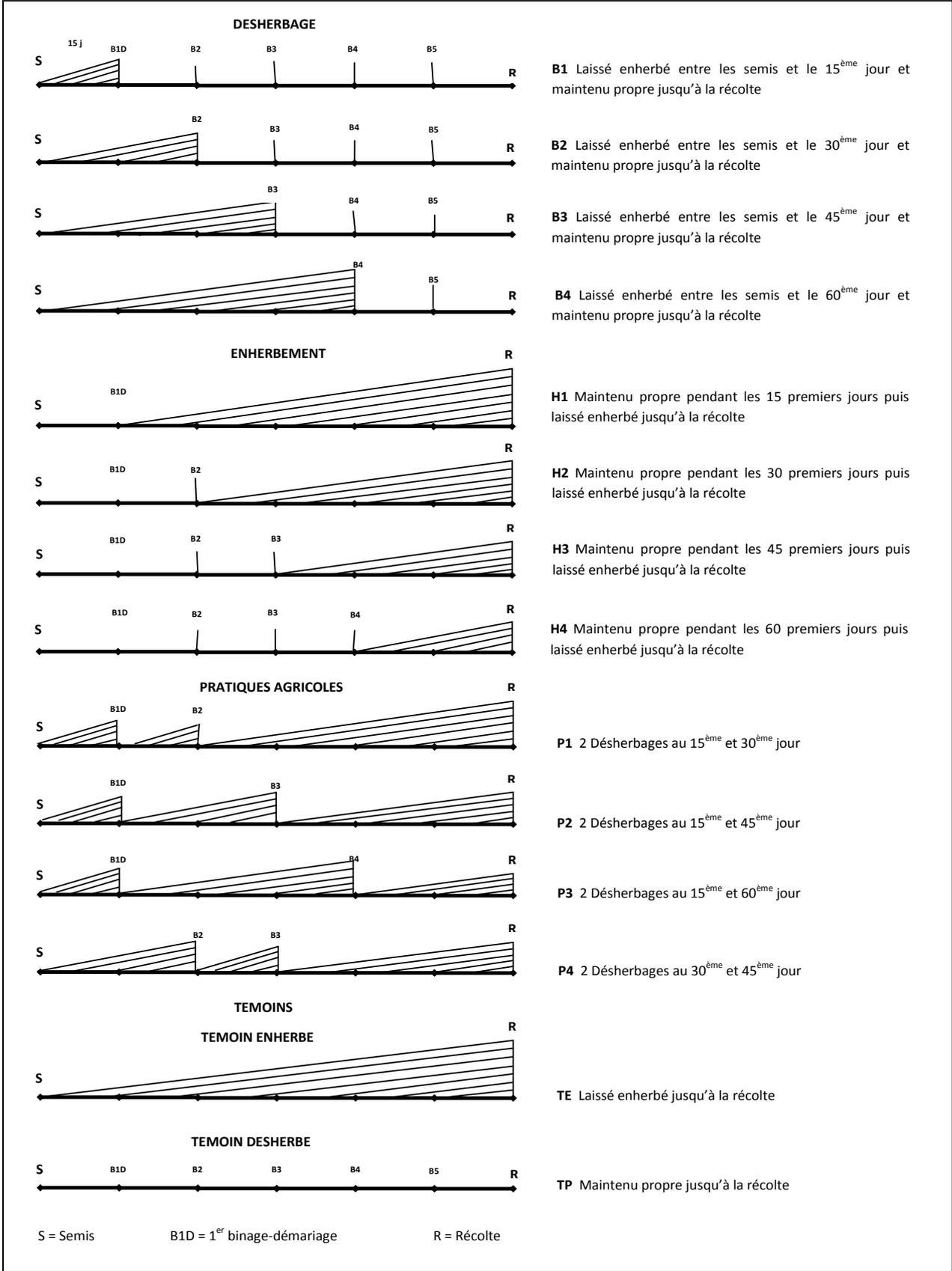


Figure 9: Différentes conditions de binage

### 2-2-6- Les observations et les mesures

Les observations et mesures suivantes sont effectuées sur le maïs :

- Les paramètres de croissance : hauteur de la plante (H. P.), nombre de feuilles (N.F.), circonférence de la tige au collet (C.T), longueur de la feuille sous épi (L.F.S.E.), longueur avant insertion de l'épi (L.A.E.),
- les paramètres de rendement : longueur de l'épi (L.E.), circonférence de l'épi (C.E), poids de l'épi (P.E.), nombre de graines par épi (N.G.E.), poids de 100 graines (P.C.G.), poids total des graines de l'épi (P.G.E.),
- le rendement en graines de maïs (R.D.T)

La récolte a été faite sur la base de quatre (4) plantes par répétition et mises dans des sacs en poly-éthylène identifiés séparément. Après la récolte, les mesures portant sur les composants du rendement sur les épis et graines ont été effectuées.

Pour le rendement, au moyen d'une balance mécanique de précision, les graines des épis des quatre pieds récoltés dans chaque répétition sont pesées. Le rendement est calculé à partir de la formule suivante.

$$\text{RDT} = [(\text{NGT} \cdot \text{PMG}) / \text{SCR}] \times 10000$$

RDT = rendement, NGT = Nombre total de graines, PMG = Poids moyen de la graine, SCR = Surface du carré de rendement.

Le rendement est transformé en pourcentage par rapport au témoin maintenu propre depuis le semis jusqu'à la récolte dans chaque condition de fertilisation (Caussanel *et al.*, 1986).

La détermination de la période critique se base sur un pourcentage d'un niveau de perte de rendement acceptable. Un niveau de perte de 5% est généralement utilisé dans les études de période critique de désherbage du maïs (Dôgan *et al.*, 2004 ; Norsworthy & Oliveira, 2004 ; Lôpez-Ovejero *et al.*, 2005). La période critique de désherbage du maïs à des niveaux de pertes de 2,5% et de 10% a été également établie par Halford *et al.* (2001) et Lôpez-Ovejero *et al.* (2005).

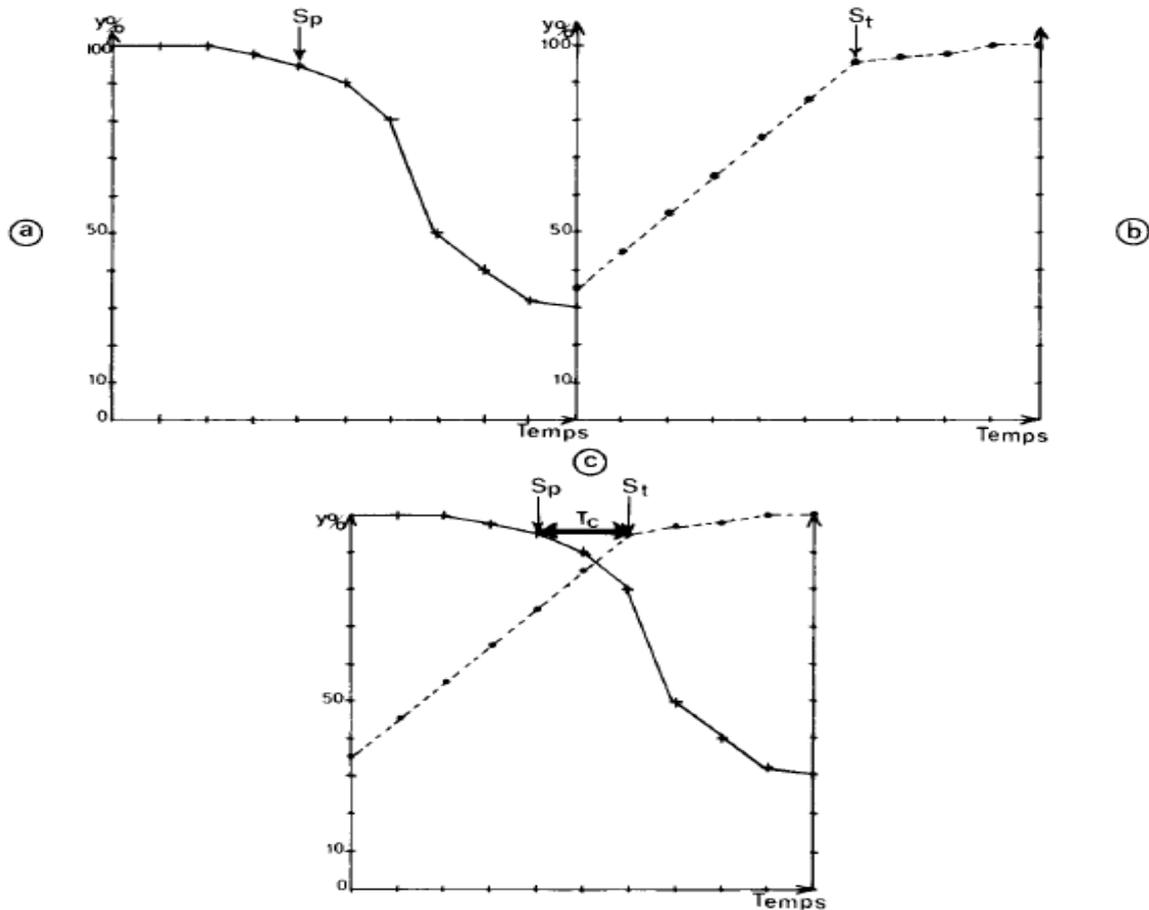
La méthode consiste à utiliser les résultats de deux expériences complémentaires afin de tracer deux courbes de d'évolution de rendement en fonction de la durée de la concurrence.

La première expérience consiste à laisser se développer les adventices pendant des périodes de plus en plus longues avant de les éliminer mécaniquement ou chimiquement (Fig. 10a) ; la concurrence précoce est ainsi mesurée pour différentes périodes depuis la levée et un seuil de concurrence précoce (Sp) est établi.

La seconde expérience a pour objectif de maintenir propre la culture depuis la levée jusqu'à des dates de plus en plus reculées dans le temps (Fig.10b) : un seuil de concurrence tardive (St) est alors déterminé.

En reportant les deux courbes sur le graphique, la période critique (Tc) apparaît entre Sp et St (Fig.10c) (Caussanel, 1989).

Pour la réalisation des courbes, tous les résultats présentés ont été exprimés en pourcentage (Y%) par rapport au rendement du témoin sans adventice qui a reçu la valeur 100 (Caussanel *et al.*, 1986).



**Figure 10: Détermination de la période critique (d'après Nieto *et al.*, 1968 et Dawson, 1986).** a-Relation entre le rendement (en%) et la durée d'enherbement (exprimée en temps). Sp = seuil de concurrence précoce. b-Relation entre le rendement (en%) et la durée désherbage (exprimée en temps). St = seuil de concurrence tardive. c-Relation entre le rendement (en%) et la période après levée exprimée en temps). Tc = période critique

### 2-2-7- Les traitements statistiques

Les analyses de variance à 2 facteurs pour les paramètres mesurés et le rendement seront utilisées ainsi que la comparaison des moyennes à l'aide du test de Newman-Keuls à l'aide logiciel Xlstat.Ink. Les lettres **a, b, c, d, e, f...** indiquent les ensembles de comparaison des moyennes significativement différentes.

Le test est :

- très significatif (\*\*\*) si  $p < 0,0001$
- significatif (\*\*) si  $0,0001 < p < 0,001$
- peu significatif (\*) si  $0,001 < p < 0,05$
- non significatif (NS) si  $p > 0,05$

L'Analyse des Composants Principaux (ACP) a été réalisée par le logiciel SPAD 4.5.

## 2-2-8- Le calendrier des opérations culturales en fonction de l'année

Pour ces années d'expérimentation, le calendrier et la nature des opérations culturales en station en fonction de l'année et de la culture, sont indiqués dans le tableau suivant.

**Tableau 7 : Calendrier des opérations culturales en fonction de l'année**

Année d'expérimentation	2009	2010	2011
Nature et dates des opérations			
Préparation du sol	13/07	11/07	09/07
Semis (après une pluie d'environ 25 mm)	16/07	16/07	13/07
Levée du maïs	21/07	21/07	18/07
1 <sup>er</sup> sarclage après semis (Binage démariage)	02/08	04/08	02/08
2 <sup>ème</sup> sarclage après semis	16/08	19/08	17/08
1 <sup>ère</sup> Fertilisation	16/08	19/08	17/08
3 <sup>ème</sup> sarclage après semis	31/08	03/09	01/09
2 <sup>ème</sup> Fertilisation	31/08	03/09	01/09
4 <sup>ème</sup> sarclage après semis	14/09	17/09	15/09
5 <sup>ème</sup> sarclage après semis	30/09	02/10	30/09
Récolte	10/10	12/10	07/10

# CHAPITRE III- FLORE ADVENTICE DU MAÏS : STRUCTURE ET NUISIBILITE DES ESPECES

## 3-1- Introduction

La flore adventice des cultures vivrières dans le Bassin arachidier a fait l'objet de plusieurs études. Les études ont surtout porté sur la flore adventice du mil et de l'arachides (Noba, 2002) et la flore des cultures associées mil/Niébé (Mbaye, 2013). Toutefois, la flore adventice du maïs notamment la structure, la nuisibilité des espèces ont fait peu d'études. Or, la connaissance de la structure de la flore adventices et de son évolution avec les pratiques culturales du maïs est nécessaire pour la mise au point de stratégies efficaces de lutte. Ainsi, le présent travail envisage de caractériser la flore adventice du maïs dans le sud du Bassin arachidier. Il se propose d'analyser la composition de la flore adventice, d'établir les spectre taxonomique, biologique et chorologique et d'apprécier la nuisibilité des espèces inventoriées.

## 3-2- Résultats

### 3-2-1- Analyse de la flore

#### 3-2-1-1- Structure globale de la flore

Le tableau 8 représente la liste globale des espèces rencontrées au cours de cette étude. Chaque espèce est définie par sa présence, son type biologique et sa répartition géographique. Cette liste nous a permis d'établir la structure de la flore des adventices de culture du maïs au sud du Bassin arachidier (tableau 9).

**Tableau 8: Liste des espèces recensées avec des indications sur leur type biologique (T.B) et leur répartition géographique (R.G)**

Familles	Espèces	T.B	R.G
<i>Acanthaceae (D)</i>	<i>Peristrophe bicalyculata</i> (Retz) Nees.	T	AS
<i>Aizoaceae (D)</i>	<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	T	Pt
<i>Amaranthaceae (D)</i>	<i>Achyranthes aspera</i> L.	T	Cosm
	<i>Alternanthera repens</i> (L.) Link	T	Amu
	<i>Amaranthus hybridus</i> subsp. <i>Cruentus</i> (L.) Thell.	T	Pt
	<i>Amaranthus viridis</i> L.	T	Pt
	<i>Celosia trigyna</i> L.	T	As
	<i>Pandiaka involucrata</i> (Moq.) Hook.	T	Af
<i>Apocynaceae-Asclepiadoideae (D)</i>	<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne.	T	Af
<i>Asteraceae (D)</i>	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	T	Pt
	<i>Blainvillea gayana</i> Cass.	T	Af
<i>Commelinaceae (M)</i>	<i>Commelina benghalensis</i> L.	T	As
	<i>Commelina forskalii</i> Vahl.	T	Mas
	<i>Commelina gambiae</i> (C.B. Clarke)	T	Mas
<i>Convolvulaceae (D)</i>	<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk.	T	Mas
	<i>Ipomoea coptica</i> (L.) Roth.	T	Asu
	<i>Ipomoea eriocarpa</i> R. Br.	T	Masu
	<i>Ipomoea heterotricha</i> F. Didr	T	Asu
	<i>Ipomoea pes-tigridis</i> L.	T	Asu

		<i>Ipomoea vagans</i> Bak.	T	Af
		<i>Jacquemonthia tamnifolia</i> (L.) Griseb.	T	Am
		<i>Merremia aegyptiaca</i> (L.) Urban.	T	Af
		<i>Merremia kentrocaulos</i> (C.B.Cl.) Rendle.	T	Af
		<i>Merremia pinnata</i> (Hochst.) Hallier.	T	Af
		<i>Merremia tridentata</i> (L.) Hall.	T	Af
<i>Cucurbitaceae</i> (D)		<i>Citrilus lanatus</i> (Thunb.)Matsumara	T	Cosm
		<i>Ctenolepis cerasiformis</i> (Stocks) Naud.	T	As
		<i>Cucumis melo</i> L.	T	As
		<i>Mukina maderaspatana</i> (L.) Roem.	T	Asu
<i>Cyperaceae</i> (M)		<i>Cyperus amabilis</i> Vahl.	T	Pt
		<i>Cyperus cuspidatus</i> Kunth.	H	Pt
		<i>Cyperus esculentus</i> L.	G	Cosm
		<i>Cyperus iria</i> L.	T	Pt
		<i>Cyperus pustulatus</i> Vahl.	T	Af
		<i>Cyperus sphacelatus</i> Rottb.	T	Pt
		<i>Fimbristylis exilis</i> (Kunth) Roem.&Schult.	T	Pt
		<i>Fimbristylis hispidula</i> (Vahl) Kunth	T	Af
		<i>Kyllinga pumilla</i> Mich.	H	Af
		<i>Kyllinga squamulata</i> Thon.et Vahl.	T	AmAs
		<i>Mariscus squarrosus</i> (L.) C.B.Clarke	T	Pt
<i>Dioscoreaceae -Taccoideae</i> (M)		<i>Tacca involucrata</i> Schum. & Thonn.	G	Af
<i>Euphorbiaceae</i> (D)		<i>Chrozophora senegalensis</i> (Lam.) A. Juss.	T	Af
		<i>Euphorbia hirta</i> L.	T	Pt
<i>Fabaceae</i> (D)	<i>Caesalpinioideae</i>	<i>Cassia absus</i> L.	T	Af
		<i>Cassia obtusifolia</i> L.	T	Pt
		<i>Cassia occidentalis</i> L.	T	Pt
	<i>Faboideae</i>	<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schumach.) Léonard	T	Pt
		<i>Crotalaria glaucoides</i> Bak.	T	Af
		<i>Crotalaria goreensis</i> Guill.et Perr.	T	Af
		<i>Crotalaria perrottetii</i> Guill.et Perr.	T	Af
		<i>Crotalaria retusa</i> L.	T	Pt
		<i>Indigofera astragalina</i> DC.	T	Af
		<i>Indigofera dendroides</i> Jacq.	T	Af
		<i>Indigofera hirsuta</i> L.	T	Amu
		<i>Indigofera pilosa</i> Poir.	T	Af
		<i>Indigofera priureana</i> G. et Perr.	T	Af
		<i>Indigofera senegalensis</i> Lam.	T	Af
		<i>Indigofera stenophylla</i> G. et Perr.	T	Af
		<i>Indigofera tinctoria</i> L.	T	Asu
		<i>Sesbania pachycarpa</i> DC.	P	Asu
		<i>Stylosanthes fruticosa</i> (Retz.) Alton	T	Af
		<i>Tephrosia bracteolata</i> Guill. et Perr.	T	Af
		<i>Tephrosia linearis</i> (Willd) Pers	T	Af
		<i>Tephrosia pedicellata</i> Back.	T	Af
		<i>Zornia glauchildiata</i> Reichb. ex DC	T	Pt
<i>Icacinaceae</i> (D)		<i>Icacina senegalensis</i> A. Juss	G	Af
<i>Lamiaceae</i> (D)		<i>Hyptis spicigera</i> Lam.	T	AmAs

		<i>Hyptis suaveonlens</i> (L.) Poit.	T	AmAs
		<i>Leucas martinicensis</i> (Jacq.) R. Br.	T	Pt
		<i>Ocimum canum</i> Sims.	T	Amu
<i>Liliaceae</i> (M)		<i>Scilla sudanica</i> A. Chev.	G	Af
<i>Malvaceae</i> (D)	<i>Malvoideae</i>	<i>Hibiscus asper</i> Hook. F.	T	Af
		<i>Hibiscus diversifolius</i> Jacq.	T	Af
		<i>Hibiscus physaloides</i> G. et Perr.	T	Af
		<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	T	Af
		<i>Sida alba</i> L.	T	Pt
		<i>Sida rhombifolia</i> L.	T	Pt
		<i>Sida stipulata</i> Cav.	T	Pt
		<i>Sida urens</i> L.	T	Pt
	<i>Sterculioideae</i>	<i>Walteria indica</i> L.	C	Pt
	<i>Tilioideae</i>	<i>Corchorus tridens</i> L.	T	Asu
		<i>Triumfetta pentandra</i> A. Rich.	T	Pt
		<i>Corchorus olitorus</i> L.	T	Pt
<i>Nyctaginaceae</i> (D)		<i>Boerhavia diffusa</i> L.	T	Pt
		<i>Boerhavia erecta</i> L.	T	Pt
<i>Pedaliaceae</i> (D)		<i>Ceratotheca sesamoides</i> Endl.	T	Af
		<i>Sesamum indicum</i> L.	T	Af
		<i>Sesamum radiatum</i> Schum. Et Thonn.	T	Af
<i>Poaceae</i> (M)		<i>Andropogon gayanus</i> Kunth.	H	Af
		<i>Brachiaria deflexa</i> (Schumach.) Hubb.	T	Mas
		<i>Brachiaria lata</i> (Schumach.) Hubb.	T	Pt
		<i>Brachiaria ramosa</i> (L.) Stapf	T	Asu
		<i>Brachiaria stigmatifera</i> Stapf.	T	Af
		<i>Brachiaria villosa</i> (Lam.) A. Camus	T	Pt
		<i>Brachiaria xantholeuca</i> (Hack) Stapf	T	Pt
		<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	T	As
		<i>Chloris pilosa</i> Schum. Et Thonn	T	As
		<i>Cynodon dactylon</i> Pers.	H	Cosm
		<i>Dactyloctenium aegyptium</i> Beauv.	T	Pt
		<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	T	Pt
		<i>Echinocloa colona</i> (L.) Link	T	Pt
		<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	T	Pt
		<i>Eragrostis cilianensis</i> Lutati.	T	Pt
		<i>Eragrostis ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i> (L.) R. Br.	T	Pt
		<i>Eragrostis pilosa</i> (L.) P. Beauv.	T	Cosm
		<i>Eragrostis tenella</i> Roem. et Sch.	T	Af
		<i>Eragrostis tremula</i> Steud.	T	As
		<i>Eragrostis turgida</i> De Wild.	T	Asu
		<i>Hackelochloa granularis</i> O. Kze	T	Pt
		<i>Panicum laetum</i> Kunth.	T	Af
		<i>Paspalum scrobiculatum</i> L.	H	Mas
		<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.	T	Asu
		<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult.	T	Asu
		<i>Sporobolus microprotus</i> Stapf	T	Af
<i>Portulacaceae</i> (D)		<i>Portulaca oleracea</i> L.	T	Cosm

<i>Rubiaceae (D)</i>	<i>Kohautia senegalensis</i> Cham. & Sch.	T	Af
	<i>Mitracarpus villosus</i> (Sw.) DC.	T	AmAs
	<i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	T	Pt
	<i>Spermacoce chaetocephalla</i> DC.	T	Af
	<i>Spermacoce radiata</i> (DC.) Sieb. Ex Hiern.	T	Af
	<i>Spermacoce ruellie</i> DC.	T	Af
	<i>Spermacoce stachydea</i> (DC.) Hutch. Et Dalz.	T	Af
<i>Scrophulariaceae (D)</i>	<i>Striga gesnerioides</i> (Willd) Vatke.	Par	Pt
	<i>Striga hermonthica</i> (Del.) Benth.	Par	Mas
<i>Solanaceae (D)</i>	<i>Physalis angulata</i> L.	T	Cosm
	<i>Physalis micrantha</i> Link.	T	Pt
<i>Vitaceae (D)</i>	<i>Ampelocissus pentaphylla</i> (Guill.& Perr.).	H	Af
<i>Zygophyllaceae (D)</i>	<i>Tribulus terrestris</i> L.	T	Cosm

**D** = Dicotylédones ; **M** = Monocotylédones

Thérophytes (**T**) ; Hémicryptophytes (**H**) ; Géophytes (**G**) ; Parasites (**Par**) ; Chaméphytes (**C**) ; Phanérophytes (**P**)

Africaines (**Af**) ; pantropicales (**Pt**) ; australiennes (**Asu**) ; asiatiques (**As**) ; cosmopolites (**Cosm**) ; afro- malgaches et asiatiques (**Mas**) ; américaines et asiatiques (**AmAs**) ; américaines (**Am**) ; afro- malgaches asiatiques et australiennes (**Masu**)

**Tableau 9 : Structure de la flore des adventices des cultures de maïs**

Classe	Familles		Genres		Espèces	
	N	%	N	%	N	%
<b>Dicotylédones</b>	20	80	49	75,38	86	67,19
<b>Monocotylédones</b>	5	20	16	24,62	42	32,81
<b>TOTAL</b>	25	100	65	100,00	128	100,00

La flore adventice du maïs au sud du Bassin arachidier est représentée par un seul embranchement, celui des Spermaphytes, et un seul sous embranchement, celui des Angiospermes. Cette flore est riche de 128 espèces appartenant à 65 genres et 25 familles. Les Dicotylédones sont dominantes avec 67,19% espèces contre les Monocotylédones avec 32,81% (tableau 9).

### 3-2-1-2- Spectre taxonomique

Le tableau suivant donne des indications sur l'importance relative des différentes familles répertoriées dans la zone d'étude (tableau 10).

**Tableau 10 : Importance des familles dans la flore adventice du maïs au sud du Bassin arachidier**

Familles	Nombre d'espèces	%
<i>Poaceae (M)</i>	26	20,31
<i>Fabaceae (D)</i>	22	17,19
<i>Malvaceae (D)</i>	12	9,38
<i>Convolvulaceae (D)</i>	11	8,59
<i>Cyperaceae (M)</i>	11	8,59
<i>Rubiaceae (D)</i>	7	5,47
<i>Amaranthaceae (D)</i>	6	4,69
<i>Cucurbitaceae (D)</i>	4	3,13
<i>Lamiaceae (D)</i>	4	3,13
<i>Commelinaceae (M)</i>	3	2,34

<i>Pedaliaceae (D)</i>	3	2,34
<i>Asteraceae (D)</i>	2	1,56
<i>Euphorbiaceae (D)</i>	2	1,56
<i>Nyctaginaceae (D)</i>	2	1,56
<i>Scrophulariaceae (D)</i>	2	1,56
<i>Solanaceae (D)</i>	2	1,56
<i>Acanthaceae (D)</i>	1	0,78
<i>Aizoaceae (D)</i>	1	0,78
<i>Apocynaceae (D)</i>	1	0,78
<i>Dioscoreaceae (M)</i>	1	0,78
<i>Icacinaceae (D)</i>	1	0,78
<i>Liliaceae (M)</i>	1	0,78
<i>Portulacaceae (D)</i>	1	0,78
<i>Vitaceae (D)</i>	1	0,78
<i>Zygophyllaceae (D)</i>	1	0,78
<b>TOTAL</b>	<b>128</b>	<b>100,00</b>

Sur les 25 familles rencontrées (tableau 10), 5 familles sont nettement dominantes et totalisent 64,06% des espèces de la flore. Ces familles sont : les *Poaceae*, les *Fabaceae*, les *Malvaceae*, les *Convolvulaceae* et les *Cyperaceae*. Elles sont représentées chacune de 11 à 26 espèces. Les autres familles contribuent pour 35,94% de la flore. Parmi elles, 9 ne sont représentées que par une seule espèce : les *Acanthaceae*, les *Aizoaceae*, les *Apocynaceae-Asclepiadoideae*, les *Dioscoreaceae-Taccoideae*, les *Icacinaceae*, les *Liliaceae*, les *Portulacaceae*, les *Vitaceae* et les *Zygophyllaceae*.

### 3-2-1-3- Spectre biologique

Les proportions des types biologiques des espèces recensées sont illustrées dans la figure 11.

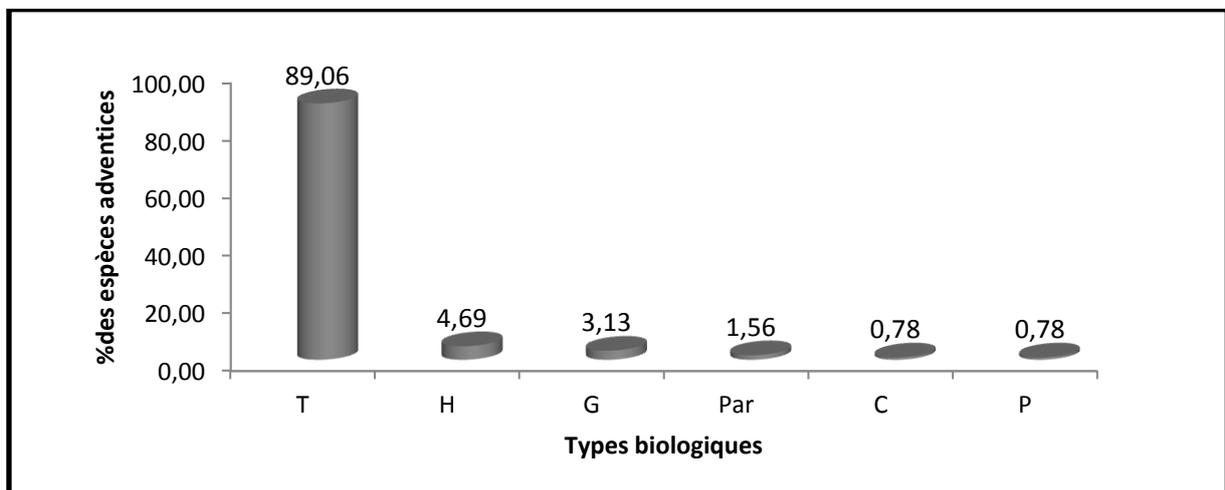


Figure 11: Types biologiques des espèces répertoriées

Thérophytes (T) ; Hémicryptophytes (H) ; Géophytes (G) ; Parasites (Par) ; Chaméphytes (C) ; Phanérophytes (P)

Cette flore est nettement dominée par les thérophytes avec 89,06%, les autres types y étant faiblement représentés.

### 3-2-1-4- Spectre chorologique

Les proportions des répartitions géographiques des espèces recensées sont représentées dans la figure suivante.

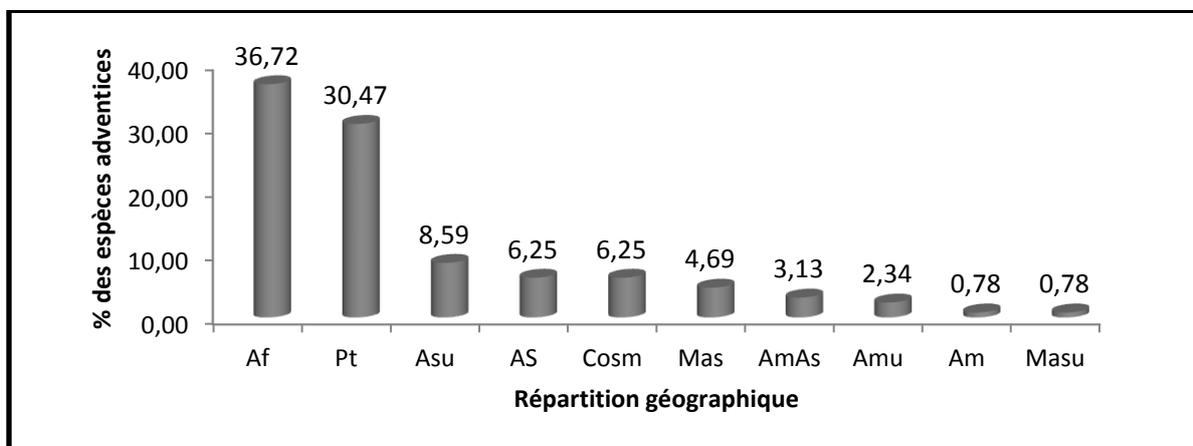


Figure 12: Répartition géographique des espèces recensées

Africaines (Af) ; pantropicales (Pt) ; australiennes (Asu) ; asiatiques (As) ; cosmopolites (Cosm) ; afro- malgaches et asiatiques (Mas) ; américaines et asiatiques (AmAs) ; américaines (Am) ; afro- malgaches asiatiques et australiennes (Masu)

L'essentiel de cette flore (67,19%) est constitué d'espèces d'origines africaines (36,72%) et pantropicales (30,47%). Les espèces australiennes, afro-asiatiques, cosmopolites, afro-malgaches et asiatiques, américaines et asiatiques, afro-américaines et australiennes, américaines et afro- malgaches asiatiques et australiennes, sont très peu représentées dans cette flore.

### 3-2-2- Nuisibilité des adventices

Le tableau 11 présente les résultats obtenus à partir de l'étude de la nuisibilité des différentes espèces de la flore adventice du maïs et la figure 13 donne les proportions des groupes d'adventices selon leur indice partiel de nuisibilité (I.P.N.)

Tableau 11 : Indice Partiel de Nuisibilité (I.P.N.), les fréquences absolues (Fa) et relative (Fr) des espèces adventices dominantes

ESPECES	Fa	I.P.N	Fr
<i>Mitracarpus villosus</i>	79	2644,3	100,0
<i>Kyllinga squamulata</i>	79	2310,8	100,0
<i>Digitaria ciliaris</i>	79	2228,5	100,0
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	79	2095,6	100,0
<i>Striga hermonthica</i>	23	1667,4	29,1
<i>Mariscus squarrosus</i>	75	1414,0	94,9
<i>Cyperus cuspidatus</i>	73	1159,3	92,4
<i>Hibiscus asper</i>	79	1091,8	100,0
<i>Acanthospermum hispidium</i>	43	1050	54,4
<i>Spermacoce chaetocephalla</i>	73	1047,3	92,4
<i>Commelina gambiae</i>	73	991,8	92,4
<i>Indigofera astragalina</i>	25	962,0	31,6
<i>Cyperus amabilis</i>	75	956,0	94,9
<i>Ipomoea eriocarpa</i>	70	834,3	88,6

<i>Commelina benghalensis</i>	70	828,6	88,6
<i>Eragrostis tremula</i>	67	823,1	84,8
<i>Commelina forskalii</i>	73	784,2	92,4
<i>Cassia obtusifolia</i>	74	766,2	93,7
<i>Sida rhombifolia</i>	76	734,2	96,2
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	18	650	22,8
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	69	635,5	87,3
<i>Corchorus tridens</i>	73	623,3	92,4
<i>Sesbania pachycarpa</i>	45	623,3	57,0
<i>Celosia trigyna</i>	20	620,0	25,3
<i>Merremia pinnata</i>	30	606,7	38,0
<i>Citrillus lanatus</i>	36	575,0	45,6
<i>Indigofera hirsuta</i>	18	444,4	22,8
<i>Brachiaria villosa</i>	38	439,5	48,1
<i>Andropogon gayanus</i>	25	366	31,6
<i>Euleusine indica</i>	36	338,9	45,6
<i>Icacina senegalensis</i>	28	332,1	35,4
<i>Cenchrus biflorus</i>	47	320,2	59,5
<i>Chlorus pilosa</i>	30	290,0	38,0
<i>Ipomoea vagans</i>	28	253,6	35,4
<i>Eragrostis ciliaris var.ciliaris</i>	35	235,7	44,3
<i>Cucumis melo</i>	51	230,4	64,6
<i>Crotalaria goreensis</i>	29	205,2	36,7
<i>Ipomoea heterotricha</i>	40	175,0	50,6
<i>Fimbristylis hispidula</i>	48	162,5	60,8
<i>Physalis micrantha</i>	33	162,1	41,8
<i>Cyperus esculentus</i>	17	108,8	21,5
<i>Fimbristylis exilis</i>	22	50,0	27,8
<i>Scilla sudanica</i>	22	50,0	27,8

Le classement des adventices selon leur indice de nuisibilité et leur fréquence relative à révélé l'existence de 43 espèces potentiellement nuisibles vis-à-vis du maïs dans la zone de l'étude. Ces espèces se répartissent en 3 groupes : un groupe d'espèces à I.P.N. supérieur 1000, un groupe d'espèces à I.P.N. compris entre 500 et 1000 et un groupe d'espèces à I.P.N. inférieur ou égal 500 (Fig. 13).

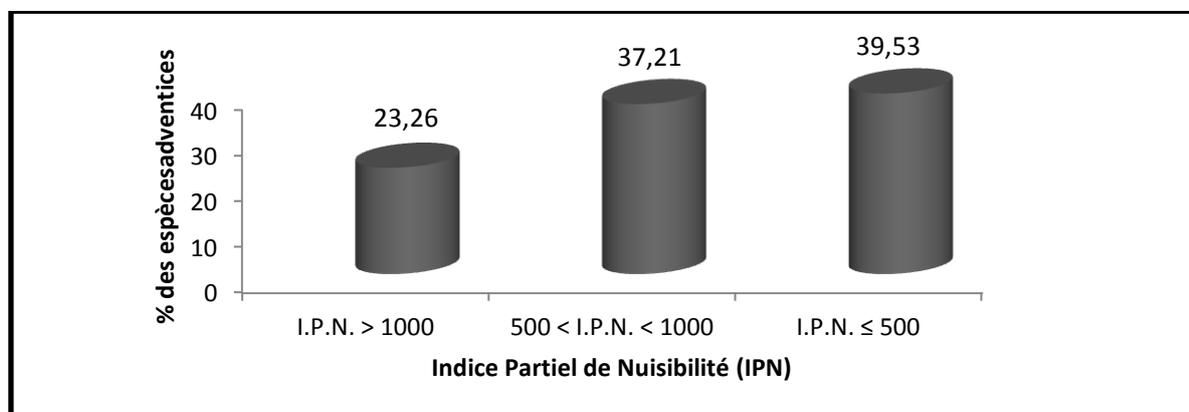


Figure 13: Les proportions des groupes d'adventices selon leur I.P.N

Il ressort de l'analyse du tableau 11 et de la figure 13 que les adventices à I.P.N. inférieur à 1000 représentent 76,74% soit 33 espèces contre 23,26% pour les adventices à I.P.N. supérieur à 1000 au nombre de 10. Ces 10 espèces groupent des adventices à I.P.N. supérieur à 1000, qui peuvent être considérées comme les espèces les plus nuisibles et appartiennent à 6 familles : les *Cyperaceae* (3 espèces), les *Poaceae* (2 espèces), les *Rubiaceae* (2 espèces), les *Scrophulariaceae* (1 espèce), les *Malvaceae* (1 espèce) et les *Acanthaceae* (1 espèce). Parmi ces espèces seules 4 ont un I.P.N. supérieur à 2000 avec une même fréquence relative de 100%. Ces espèces sont par ordre d'importance *Mitracarpus villosus* (2644,3), *Kyllinga squamulata* (2310,8), *Digitaria ciliaris* (2228,5) et *Dactyloctenium aegyptium* (2095,6). *Striga hermonthica* qui a une fréquence relative de 29,11% occupe la cinquième position avec un IPN d'environ 1667 (tableau 11).

Dans le groupe des adventices à I.P.N. inférieur ou égal à 500 considérées comme étant les moins nuisibles, 7 familles sont répertoriées : les *Poaceae* avec 7 espèces, les *Convolvulaceae* (3 espèces), les *Cyperaceae* et les *Fabaceae* avec pour chacune 2 espèces et enfin les *Icacinaceae*, les *Solanaceae* et les *Liliaceae* avec une espèce pour chacune d'elles.

Les adventices à I.P.N. compris entre 500 et 1000 constituent le groupe intermédiaire. Il est composé de 8 familles notamment les *Fabaceae* (4 espèces) les *Commelinaceae* (3 espèces), les *Poaceae* (2 espèces), les *Malvaceae* (2 espèces), les *Convolvulaceae* (2 espèces) les *Amaranthaceae* (1 espèce), les *Cucurbitaceae* (1 espèce), et les *Cyperaceae* (1 espèce).

### 3-3- Discussion

Comparée à la flore des adventices des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier (Noba *et al.*, 2004), la flore adventice du maïs présente une diversité spécifique quasi similaire avec respectivement 125 espèces contre 128. Toutefois, dans la culture de maïs, les genres sont moins diversifiés avec 65 genres contre 81 pour la flore adventice globale du sud du Bassin arachidier. En ce qui concerne le nombre de famille, la flore adventice du maïs est moins diversifiée avec 25 familles contre 31 pour l'ensemble du sud du Bassin arachidier (Noba *et al.*, 2004). Les familles répertoriées uniquement dans la flore adventice du maïs sont les *Aizoaceae* (1 espèce) et les *Portulacaceae* (1 espèce) alors que certaines familles absentes de cette flore sont rencontrées dans la flore globale des adventices au sud du Bassin arachidier. Ce sont les familles des *Combretaceae* (3 espèces), des *Mimosaceae* (3 espèce), des *Araceae* (1 espèce), des *Caryophyllaceae* (1 espèce) et des *Verbenaceae* (1 espèce). Pour les familles présentes dans les deux flores, 35 espèces sont recensées uniquement dans la flore adventice du maïs contre 24 espèces recensées seulement dans la flore globale des adventices. Vingt trois familles renferment 88 espèces communes aux deux flores avec 6 familles dominantes : les *Poaceae* (18 espèces), les *Fabaceae* (12 espèces), les *Malvaceae* (10 espèces), les *Convolvulaceae* (7 espèces), les *Cyperaceae* (6 espèces) et les *Rubiaceae* (6 espèces). La différence entre le nombre de familles s'expliquerait d'une part par des considérations taxonomiques notamment l'utilisation de la classification APGIII qui range les *Tiliaceae* et les *Sterculiaceae* dans la famille des *Malvaceae* et les *Fabaceae*, les *Mimosaceae* et les *Caesalpiniaceae* dans la famille des *Fabaceae* et d'autre part par la présence dans la flore adventice globale du sud du Bassin arachidier (Noba *et al.*, 2004) de familles constituées de phanérophytes (*Combretaceae* et *Caryophyllaceae*) qui n'ont pas été prises en compte dans

la présente étude. L'absence de ces familles entraîne ainsi, une réduction du nombre de genres.

La présente étude, comparée à la flore vasculaire du Sénégal (Bâ & Noba, 2001) et à celle des adventices des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier (Noba *et al.*, 2004), montre des proportions comparables entre les Dicotylédones et les Monocotylédones. En effet, les Dicotylédones y représentent 67,19%, contre 69,5% et 68,8% respectivement pour la flore vasculaire et la flore adventice de cultures vivrières alors que les Monocotylédones y sont représentées à 32,81% contre 28,8% et 31,2% respectivement. La flore adventice du maïs est dominée par cinq grandes familles qui représentent 64,06%. Ces familles sont les *Poaceae* (20,31%), les *Fabaceae* ou Légumineuses (17,19%), les *Malvaceae* (9,38%), les *Convolvulaceae* (8,59%) et les *Cyperaceae* (8,59%). Ces 5 grandes familles sont également dominantes dans la flore adventice des cultures vivrières du Bassin arachidier (Noba *et al.*, 2004) avec toutefois des proportions différentes. L'importance relative de la famille des *Malvaceae* qui vient à la troisième position après celle des *Fabaceae* est en raison du fait que les familles des *Tiliaceae* et les *Sterculiaceae* sont rangées dans cette famille selon la classification APGIII.

La similitude entre la structure de la flore adventice du maïs à celle des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier (Noba *et al.*, 2004) pourrait être expliquée par le fait que ces deux études ont été réalisées dans la même zone et que la flore ne dépendrait pas exclusivement de la culture pratiquée mais des conditions plus générales de l'agrosystème.

Il ressort de l'étude du spectre biologique que la majorité des espèces sont annuelles. Ces espèces thérophytes ont un cycle de vie très court, parfois de quelques semaines, comme chez les espèces du genre *Boerhavia* (Noba *et al.*, 1994), *Amaranthus* (Sarr *et al.*, 2007), *Eragrostis* (Sambou, 2000) et *Corchorus* (Mbaye *et al.*, 2001). Elles sont adaptées aux variations de conditions climatiques et aux perturbations culturelles (Grime, 1974 ; Noba *et al.*, 2004). En culture annuelle, les travaux agricoles réalisés manuellement ou à l'attelé, laissent peu de chance au développement des espèces vivaces et favorisent les espèces annuelles (Maillet, 1981 ; Traoré, 1991). Ces thérophytes constituent 89,06% de la flore adventice de maïs au sud du Bassin arachidier et ont pratiquement la même représentativité dans la flore adventice des cultures vivrières dans la même zone (Noba *et al.*, 2004) avec 85,6% des espèces. La présence des espèces appartenant aux géophytes et aux parasites est à signaler. Ces géophytes ont des modes de reproduction végétative sous forme de tubercule (*Icacina senegalensis*) ou de bulbe (*Scilla sudanica*) qui leur permet de se maintenir dans les champs même après les opérations culturales. Les espèces parasites comme *Striga gesneroides* et *S. hermontheca*, constituent une contrainte majeure à l'agriculture dans les pays de la zone semi-aride. Elles produisent de nombreuses graines qui restent viables très longtemps dans le sol (Dembélé, 1988) ce qui explique leur présence dans la flore de cette zone.

Au plan de la répartition géographique, les espèces africaines et pantropicales constituent plus de la moitié de la flore. Les espèces d'origine africaines sont plus nombreuses et représentent plus du quart (36,72%). Cette proportion est comparable à celle de la flore adventice des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier 32,00% (Noba *et al.*, 2004). La dominance

de ces espèces africaines pourrait s'expliquer par la position continentale et probablement par l'adaptation de ces espèces aux conditions bioclimatiques de la zone. L'importance des espèces pantropicales semble être liée à la position géographique du Sénégal qui est occidentale et océanique (Noba *et al.*, 2004). Les espèces australiennes, afro-asiatiques, cosmopolites, afro-malgaches et asiatiques sont à signaler compte tenu de leurs proportions. Ces proportions pourraient s'expliquer par le fait que, le biotope cultural est un milieu très ouvert, régulièrement perturbé, accueillant accidentellement de nouvelles espèces lors de l'introduction de cultures nouvelles ou de variétés améliorées (Baker, 1986). Selon Noba *et al.* (2004), les autres espèces à faibles proportions ont dû être éliminées progressivement d'une part par les techniques culturales et les désherbages et d'autre part à cause de leur inadaptation aux conditions de la zone.

Le classement des adventices selon leur indice partiel de nuisibilité a montré l'existence de 43 espèces pouvant être les plus nuisibles et les plus agressives vis-à-vis du maïs avec 10 adventices à I.P.N. supérieur à 1000, 16 adventices à I.P.N. compris entre 500 et 1000 et 17 adventices à I.P.N. inférieur ou égal à 500. Parmi les 43 espèces nuisibles, 10 espèces principales signalées par Noba (2002) sont retrouvées (*Mitracarpus villosus*, *Kyllinga squamulata*, *Digitaria ciliaris*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Striga hermonthica*, *Hibiscus asper*, *Mariscus squarrosus*, *Cyperus amabilis*, *Cyperus cuspidatus*, *Spermacoce chaetocephalla*). Ces espèces sont majoritairement représentées par des thérophytes, caractérisées par leur grande production de semences. Les espèces à I.P.N. supérieur à 1000 sont généralement celles qui provoquent les infestations les plus importantes et seraient les plus redoutables. Parmi ces espèces, 4 espèces sont plus importantes *Mitracarpus villosus*, *Kyllinga squamulata*, *Digitaria ciliaris* et *Dactyloctenium aegyptium*.

L'importance de *Mitracarpus villosus* et *Kyllinga squamulata* pourrait s'expliquer par leur chronologie de levée présentant 2 pics de germination, un précoce et un tardif (Noba, 2002).

Nos observations ont également montré que, *Kyllinga squamulata* est difficile à éliminer puisque après désherbage lorsque ses racines sont couvertes de sol, celle-ci peut reprendre son développement. *Digitaria ciliaris* présente un comportement de levée très irrégulier selon les situations tandis que *Dactyloctenium aegyptium* présente une levée précoce (Noba, 2002). En plus de ces 4 espèces, il est important de signaler la présence de *Spermacoce chaetocephalla* dont la germination est étalée sur toute la saison. Sa présence à ce stade suggérerait sa facilité de germination qui pourrait être due à une absence d'inhibition tégumentaire qui favoriserait sa levée et son infestation échelonnée dans les champs. La dominance de ces espèces est certainement liée aux conditions climatiques, à la pratique culturale et/ou à l'élargissement des zones prospectées. *Striga hermonthica* demeure une préoccupation majeure des paysans dans cette zone. Son infestation rapide s'expliquerait par sa production de nombreuses graines qui restent viables très longtemps dans le sol (Dembélé, 1988). Pour les espèces à I.P.N. compris entre 500 et 1000, 8 familles sont représentées parmi lesquelles, les *Fabaceae* (4 espèces) et les *Commelinaceae* (3 espèces) sont les plus importantes. Dans ce groupe, quelques espèces peuvent être considérées comme difficile à éliminer telles que *Brachiaria lata*, *Commelina benghalensis*, *C. forskaolii*, *C. gambiae*, *Eragrostis tremula*, *Sida alba*, (Traoré & Maillet, 1992). Les espèces du genre *Commelina* sont très difficiles à éliminer dans les champs car après le sarclage, la plante se comporte comme un stolon dans lequel, les

fragments de tiges laissés au sol peuvent émettre des racines et continuer son développement. Les espèces à I.P.N. inférieur ou égal à 500, sont regroupées dans 7 familles parmi lesquelles, les *Poaceae* avec 7 espèces et les *Convolvulaceae* avec 3 espèces sont les dominantes. Ce groupe renferme des familles qui ne sont pas bien représentées mais qui ont des espèces difficiles à éliminer à savoir les plantes à bulbes (*Ipomoea senegalensis*, *Scilla sudanica*), les *Cyperaceae* et certaines géophytes comme *Tacca involucreata*.

### **3-4- Conclusion**

*Cette étude qui a comme objectif de caractériser la flore adventice du maïs et d'apprécier la nuisibilité des espèces inventoriées a permis de recenser 128 espèces appartenant à 65 genres réparties dans 25 familles. Cette flore est caractérisée par la prédominance des Poaceae (20,31%), des Fabaceae (17,19%), des Malvaceae (9,38%), des Convolvulaceae (8,59%) et des Cyperaceae (8,59%).*

*Les thérophytes dominent nettement la flore adventice du maïs avec 89,06%. Toutefois, les hémicryptophytes et les géophytes sont présentes dans les cultures du maïs même si elles sont faiblement représentées avec respectivement 4,69% et 3,13%.*

*Cette flore est dominée par les espèces africaines (36,72%) et pantropicales (30,47%). Cependant, les espèces australiennes (8,59%), afro-asiatiques (6,25%) et cosmopolites (6,25%) y sont représentées.*

*Les estimations de la nuisibilité ont permis de répertoriées 43 espèces potentiellement nuisibles vis-à-vis du maïs dans la zone avec 10 espèces considérées comme pouvant être les plus nuisibles ; il s'agit de *Mitracarpus villosus*, *Kyllinga squamulata*, *Digitaria ciliaris*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Striga hermonthica*, *Hibiscus asper*, *Mariscus squarrosus*, *Cyperus amabilis*, *Cyperus cuspidatus*, *Spermacoce chaetocephala*.*

*La connaissance des adventices est importante, mais pour une bonne stratégie de gestion, il est important de connaître l'effet des adventices sur la croissance et le rendement du maïs. C'est ainsi qu'à la suite de ce travail nous envisageons d'étudier la concurrence des adventices vis-à-vis du maïs.*

# CHAPITRE IV- ETUDE DE LA CONCURRENCE DES ADVENTICES VIS-A-VIS DU MAÏS

## 4-1- Introduction

La compétition que mènent les adventices vis-à-vis des cultures pour l'eau, la lumière, les éléments nutritifs et l'espace de développement, peut avoir un effet négatif direct sur la production agricole (Koch *et al.*, 1982 ; Terry, 1981, 1983 ; Fageiry, 1987). Ainsi, il est important de déterminer leur seuil de nuisibilité des adventices afin d'optimiser la production agricole. En Afrique de l'ouest, la maîtrise des adventices peut consacrer entre 20 et 50% du temps de travail dans les cultures (Le Bourgeois, 1993 ; Noba, 2002). Au Sénégal, les études pour la détermination des seuils de nuisibilité des principales cultures vivrières ont fait l'objet de peu de travaux qui ont porté sur le mil et l'arachide (Noba, 2002) et sur l'association mil/niébé (Mbaye, 2013). Or, pour permettre une réalisation précise des désherbages dans le calendrier cultural à partir des données de la flore réelle, il est utile de préciser la période critique de concurrence (Niéto *et al.*, 1968 ; Kheddami, 1988 ; Caussanel *et al.*, 1988). Cette période critique de concurrence dépend pour une grande partie des espèces dominantes de la flore adventice (Caussanel & Kafiz, 1986), des interactions des adventices avec la plante cultivée (Lemaire & Salette, 1984a ; Mondragon *et al.*, 1989 ; Chistensen, 1994) de l'arrangement spatial des ressources du sol en particulier pour l'azote (Weaver, 1984 ; Medd *et al.*, 1985), du niveau et de la date de fertilisation (Angonin *et al.*, 1996 ; Paolini *et al.*, 1999) ainsi que de la dynamique de son prélèvement (Lemaire & Salette, 1984a ; Juste *et al.*, 1994) et des pratiques de désherbages (Caussanel *et al.*, 1993 ; Chistensen, 1994). La détermination de la période critique de concurrence, en précisant les relations entre les pertes de rendement et les niveaux d'infestation, peut permettre d'améliorer les itinéraires techniques et d'optimiser les désherbages (Niéto *et al.*, 1968 ; Caussanel, 1989 ; Angonin, 1995).

La présente étude porte sur la détermination de la période critique de concurrence des adventices dans la culture de maïs (*Zea mays* var. early thaï) dans le sud du Bassin arachidier dans le département de Nioro du Rip.

Ce travail se propose alors de mettre à la disposition du paysan un ensemble d'informations pour améliorer l'itinéraire technique du maïs pour une meilleure gestion de l'enherbement. Il vise à :

- connaître l'influence de l'année, de la fertilisation azotée et des traitements de binage sur les paramètres de croissance, les paramètres de rendement et le rendement en graines de maïs ;
- déterminer les relations entre les paramètres de croissance, de rendement et le rendement en graines de maïs dans les conditions azotée et non azotée ;
- déterminer la période critique de concurrence des adventices et
- proposer un calendrier de désherbage plus adapté aux pratiques agricoles traditionnelles.

## 4-2- Résultats

### 4-2-1- Effet de la concurrence des adventices sur les paramètres de croissance du maïs

#### 4-2-1-1- Effet de l'année, de la fertilisation azotée et non azotée et des traitements de binage sur la hauteur des plantes

Les résultats de l'ANOVA de l'effet de l'année, de la fertilisation azotée, des traitements de binage et des interactions entre ces facteurs sur la croissance en hauteur des plantes sont présentés dans le tableau 12.

**Tableau 12 : Résultats de l'ANOVA sur la croissance en hauteur des plantes**

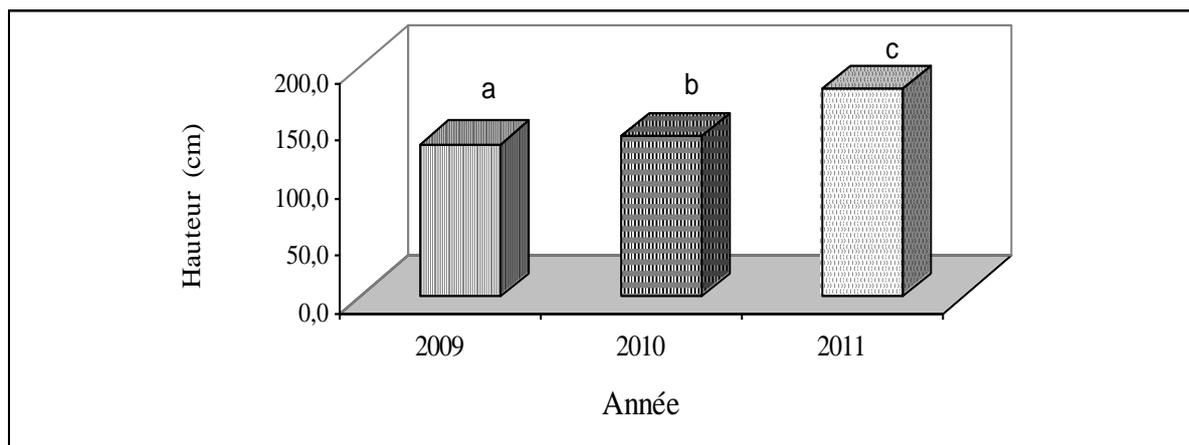
	Hauteur plante
Fertilisation azotée	**
Traitements de binage	***
Interaction fertilisation/traitements de binage	**
Année	***
Interaction année/fertilisation	***
Interaction année/traitements de binage	***
Interaction année/fertilisation/traitements de binage	**

(\*\*\*) très significatif ; (\*\*) significatif ; (\*) peu significatif ; (NS) non significatif

Ces résultats montrent que l'année, la fertilisation, les traitements de binage et leurs interactions ont des effets significatifs sur la hauteur des plantes. Ainsi, dans la suite du travail, ces effets seront analysés pour chaque facteur.

#### 4-2-1-1-1- Effet de l'année sur la croissance en hauteur de la plante

La hauteur des plantes au cours des 3 ans d'expérimentation est présentée dans la figure suivante.

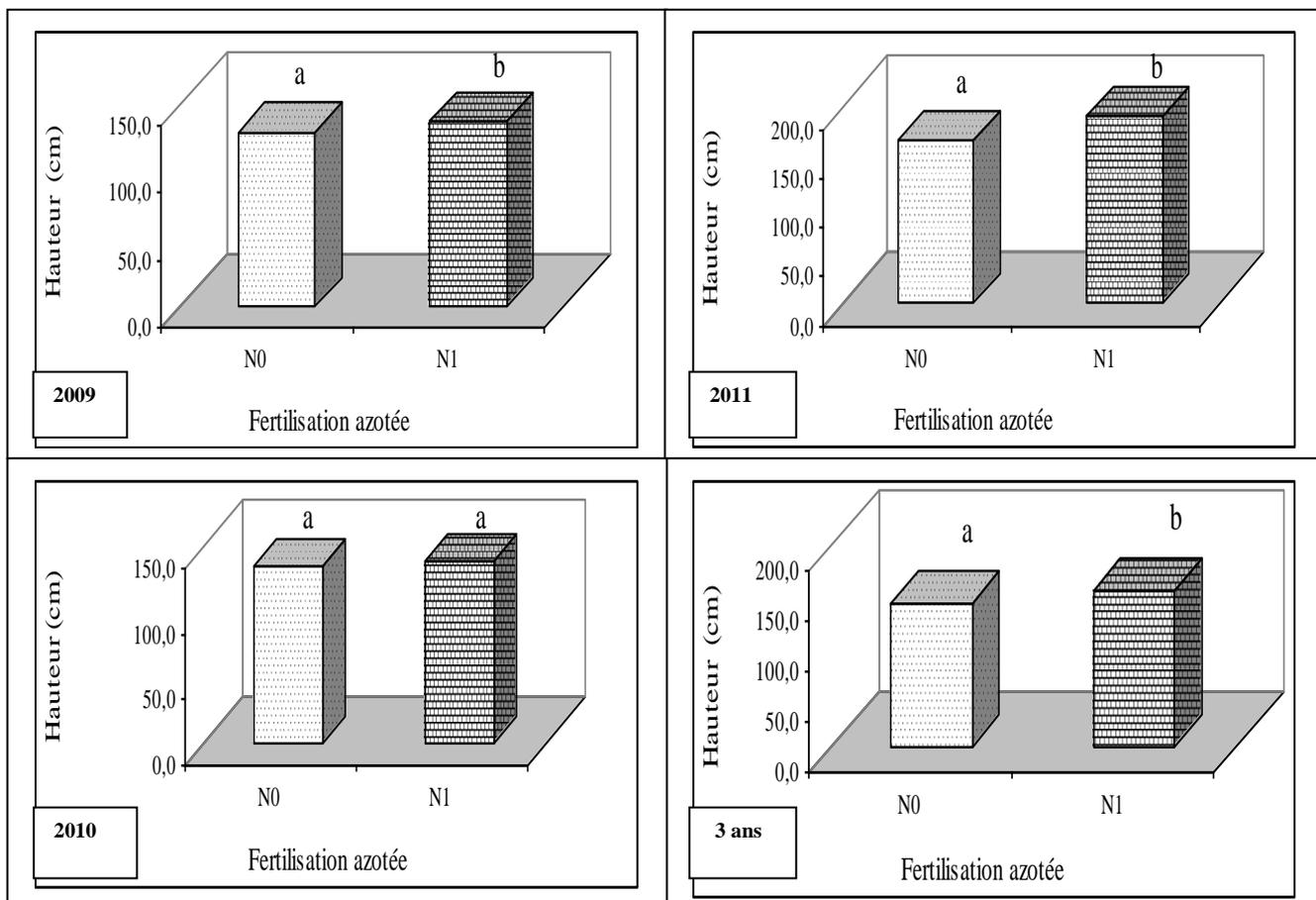


**Figure 14: Effet de l'année sur la croissance en hauteur des plantes**

Les résultats de l'ANOVA montrent que la hauteur des plantes est variable d'une année à l'autre. Ces variations de hauteur sont significativement différentes. La croissance en hauteur du maïs est plus importante en 2011 (180,1 cm) et plus faible en 2009 (132,5 cm). Ainsi, on note que l'effet de l'année a une influence sur la croissance en hauteur du maïs.

#### 4-2-1-1-2- Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la croissance en hauteur des plantes

L'effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la croissance en hauteur des plantes est présenté dans la figure 15.



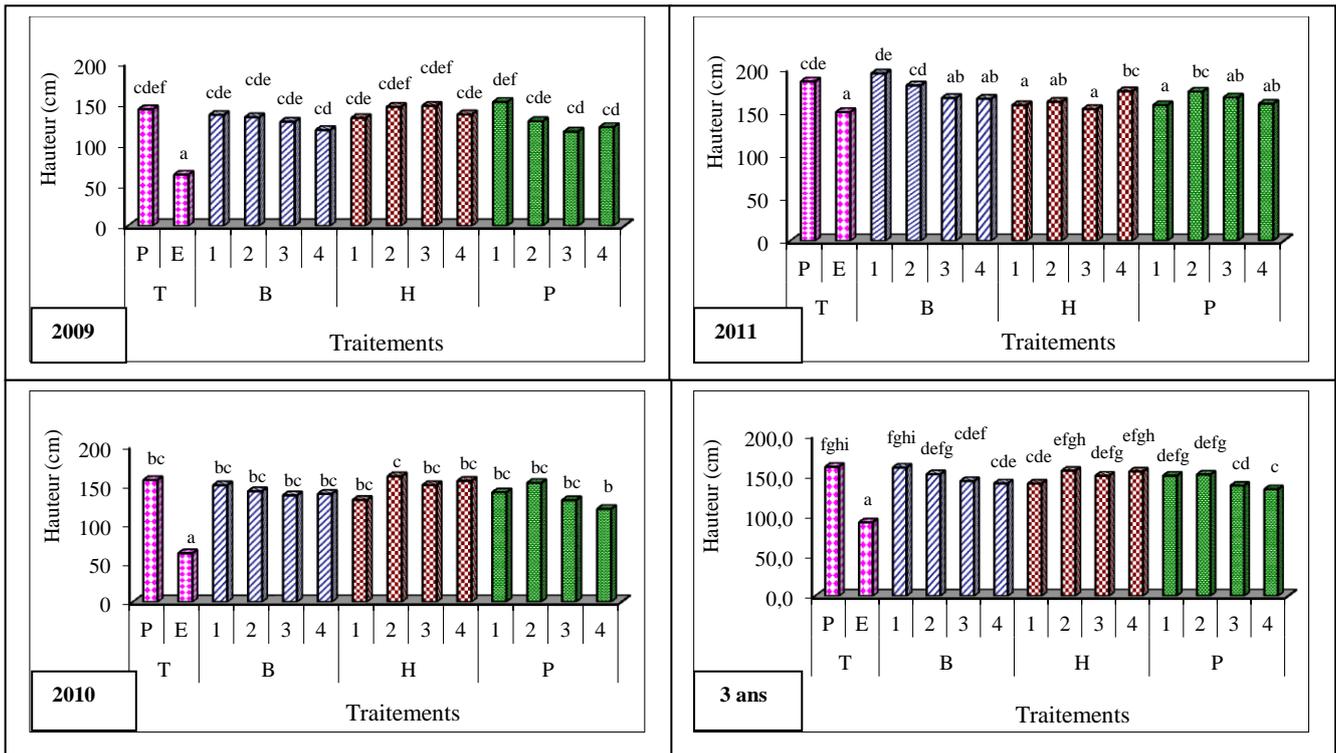
**Figure 15: Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la croissance en hauteur des plantes**

L'analyse des résultats indique des différences significatives de hauteur des plantes entre les conditions azotée (N1) et non azotée (N0) en 2009, 2011 alors qu'en 2010 ces différences ne sont pas significatives avec toutefois une hauteur des plantes supérieures en valeur absolue en condition azotée. En outre, lorsque les résultats des 3 années sont pris ensemble, l'effet de la fertilisation azotée est significatif sur la hauteur des plantes. La fertilisation azotée entraîne une augmentation de la croissance en hauteur du maïs.

#### 4-2-1-1-3- Effet des traitements de binage sur la croissance en hauteur des plantes dans les conditions azotée (N1) et non azotée (N0)

##### 4-2-1-1-3-1- Effet des traitements de binage sur la croissance en hauteur des plantes en condition non azotée

L'effet des traitements de binage sur la croissance en hauteur des plantes en condition non azotée est présenté dans la figure 16.



**Figure 16: Effet des traitements de binage en condition non azotée (N0) sur la croissance en hauteur des plantes après quelques temps d'observation**

Les résultats obtenus en 2009 montrent que les traitements de binage sont organisés en 5 groupes homogènes selon la croissance en hauteur des plantes. Le premier groupe est constitué du Témoin Enherbé (TE) avec des plantes qui présentent les plus faibles croissances en hauteurs des tiges d'environ 63 cm. Dans ce groupe la pression des adventices est forte puisqu'aucun désherbage n'est réalisé durant le cycle cultural. Le deuxième groupe est constitué des traitements B4, P3 et P4 où les plantes n'atteignent pas 122 cm. Ce groupe est caractérisé par des traitements dans lesquels, la pression des adventices est forte entre les semis jusqu'au 30<sup>ème</sup> jour (P4) ou entre le 15<sup>ème</sup> et le 45<sup>ème</sup> jour pour les traitements B4 et P3. Ces périodes enherbées sont très sensibles pour la culture de maïs. Les traitements de binage qui constituent le troisième groupe sont : B1, B2, B3, H1, H4 et P2. Exceptés les traitements H1 et P2, ce groupe est constitué de traitements pour lesquels, la période d'enherbement n'excède pas 30 jours ; ainsi, la pression des adventices est faible ce qui autoriserait des hauteurs pouvant atteindre 137 cm. Dans le quatrième groupe, se trouvent des traitements maintenus propres tout le long du cycle (Témoin Propre = TP) ou au moins jusqu'au 30<sup>ème</sup> (H2) ou au 45<sup>ème</sup> jour (H3) après la levée. Ainsi, la hauteur des plantes peut atteindre 148 cm. Le cinquième groupe est formé d'un seul traitement de pratique agricole (P1) dans lequel, les plantes présentent les hauteurs les plus importantes (152 cm). Dans cette condition, la culture de maïs est maintenue propre en début de cycle, ce qui permet aux plantes de dépasser la période sensible pendant laquelle l'enherbement peut causer des dégâts. Un classement des différents traitements de binage, dans l'ordre décroissant des hauteurs des plantes, est le suivant : P1, H3, H2, TP, H4, B1, B2, H1, P2, P3, P4, B4, B3, TE. Ce classement montre l'importance de maintenir la culture exempte des adventices en début de cycle pour obtenir

des plantes avec des hauteurs élevées. En outre, il apparaît que le maintien propre de la culture durant tout le cycle ne garantit pas forcément un meilleur développement du maïs.

En 2010, l'analyse des résultats a permis d'identifier 4 groupes homogènes de traitements de binage selon la croissance en hauteur des plantes. Le Témoin enherbé (TE) qui n'a pas subi de binage depuis les semis jusqu'à la récolte constitue le premier groupe avec des plantes de faibles hauteurs (62,25 cm) alors que le dernier groupe (4) est constitué du traitement H2 maintenu propre pendant les 30 premières jours après semis avec la hauteur moyenne la plus élevée (160,8 cm). Le deuxième groupe est composé du traitement P4 où la hauteur des plantes ne dépasse pas 119 cm. Dans ce traitement, les binages sont réalisés au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis. Le troisième groupe est composé des traitements TP, B1, B2, B3, B4, H1, H3, H4, P1, P2 et P3 dans lesquels, les plantes présentent des hauteurs élevées (155,9 cm). Un classement dans l'ordre décroissant des hauteurs des différents traitements de binage se présente comme suit : H2, TP, H4, P2, H3, B1, B2, P1, B4, B3, H1, P3, P4, TE. Ce classement montre que les hauteurs les plus élevées sont notées pour les traitements qui sont maintenus propres pendant les 30 premiers jours après le semis. Ces observations montrent la nécessité de désherber le maïs en début de cycle.

L'analyse des résultats en 2011 sur la croissance en hauteur des plantes a permis de différencier 6 groupes homogènes de traitements de binage. Dans le premier groupe (TE, H1, H3, P1) les plantes ne dépassent pas 157 cm de hauteur tandis que le sixième groupe constitué du traitement B1 présente la hauteur la plus élevée avec 195 cm. Entre ces deux groupes, il existe des groupes intermédiaires qui présentent des hauteurs de plantes de l'ordre de 167 cm en B3, B4, H2, P3 et P4 (groupe 2) ; 173 cm en H4 et P2 (groupe 3) ; 180 cm en B2 (groupe 4) et 185,2 cm en TP (groupe 5). Un classement dans l'ordre décroissant des hauteurs des traitements de binage est proposé comme suit : B1, TP, B2, H4, P2, P3, B3, B4, H2, P4, P1, H1, H3, TE. Ce classement montre l'importance de maintenir de plus en plus propre le maïs après le binage démariage pour obtenir des plantes avec des hauteurs importantes.

Lorsque les résultats des 3 ans sont pris ensemble, des différences significatives entre certains traitements de binage sont notées quant à la croissance en hauteur des plantes avec l'existence de 8 groupes homogènes. Le premier groupe est constitué d'un seul traitement TE qui présente la hauteur la plus faible avec des plantes de moins de 90 cm de haut alors que le huitième groupe renferme les traitements TP et B1 dans lesquels, les plantes présentent les hauteurs les plus élevées pouvant atteindre 161 cm. Entre ces groupes (1 et 8), Il existe des groupes intermédiaires en ce qui concerne la hauteur des plantes : le groupe 2 (P4) avec des hauteurs de plantes qui n'atteignent pas 133 cm, le groupe 3 (P3) avec des hauteurs qui ne dépassent pas 138 cm, le groupe 4 (H1 et B4) avec des hauteurs de plantes qui sont d'environ de 140 cm, le groupe 5 (B3) présente des hauteurs de plantes de 143,3 cm, le groupe 6 (B2, H3, P1 et P2) où les hauteurs de plantes peuvent atteindre 151,7 cm et le groupe 7 (H2 et H4) avec des hauteurs de plantes qui atteignent 156 cm en moyenne. Un classement dans l'ordre décroissant des hauteurs des plantes est le suivant: TP, B1, H2, H4, B2, P2, P1, H3, B3, B4, H1, P3, P4, TE. Ce classement montre que les hauteurs sont plus élevées dans les traitements qui consistent à maintenir le maïs propre en début de cycle jusqu'à plus de 45 jours.

En condition non azotées, les résultats montrent que les hauteurs des plantes sont plus élevées dans les traitements de binage qui consistent à maintenir le maïs propre au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou bien au 15<sup>ème</sup> et au 30<sup>ème</sup> jour après semis.

#### 4-2-1-1-3-2- Effet des traitements de binage sur la croissance en hauteur des plantes en condition azotée

L'effet des traitements de binage sur la croissance en hauteur des plantes en N1 est présenté dans la figure 17.

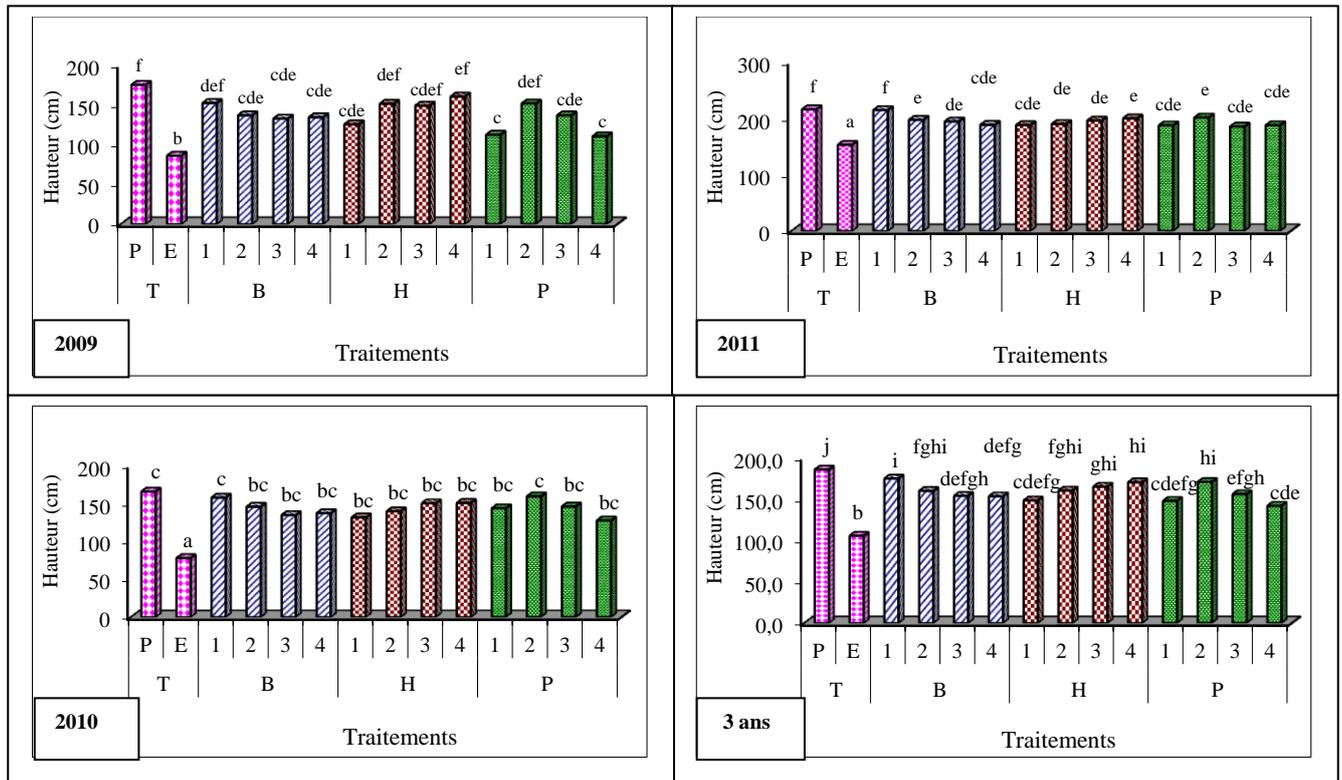


Figure 17: Effet des traitements de binage sur la croissance en hauteur des plantes en condition azotée (N1)

En 2009, les résultats révèlent l'existence de 7 groupes homogènes de traitements de binage. Le groupe 1 est constitué d'un seul traitement (TE) dans lequel, les plantes présentent les plus faibles hauteurs avec environ 85 cm et la plus élevée est obtenue dans le groupe 7 pour le Témoin Propre (TP) dans lequel, la hauteur des plantes est la plus élevée (175,6 cm). Les autres groupes intermédiaires présentent des hauteurs qui peuvent atteindre 150 cm en P1 et P4 (groupe 2) ; 136,7 cm en B2, B3, B4, H1 et P3 (groupe 3) ; 149 cm en H3 (groupe 4) ; 152,1 cm en B1, H2 et P2 (groupe 5) et 160,3 cm en H4 (groupe 6). Un classement dans l'ordre décroissant des hauteurs des plantes est le suivant : TP, H4, B1, P2, H2, H3, B2, P3, B4, B3, H1, P1, P4, TE. Les résultats de ce classement montrent que les hauteurs les plus élevées sont obtenues pour les traitements maintenus propres au moins pendant 45 jours ou au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

L'analyse des résultats de l'année 2010 fait ressortir 3 groupes homogènes de traitements de binage selon la croissance en hauteur des plantes. Le groupe 1 est représenté par le Traitement TE qui n'a pas été désherbé durant tout le cycle du maïs. La hauteur des plantes dans ce traitement est la plus faible avec environ 78 cm. Les traitements B2, B3, B4, H1, H2, H3, H4,

P1, P3 et P4 constituent le groupe 2 dans lequel, la hauteur des plantes ne dépasse pas 151 cm. Le dernier groupe (3) renferme les traitements TP, B1 et P2 qui enregistrent les hauteurs les plus élevées avec 166 cm. Un classement dans l'ordre décroissant des traitements de binage en ce qui concerne la hauteur des plantes est proposée comme suit : TP, B1, P2, H4, H3, P3, B2, P1, H2, B4, B3, H1, P4, TE. Ces observations montrent la nécessité de désherber le maïs au moins pendant 45 jours à partir du 15<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

En 2011, les traitements de binage sont organisés en 5 groupes homogènes selon la croissance hauteur des plantes. Le premier groupe est constitué d'un seul traitement TE dans lequel, la croissance en hauteur des plantes est la plus faible avec 152 cm tandis que le dernier groupe (5) renferme les traitements TP et B1 dans lesquels, on obtient la hauteur des plantes la plus élevées (216 cm). Le groupe 2 rassemble les traitements B4, H1, P1, P3 et P4 où les hauteurs des plantes sont de l'ordre de 188,7 cm. Les traitements B3, H2 et H3 forment le groupe 3. Les hauteurs des plantes dans ces traitements peuvent atteindre 196,1 cm. Le groupe 4 est composé des traitements B2, H4 et P2 pour lesquels, la croissance en hauteur des plantes est ne dépassent pas 201,2 cm. Un classement dans l'ordre décroissant des hauteurs de plantes des traitements de binage est proposé comme suit : TP, B1, P2, H4, B2, H3, B3, H2, B4, H1, P4, P1, P3, TE. A travers ce classement, il apparaît que les hauteurs les plus importantes sont obtenues dans les traitements qui ont subi au moins 3 désherbages avec un intervalle de 15 jours à partir du binage démariage (au 15<sup>ème</sup> jour) ou 2 binages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

Les résultats cumulés des 3 ans montrent que les hauteurs des plantes sont disparates et les traitements sont organisés en 11 groupes homogènes. Le groupe 1 renferme le Témoin Enherbé (TE) dans lequel, la hauteur des plantes est la plus faible (105 cm) et dans le dernier groupe (11) constitué du Témoin Propre (TP), les plantes présentent la plus grande hauteur avec 185 cm. Entre ces deux groupes, on note les groupes intermédiaires allant de 2 à 10 qui présentent des hauteurs de plantes qui ne dépassent pas 174 cm. Un classement dans l'ordre décroissant de la hauteur est proposé comme suit : TP, B1, P2, H4, H3, H2, B2, P3, B3, B4, H1, P1, P4 et TE. Ce classement montre que les hauteurs sont plus importantes dans les traitements qui consistent à maintenir propre le champ de maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou au 45<sup>ème</sup> après le binage du 15<sup>ème</sup> jour.

### **Conclusion partielle sur la croissance en hauteur de la plante**

*La croissance en hauteur des plantes est un caractère agromorphologique qui est dépendant de l'année de la fertilisation azotée et des traitements de binage.*

*La croissance en hauteur des plantes est variable d'une année à l'autre.*

*La fertilisation azotée augmente la croissance en hauteur du maïs.*

*Les hauteurs sont plus élevées dans les traitements de binage qui consistent à réaliser 3 désherbages successifs en début de cycle du maïs au 15<sup>ème</sup> au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 désherbages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.*

#### 4-2-1 2- Effet de l'année, de la fertilisation azotée et non azotée et des traitements de binage sur la production de feuilles chez des plantes de maïs

Les résultats de l'ANOVA de l'effet des facteurs de l'année, de la fertilisation azotée, des traitements de binage et des interactions entre ces facteurs sur la production de feuilles des plantes sont consignés dans le tableau ci-dessous (Tabl. 13).

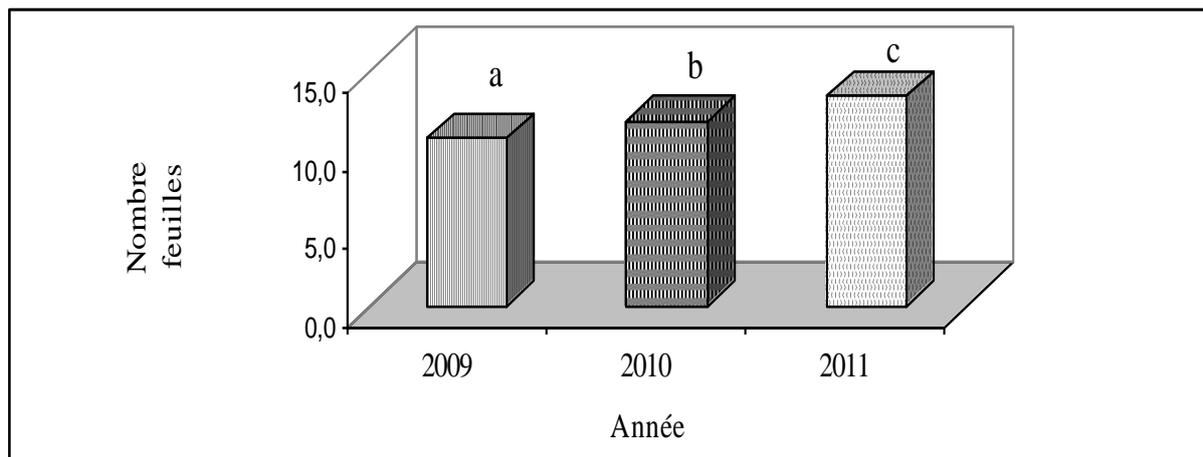
**Tableau 13 : Résultats de l'ANOVA sur la production de feuilles**

	Nombre feuilles
Fertilisation azotée	*
Traitements de binage	*
Interaction fertilisation azotée/ traitements de binage	*
Année	NS
Interaction année/fertilisation azotée	NS
Interaction année/traitements de binage	NS
Interaction année/fertilisation azotée/traitements de binage	NS

L'analyse des résultats révèle que l'effet de la fertilisation azotée, des traitements de binage et l'interaction fertilisation azotée/traitements de binage ont des effets peu significatifs sur la production de feuilles des plantes. Les facteurs de l'année, les interactions année/fertilisation azotée, année/traitements de binage et année/fertilisation azotée/traitements de binage ont des effets non significatifs sur la production de feuilles des plantes de maïs. A la suite du travail, ces effets seront analysés pour chaque paramètre.

##### 4-2-1-2-1- Effet de l'année sur la production de feuilles

L'effet de l'année sur la production de feuilles des plantes au cours des 3 ans d'expérimentation est présenté dans la figure suivante.



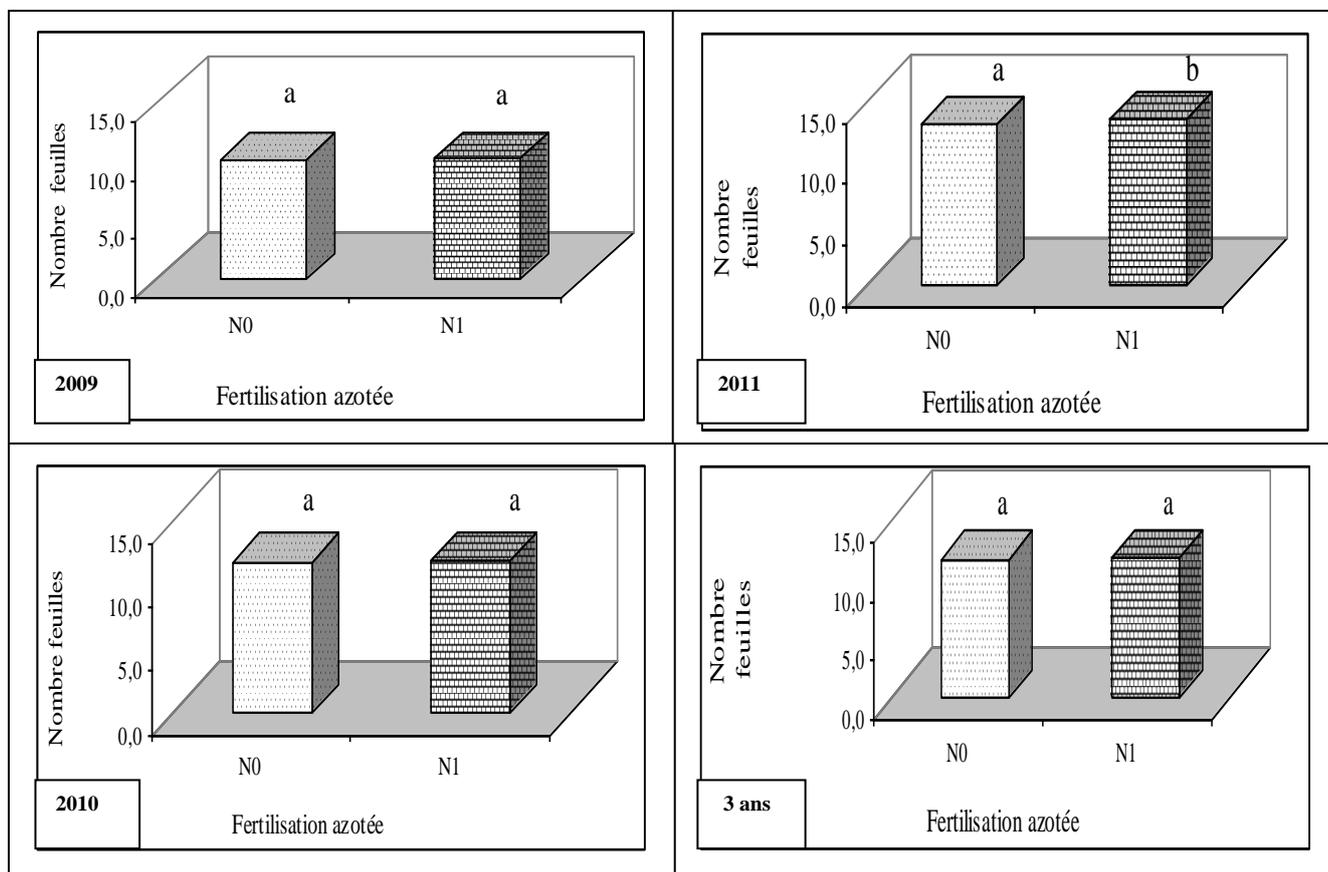
**Figure 18: Effet de l'année sur la production de feuilles**

Ces résultats montrent que la production de feuilles des plantes ne varie pas d'une à l'autre même si en valeur absolue, il existe des différences en nombre de feuilles entre les années. La production de feuilles des plantes est plus importante en 2011 (11,76 feuilles), suivi de l'année

2010 (11,23 feuilles) et celui de 2009 (10,82 feuilles). Ces observations montrent que la production des feuilles de maïs ne dépend pas de l'année.

#### 4-2-1-2-2- Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la production de feuilles chez les plantes de maïs

L'effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le nombre de feuilles des plantes est présenté dans la figure 19.



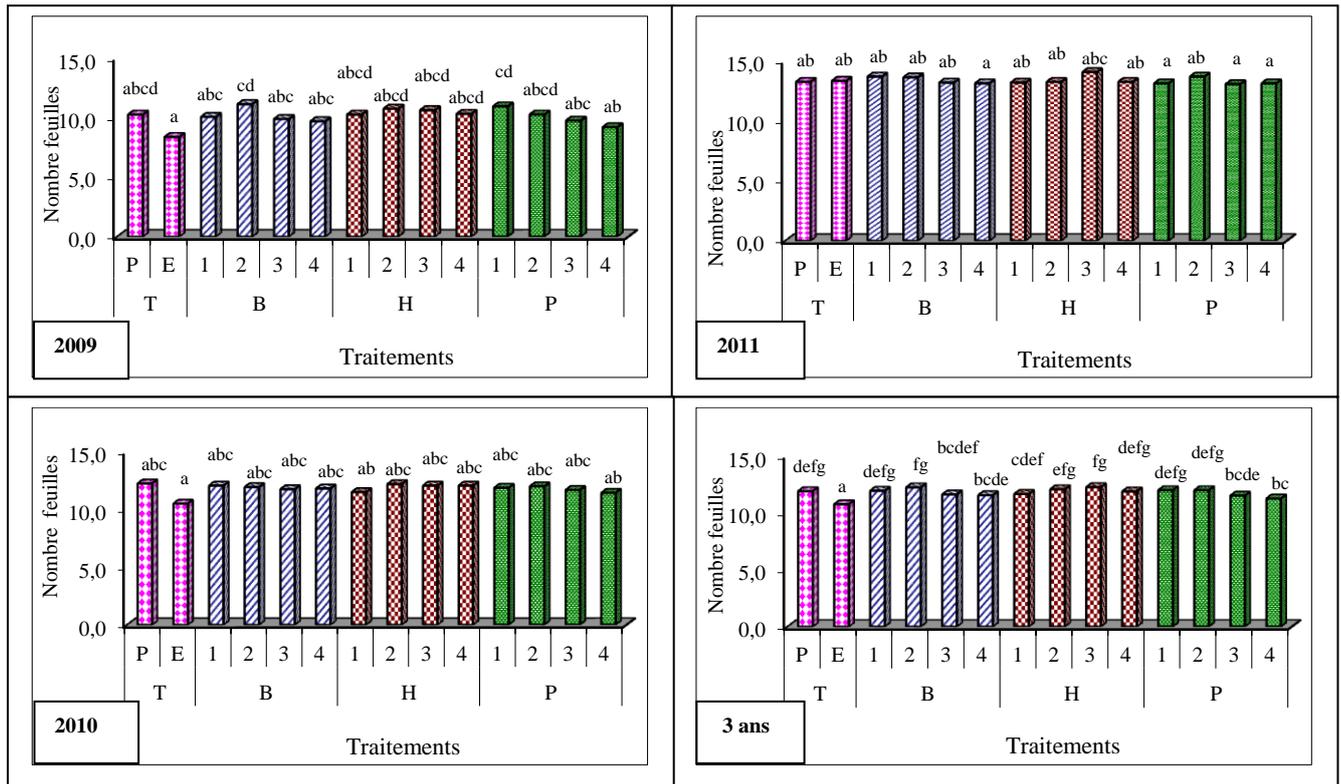
**Figure 19: Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la production de feuilles**

Les résultats pris isolément pour chaque année, montrent qu'il n'existe pas de différences significatives entre les conditions azotée et non azotée en 2009 et 2010. En 2011, les résultats montrent une différence significative entre la condition azotée (13,97 feuilles) et celle non azotée (13,05 feuilles). Les résultats globaux des 3 ans montrent une différence non significative entre les conditions azotée et non azotée avec 11,75 feuilles en N0 contre 11,81 feuilles en N1. Ces observations révèlent que la fertilisation azotée ne favorise pas la production des feuilles des plantes même s'il existe de variabilités en nombre de feuilles entre certains pieds.

#### 4-2-1-2-3- Effet des traitements de binage sur la production de feuilles chez les plantes de maïs dans les conditions azotée et non azotée

##### 4-2-1-2-3-1- Effet des traitements de binage sur la production de feuilles en condition non azotée

L'effet des traitements de binage sur la production de feuilles des plantes de maïs dans la condition non azotée est présenté dans la figure 20.



**Figure 20: Effet des traitements de binage sur la production de feuilles des plantes du maïs en N0**

L'analyse de variance sur la production de feuilles des plantes de maïs en 2009 a permis d'identifier 5 groupes homogènes de traitements de binage. Le nombre de feuilles le plus faible (8,4 feuilles) est obtenu dans le groupe 1 constitué du Témoin Enherbé (TE) et le plus grand nombre de feuilles est obtenu dans le groupe 5 constitué des traitements B2 et P1 qui produisent 12 feuilles. Entre ces deux groupes, il existe des groupes intermédiaires qui sont compris entre 2 et 4. Dans ces groupes les traitements de binage présentent des plantes qui produisent en moyenne 9 feuilles en P4 (groupe2) ; 10,6 feuilles en B4, P3, B3 et B1 (groupe 3) et 10,9 feuilles en H1, P2, TP, H4, H3 et H2 (groupe 4). Un classement des traitements de binage dans l'ordre décroissant selon le nombre de feuilles est proposé comme suit: B2, P1, H2, H3, H4, TP, P2, H1, B1, B3, P3, B4, P4 et TE. Les résultats de ce classement montrent qu'il existe une grande variabilité du nombre de feuilles en fonction des différents traitements. Le nombre de feuilles n'étant pas forcément plus important dans le témoin maintenu propre tout le temps, le nombre de feuilles n'est pas proportionnel au nombre de binage. Ces observations suggèrent de réaliser 2 désherbages successifs au 15<sup>ème</sup> et au 30<sup>ème</sup> jour ou bien 3 désherbages successifs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour pour obtenir un nombre de feuilles élevé.

En 2010, les résultats obtenus font ressortir 3 groupes homogènes de traitements de binage en fonction du nombre de feuilles des plantes. Le premier groupe est constitué du Témoin Enherbé (TE) pour lequel, on note le nombre de feuilles le plus faible avec 10,5 feuilles en moyenne. Le traitement P4 constitue le second groupe avec 11,5 feuilles en moyenne. Le reste des traitements de binage constitue le troisième groupe dans lequel, le nombre de feuilles moyen ne dépassent pas 13 feuilles. Un classement des traitements dans l'ordre décroissant selon la production de feuilles de maïs obtenu est le suivant : TP, H2, B1, H4, H3, P2, B2, P1,

B4, B3, P3, H1, P4 et TE. Ainsi, il apparaît que plus la parcelle est désherbée plus le nombre de feuilles est important. Toutefois, la production de feuilles n'est pas significativement différente entre le témoin propre et la plupart des conditions de binage. Ces résultats révèlent la nécessité de désherber le maïs en début de cycle. Ainsi, les binages successifs au 15<sup>ème</sup> au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou bien au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis permettront d'obtenir un nombre de feuilles élevé.

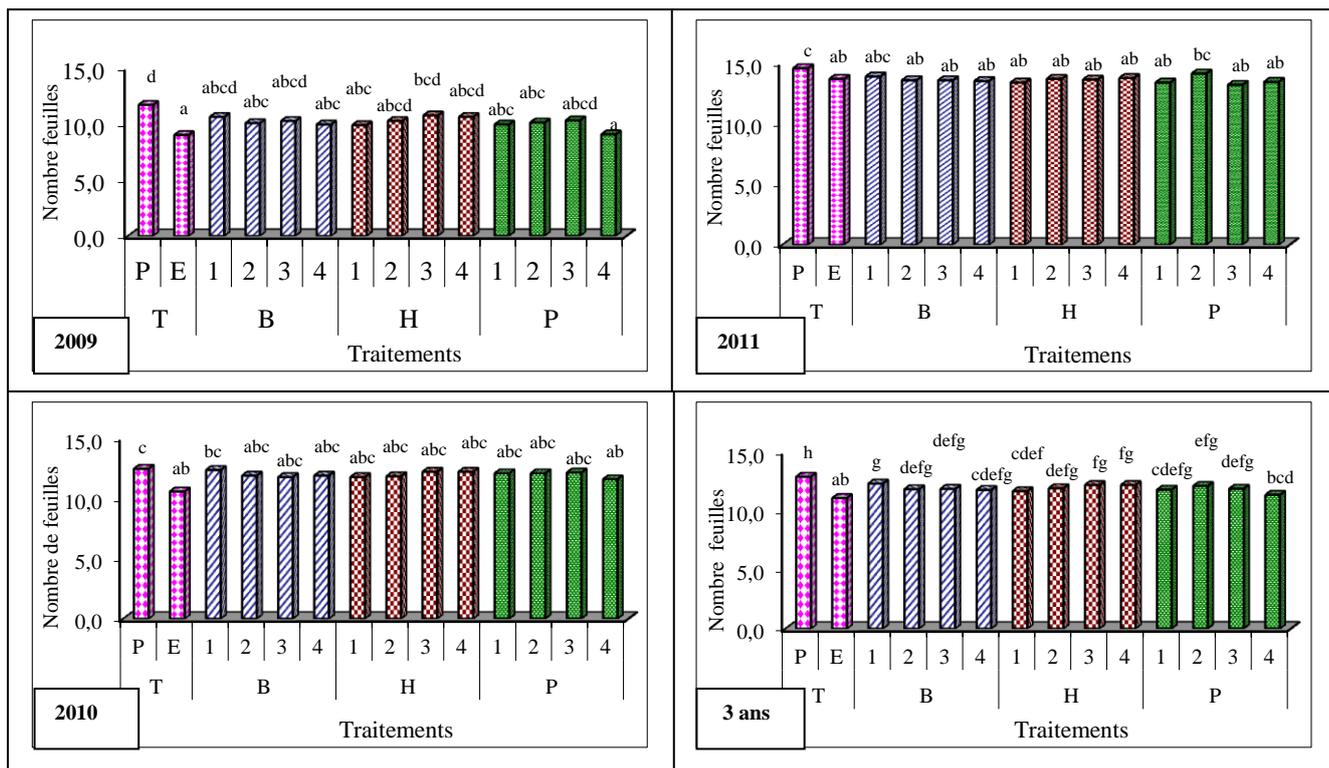
Les résultats obtenus en 2011 montrent que les traitements sont organisés en 3 groupes homogènes de traitements de binage. Les traitements P3, B4, P1 et P4 constituent le premier groupe dans lequel, les plantes produisent 13,1 feuilles en moyenne. Les traitements B3, H1, H2, H4, TP, TE, B2 et P2 constituent le second groupe. Dans ce groupe, les plantes produisent en moyenne 13,7 feuilles. Le groupe 3 rassemble le restant des traitements de binage qui produisent 14,1 feuilles en moyenne. Le classement des traitements dans l'ordre décroissant selon le nombre de feuilles est proposé comme suite : H3, P2, B1, B2, TE, TP, H4, H2, H1, H3, P4, P1, B4 et P3. Les résultats montrent que le traitement TE, laissé enherbé durant tout le cycle produise plus de feuilles que le traitement TP qui est tout le temps maintenu propre. En outre, il apparaît que le maintien de la culture propre durant tout le cycle ne produit pas forcément un nombre de feuilles élevé. Ces résultats montrent l'importance de désherber le maïs en début de cycle. Ainsi, la réalisation de 3 désherbages successifs au 15<sup>ème</sup>, au 30 et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 désherbages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour permet d'obtenir un nombre de feuilles élevé.

L'analyse des résultats cumulés des 3 ans sur la production de feuilles fait ressortir 8 groupes homogènes de traitements de binage. Le premier groupe est constitué d'un Témoin Enherbé (TE) dans lequel, le nombre de feuilles est le plus faible avec environ 10,7 feuilles alors que le huitième groupe est constitué des traitements H2 et H3 dans lesquels, les plantes produisent le nombre de feuilles le plus élevé pouvant atteindre 11,2 feuilles en moyenne. Entre ces groupes (1 et 8), Il existe des groupes intermédiaires en ce qui concerne le nombre de feuilles des plantes de l'ordre de : 11,5 feuilles en B4 (groupe 2) ; 11,4 feuilles en P3 et B4 (groupe 3) ; 11,6 feuilles en B3 (groupe 4) ; 11,7 feuilles en H1 (groupe 5) ; 11,9 feuilles en H4, TP, B1, P2 et P1 (groupe 6) ; 12,1 feuilles en H2 (groupe 7). Ces groupes peuvent être classés ainsi qu'il suit, dans l'ordre croissant du nombre de feuilles : (TE) ; (P4) ; (B4, P3) ; (B3) ; (H1) ; (P1, P2, TP, H4) ; (H2) et (B2, H3). Ces observations montrent que le désherbage du maïs en début de cycle est très important pour obtenir un nombre de feuilles élevé. Ainsi, 3 binages réalisés au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour permettent d'obtenir un nombre feuilles élevé.

Ces résultats montrent qu'en condition non azotée, même si la production de feuilles des plantes de maïs est comparable entre les traitements de binage, le désherbage du maïs en début de cycle permet d'obtenir un nombre de feuilles élevé. Ainsi, 3 ou 2 désherbages successifs à partir du 15<sup>ème</sup> jour sont proposés pour obtenir un nombre de feuilles élevé.

#### **4-2-1-2-3-2- En condition azotée (N1)**

L'effet des traitements de binage en condition azotée sur la production de feuilles des plantes est présenté dans la figure 21.



**Figure 21 : Effet des traitements de binage sur la production de feuilles des plantes de maïs en condition azotée**

Les résultats obtenus en 2009 font apparaître 5 groupes homogènes de traitements de binage. Le premier groupe est constitué des traitements TE et P4 dans lesquels, le nombre de feuilles des plantes est le plus faible avec 9,1 feuilles tandis que le dernier groupe (5) renferme le Témoin Propre (TP) dans lequel, on obtient le nombre de feuilles des plantes le plus important avec 11,6 feuilles. Il existe des groupes intermédiaires allant de 2 à 4. Il s'agit du groupe 2 qui rassemble les traitements H1, B4, P1, B2 et P2 où le nombre de feuilles des plantes est de l'ordre de 10,1 feuilles en moyenne ; du groupe 3 qui est constitué des traitements B3, H2, P3, B1 et H4 avec 10,5 feuilles et le groupe 4 qui est représenté par le traitement H3 pour lequel, le nombre de feuilles des plantes ne dépasse pas 10,6 feuilles. Ces résultats montrent l'importance de maintenir propre le maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis pour obtenir un nombre de feuilles des plantes de maïs satisfaisant.

En 2010, les traitements de binage sont organisés en 4 groupes homogènes selon la production des feuilles des plantes. Le premier groupe est composé des traitements TE, P4 dans lesquels, le nombre de feuilles est le plus faible et ne dépasse pas 11,5 feuilles alors que le nombre de feuilles le plus élevé (12,4 feuilles) est obtenu en TP (groupe 4). Les traitements B3, H1, B2, B4, P1, P2, P3, H3 et H4 constituent le second groupe dans lequel, le nombre de feuilles peut atteindre 12,2 feuilles. Le troisième groupe est constitué du traitement B1 où le nombre de feuilles des plantes peut atteindre 12,3 feuilles. Le classement de ces traitements dans l'ordre décroissant est le suivant : TP, B1, H3, H4, P3, P2, P1, B4, B2, H1, B3, P4 et TE. Ces observations montrent que le nombre de feuilles est important quand le maïs est maintenu propre en début de cycle au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

L'analyse de variance sur la production de feuilles en 2011 fait ressortir 4 groupes homogènes de traitements de binage. Les traitements qui constituent le groupe 1 sont : P3, H1, P1, P4, B4,

B3, B2, H3 H2, TE et H4 dans lesquels, le nombre de feuilles est le plus faible et ne dépassent pas 13,8 feuilles tandis que dans le groupe 4, le nombre de feuilles obtenu en TP est le plus élevé avec 14,6 feuilles. Dans le groupe 2, est constitué du traitement B1 où le nombre de feuilles atteint 14,1 en moyenne. Le traitement P2 qui a subi 2 désherbages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour, constitue le groupe 3 dans lequel, on note environ 14,2 feuilles en moyenne. Un classement dans l'ordre décroissant des traitements de binage en fonction du nombre de feuilles est proposé comme suit : TP, P2, B1, H4, TE, H2, H3, B2, B3, B4, P4, P1, H1 et P3. Ces résultats montrent que le nombre de feuilles est plus élevé lorsque les traitements ont subi de binage en début de cycle. Ainsi, 3 désherbages au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou bien 2 désherbages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour permettent de produire le plus grand nombre de feuilles.

L'analyse des résultats cumulés des 3 ans sur la production de feuilles fait ressortir 8 groupes de traitements de binage de même nature. Le premier groupe est constitué du Témoin Enherbé (TE) dans lequel, le nombre de feuilles est le plus faible avec environ 11,1 feuilles alors que le dernier groupe (8) est constitué du Témoin Propre (TP) dans lequel, les plantes produisent le nombre de feuilles le plus élevé pouvant atteindre 12,9 feuilles. Entre ces groupes (1 et 8), Il existe des groupes intermédiaires en ce qui concerne le nombre de feuilles des plantes : 11,4 feuilles en P4 (groupe 2) ; 11,6 feuilles en H1 (groupe 3) ; 12 feuilles en B2, B3, H2 et P3 (groupe 4) ; 12,1 feuilles en P2 (groupe 5) ; 12,3 feuilles en H3 et H4 (groupe 6) ; 12,5 feuilles en B1 (groupe 7). Les traitements peuvent être classés ainsi qu'il suit, dans l'ordre croissant selon le nombre de feuilles : TE, P4, B4, P3, B3, H1, P1, P2, TP, H4, H2, B2 et H3. Ces observations montrent que le désherbage du maïs en début de cycle est très important pour produire un nombre de feuilles élevé. Ainsi, 3 binages réalisés au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour permettent d'obtenir un nombre feuilles élevé.

Ces résultats en condition azotée (N1) montrent que la production de feuilles des plantes de maïs est plus importante lorsque le maïs est maintenu propre en début de cycle même si statistiquement les différences ne sont pas significatives.

### **Conclusion partielle sur la production de feuilles de la plante de maïs**

*La production de feuilles de la plante de maïs ne varie pas d'une année à l'autre.*

*La fertilisation azotée n'augmente pas le nombre de feuilles des plantes même s'il existe de variabilités en nombre de feuilles entre certains pieds dans certains traitements de binage.*

*Les traitements de binage n'affectent pas la production de feuilles des plantes de maïs. Le nombre de feuilles est presque constant même si en valeur absolue, il apparaît des différences entre le nombre de feuilles moyen dans certains traitements.*

### **4-2-1-3-Effet de l'année, de la fertilisation azotée et non azotée et des traitements de binage sur la circonférence des tiges au collet**

Les résultats de l'ANOVA de l'effet de l'année, de la fertilisation azotée, des traitements de binage et des interactions entre ces facteurs sur la circonférence des tiges sont présentés dans le tableau 14.

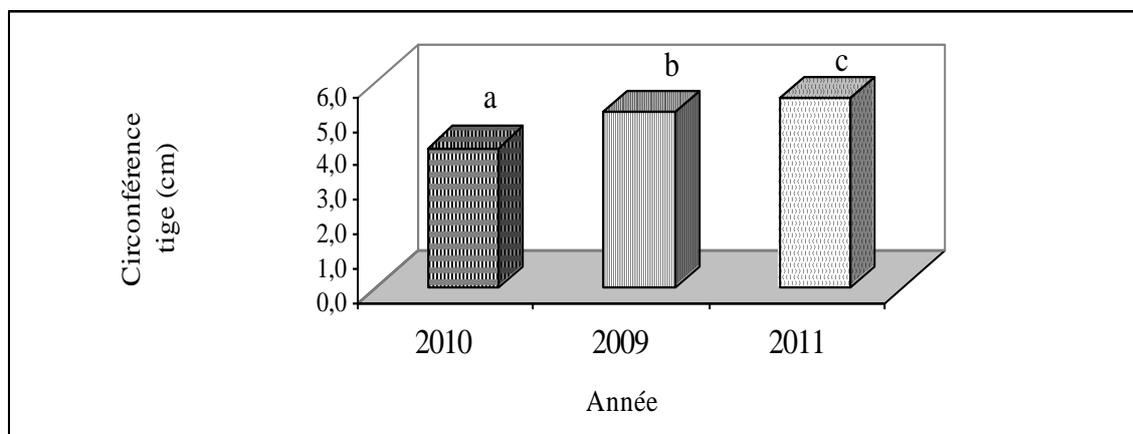
**Tableau 14 : Résultats de l'ANOVA sur la circonférence au collet des tiges**

	Circonférence tige
Fertilisation azotée	***
Traitements de binage	*
Interaction fertilisation azotée/traitements de binage	**
Année	**
Interaction année/fertilisation azotée	**
Interaction année/traitements de binage	NS
Interaction année/fertilisation azotée/traitements de binage	NS

Les résultats de l'ANOVA montrent que les effets de la fertilisation azotée, des traitements de binage, de l'année, des interactions fertilisation azotée/traitements de binage et année/fertilisation azotée ont des effets significatifs sur la circonférence de la tige au collet. Les interactions année/traitements de binage et année/fertilisation azotée/traitements de binage ont des effets non significatifs sur la circonférence au collet des tiges.

#### **4-2-1-3-1- Effet de l'année sur la circonférence des tiges au collet**

La circonférence au collet des tiges au cours des 3 ans d'expérimentation est présentée dans la figure suivante.

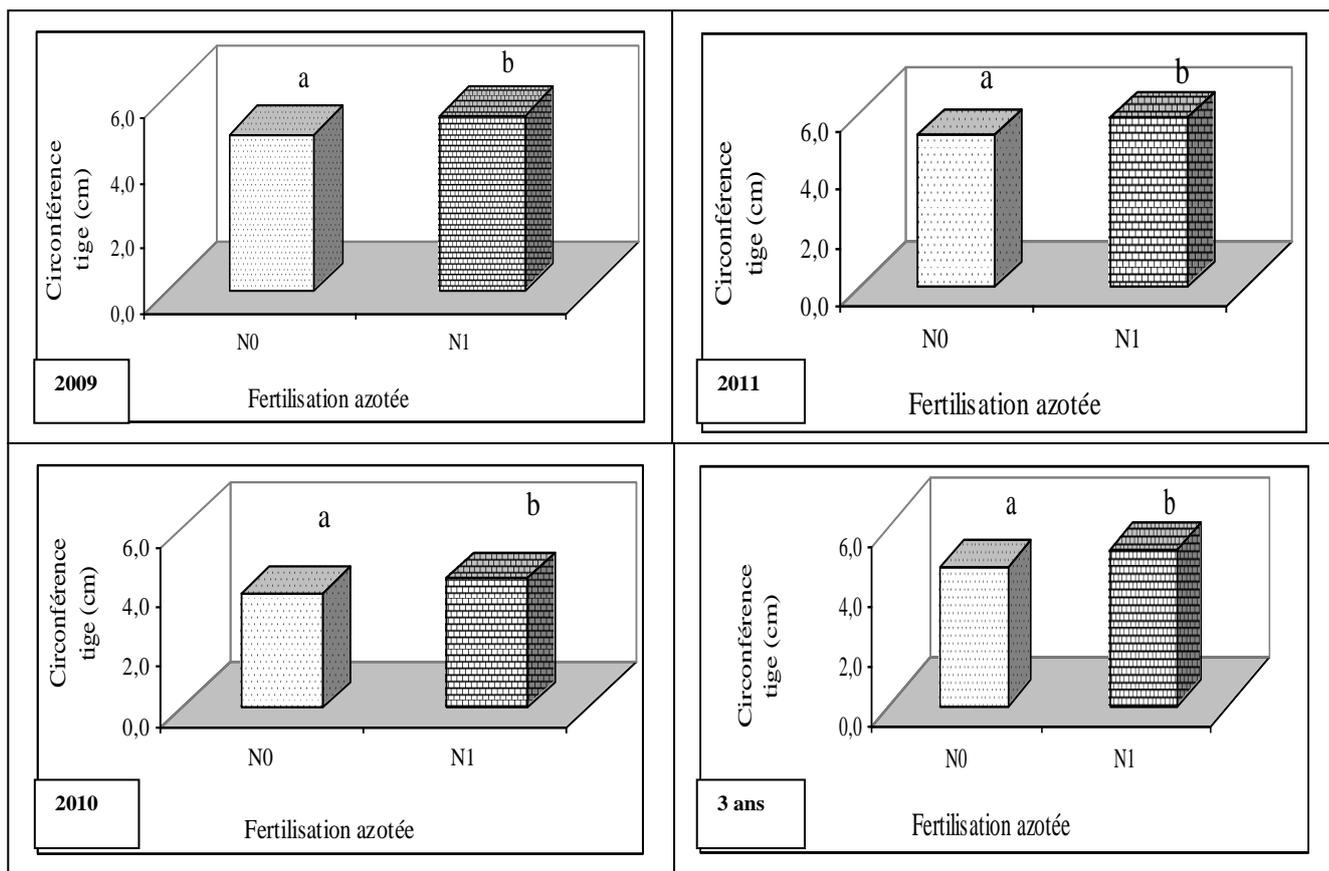


**Figure 22 : Effet de l'année sur la circonférence des tiges au collet**

Les résultats de l'ANOVA montrent que la circonférence des tiges au collet est variable d'une année à l'autre. Ces variations de circonférence sont significativement différentes. La circonférence la plus élevée est obtenue en 2011 (5,71 cm) suivie de celle de 2009 (5,25 cm) et de 2010 (4,01 cm). Ces résultats montrent que l'effet de l'année a une influence sur la circonférence au collet des tiges de maïs.

#### **4-2-1-3-2- Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la circonférence des tiges au collet**

Les résultats de l'effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la circonférence des tiges sont présentés dans la figure suivante 23.



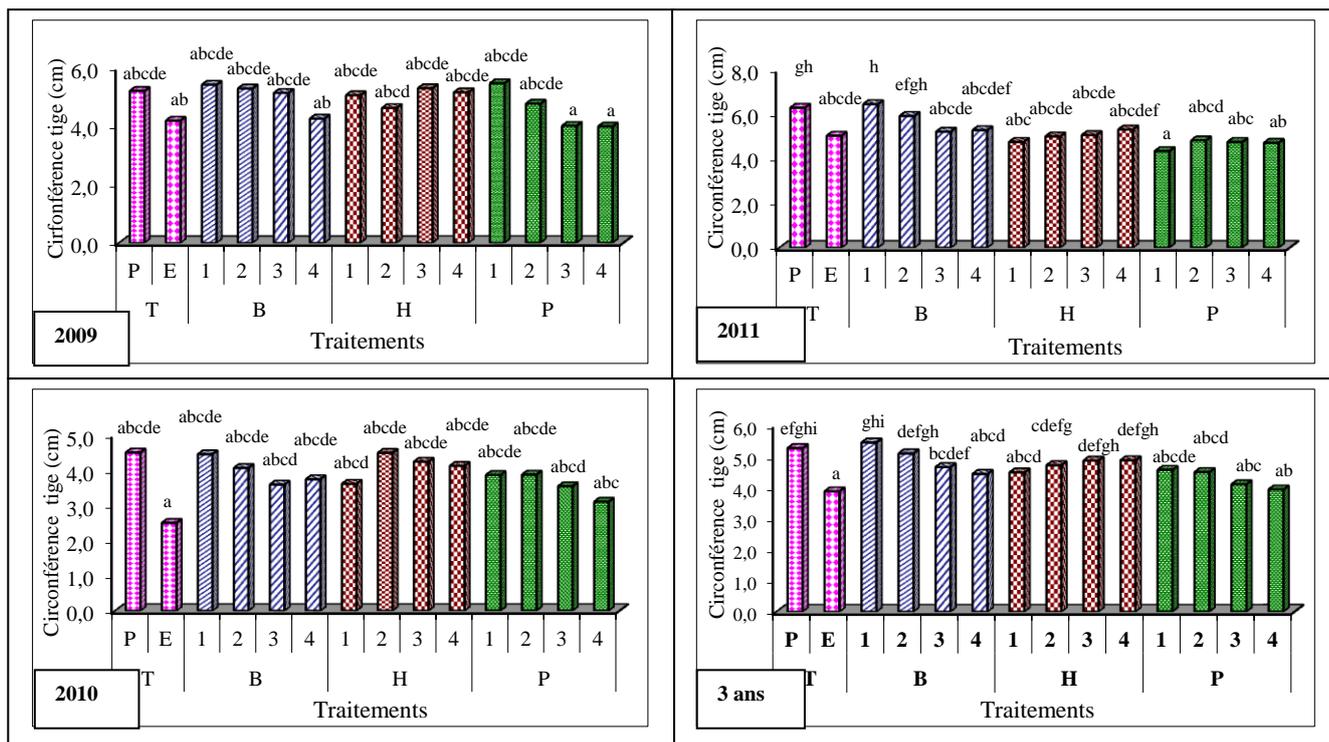
**Figure 23 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la circonférence au collet des tiges**

L'analyse des résultats indiquent des différences significatives de circonférences au collet des tiges entre les conditions azotée et non azotée en 2009, 2010, 2011. En outre, lorsque les résultats des 3 années sont pris ensemble, l'effet de la fertilisation azotée est significatif sur la circonférence au collet des tiges. La fertilisation azotée entraîne une augmentation de la circonférence des tiges du maïs.

#### **4-2-1-3-3- Effet des traitements de binage sur la circonférence au collet des tiges dans les conditions azotée (N1) et non azotée (N0)**

##### **4-2-1-3-3-1- En condition non azotée (N0)**

L'effet des traitements de binage sur la circonférence des tiges au collet en condition non azotée est présenté dans la figure suivante.



**Figure 24 : Effet des traitements de binage sur la circonférence au collet des tiges en condition non azotée**

Les résultats obtenus en 2009 fait ressortir 4 groupes homogènes de traitements de binage selon les circonférences au collet des tiges des plantes de maïs. Le groupe 1 est constitué des traitements P4 et P3 pour lesquels, la circonférence au collet des tiges des plantes est la plus faible avec 4 cm. Dans le groupe 2, les traitements TE et B4 présentent des circonférences au collet des tiges d'environ 4,2 cm. Le traitement H2 constitue le groupe 3 dans lequel, on note environ 4,6 cm pour la circonférence des tiges au collet. Le dernier groupe est composé du reste des traitements dans lesquels, la circonférence au collet des tiges peut atteindre 5,6 cm. Ces groupes sont classés dans l'ordre croissant selon les circonférences des tiges dans les traitements de binage comme suit : (P4, P3), (TE, B4), (H2) et (P2, H1, B3, H4, TP, B2, H3 et P1). Ce classement révèle l'importance de biner les parcelles de maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup> et au 30<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis pour obtenir des plantes avec des circonférences au collet des tiges élevées.

En 2010, les résultats sur la circonférence au collet des tiges sont organisés en 4 groupes homogènes de traitements de binage. Le groupe 1 est constitué du Témoin Enherbé (TE) dans lequel, la circonférence au collet des tiges est la plus faible (2,5 cm) alors que la plus élevée (5 cm) est obtenue dans les traitements suivant B4, P1, P2, B2, H4, H3, B1, H2 et TP qui composent le dernier groupe (4). Le traitement P4 constitue le groupe 2 dans lequel, on note une circonférence au collet des tiges d'environ 3,1 cm. Le groupe 3 est constitué des traitements P3, B3 et H1 pour lesquels, la circonférence des tiges au collet ne dépasse 3,6 cm. Ces observations montrent l'importance de maintenir propre le maïs en début de cycle.

Les résultats obtenus en 2011 sont organisés en 9 groupes homogènes de traitement de binage selon les circonférences au collet des tiges. Le premier groupe est constitué du traitement P1 dans lequel, la circonférence au collet des tiges est la plus faible avec environ 4,3 cm alors

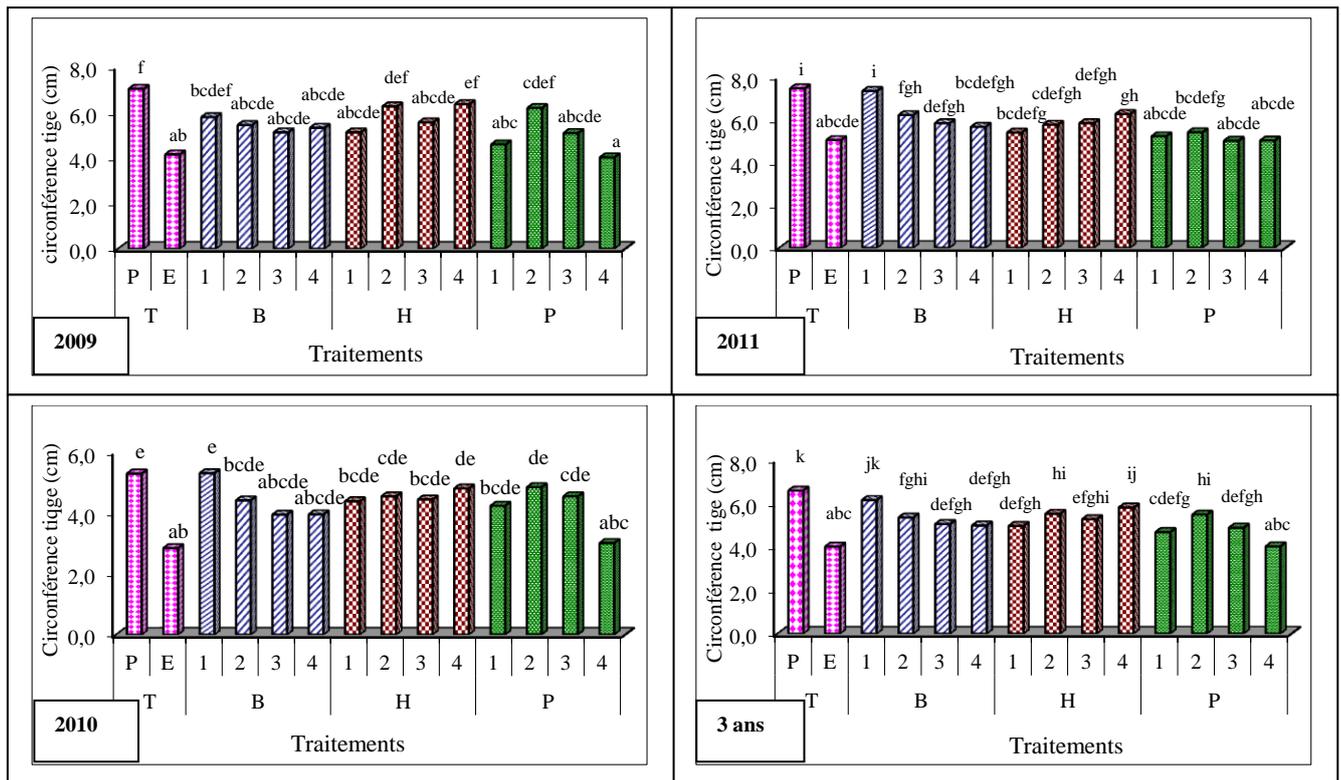
que le dernier groupe (9) est constitué du traitement B1 dans lequel, la circonférence au collet des tiges est la plus élevée avec 6,4 cm. Entre ces groupes (1 et 9), il existe des groupes intermédiaires en ce qui concerne la circonférence des tiges au collet : 4,7 cm en P4 (groupe 2) ; 4,7 cm en P3 et H1 (groupe 3) ; 4,8 cm en P2 (groupe 4) ; 5,2 cm en H2, TE, H3 et B3 (groupe 5) ; 5,3 cm en B4 et H4 (groupe 6); 5,9 cm en B2 (groupe 7) et 6,3 cm en TP (groupe 8). Un classement dans l'ordre croissant des circonférences au collet des tiges obtenues dans les traitements de binage est proposé comme suit: (P1) ; (P4) ; (H1 et P3) ; (P2) ; (TE, B3, H2, H3) ; (B4, H4) ; (B2) ; (TP) et (B1). Ce classement montrent que pour obtenir une circonférence au collet de la tige élevée il faut maintenir propre le maïs en début de cycle jusqu'au 45<sup>ème</sup> jour après les semis.

Les résultats cumulés des 3 ans sur la circonférence des tiges ont fait ressortir 10 groupes homogènes de traitements de binage. Le groupe 1 est constitué du Témoin Enherbé (TE) où la circonférence au collet des tiges est la plus faible avec 3,8 cm alors que le traitement B1 qui est maintenu propre pendant 60 jours présente la circonférence la plus élevée avec 5,4 cm (groupe 10). Entre ces deux groupes, il existe des groupes intermédiaires allant de 2 à 9. Les groupes 2 et 3 sont respectivement constitués des traitements (P4) et (P3) avec des circonférences au collet des tiges qui ne dépassent pas 3,9 cm en P4 (groupe 2) et 4,1 cm en P3 (groupe 3). Le groupe 4 est composé des traitements B4, H1 et P2 dans lesquels, la circonférence au collet des tiges peuvent atteindre 4,4 cm. Les groupes 5, 6, 7, 8 et 9 sont respectivement constitués des traitements (P1) ; (B3) ; (H2) ; (H4, H3 et B2) et (TP) pour lesquels, la circonférence au collet des tiges peuvent atteindre 4,5 cm en P1 (groupe 5) ; 4,6 cm en B3 (groupe 6) ; 4,7 cm en H2 (groupe 7) ; 5,1 cm en H4, H3 et B2 (groupe 8) et 5,2 cm en TP (groupe 9). Ces observations montrent que le maïs nécessite d'être maintenu propre en début de cycle au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour.

En condition non azotée, les résultats montrent qu'il est important de maintenir propre le maïs en début de cycle. Ainsi, 3 désherbages successifs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour sont nécessaires pour obtenir des circonférences des tiges de maïs élevées.

#### **4-2-1-3-3-2- En condition azotée (N1)**

L'effet des traitements de binage sur la circonférence des tiges en N1 sont présentés dans la figure 25.



**Figure 25 : Effet traitements de binage sur la circonférence des tiges au collet en condition azotée**

En 2009, les résultats révèlent l'existence de 9 groupes homogènes de traitements de binage. Le premier groupe est constitué du traitement P4 dans lequel, la circonférence des tiges au collet est la plus faible avec environ 4 cm alors que le dernier groupe (9) est constitué du Témoin Propre (TP) dans lequel, la circonférence des tiges au collet est la plus élevée avec 7 cm. Entre ces groupes (1 et 9), il existe des groupes intermédiaires en ce qui concerne la circonférence au collet tiges des plantes : 4,2 cm en TE (groupe 2) ; 4,6 cm en P1 (groupe 3) ; 5,5 cm en P3, H1, B3, B4, B2 et H3 (groupe 4) ; 5,7 cm en B1 (groupe 5) ; 6,1 cm en P2 (groupe 6) ; 6,2 cm en H2 (groupe 7) et 6,3 cm en H4 (groupe 8). Ces résultats montrent que les circonférences des tiges au collet sont relativement plus élevées lorsque le maïs est maintenu propre en début de cycle. Ainsi, pour obtenir des circonférences des tiges élevées il est nécessaire de réaliser au moins 3 désherbages au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

L'analyse des résultats sur circonférence des tiges au collet en 2010 a permis de distinguer 7 groupes homogènes de traitements de binage. Le premier groupe est constitué du Témoin enherbé (TE) dans lequel, la circonférence des tiges au collet est la plus faible avec 2,8 cm tandis que le dernier groupe (7) constitué des traitements TP et B1, présente la plus grande circonférence au collet des tiges avec 5,3 cm. Le traitement P4 constitue le deuxième groupe (2) dans lequel, la circonférence au collet des tiges ne dépasse 3 cm. Le troisième groupe rassemble les traitements B3 et B4 où la circonférence au collet des tiges est de l'ordre de 3,9 cm. Les traitements P1, H1, B2 et H3 forment le quatrième groupe. Dans ce groupe la circonférence au collet des tiges peut atteindre 4,4 cm. Le groupe 5 renferme les traitements P3, et H2 dans lesquels, la circonférence au collet des tiges atteint 4,5 cm. Le groupe 6 est constitué du traitement H4 et P2 où la circonférence des tiges au collet peut atteindre 4,8 cm.

Il résulte de ces résultats que les circonférences des tiges au collet sont élevées lorsque les parcelles sont désherbées en début de cycle du maïs. Ainsi, ces résultats suggèrent de réaliser 3 binages au 15<sup>ème</sup>, au 30 et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

L'analyse des résultats obtenus en 2011 sur la circonférence des tiges au collet fait ressortir 8 groupes homogènes de traitements de binage. Le premier groupe est constitué des traitements P3, P4, TE et P1 dans lesquels, la circonférence au collet des tiges est la plus faible avec environ 5 cm tandis que le dernier groupe (8) est constitué des traitements B1 et TP dans lesquels, la circonférence au collet des épis est plus élevée avec 7,4 cm. Entre ces groupes (1 et 8), il existe des groupes intermédiaires allant de 2 à 7 en ce qui concerne la circonférence des tiges au collet qui peut atteindre : 5,3 cm en H1 et P2 (groupe 2) ; 5,6 cm en B4 (groupe 3); 5,7 cm en H2 (groupe 4) ; 5,8 cm en H3 et B3 (groupe 5) ; 6,2 cm en B2 (groupe 6) ; 6,3 cm en H4 (groupe 7). Ces résultats montrent que les circonférences au collet des tiges sont plus élevées lorsque le maïs est maintenu propre en début de cycle à partir du 15<sup>ème</sup> jour jusqu'au moins 45 jours.

Les résultats globaux des 3 ans font ressortir 8 groupes homogènes de traitements de binage selon les circonférences au collet des tiges. Les traitements TE et P4 constituent le premier groupe avec des circonférences qui ne dépassent pas 4,1 cm. Le second groupe rassemble les traitements P1, P3, H1, B4 et B3 où la circonférence au collet des tiges est de l'ordre de 5,1 cm. Les groupes 3 et 4 sont respectivement composés des traitements (H3) et (B2) dans lesquels, la circonférence des tiges au collet ne dépasse pas 5,2 cm en H3 (groupe 3) et 5,3 cm en B2 (groupe 4). Le groupe 5 est constitué des traitements P2 et H2 pour lesquels, la circonférence au collet des tiges atteint 5,5 cm. Les groupes 6 et 7 sont respectivement constitués des traitements (H4) et (B1) où la circonférence des tiges au collet atteint 5,8 cm en H4 (groupe 6) et 6,2 cm en B1 (groupe 7). Le dernier groupe est constitué du Témoin Propre (TP) où la circonférence des tiges au collet atteint 6,6 cm. Ces résultats indiquent l'importance de biner le maïs en début de cycle. Ainsi, ces observations suggèrent de désherber le maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour pour obtenir des circonférences des tiges au collet élevées.

Dans la condition azotée, les résultats indiquent la nécessité de maintenir propre les parcelles de maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour pour obtenir des circonférences au collet des tiges élevées.

### **Conclusion partielle sur la circonférence des tiges**

*L'effet année a une influence significative sur la circonférence des tiges de maïs.*

*La fertilisation azotée augmente la circonférence des tiges de maïs.*

*La réalisation de 3 désherbages successifs en début de cycle du maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour permet d'obtenir des plantes avec des circonférences élevées.*

#### 4-2-1-4- Effet de l'année, de la fertilisation azotée et non azotée et des traitements de binage sur l'allongement de la feuille sous épi

Les résultats de l'ANOVA de l'effet de l'année, de la fertilisation azotée, des traitements de binage et des interactions entre ces facteurs sur la longueur des feuilles sous épi sont présentés dans le tableau suivant.

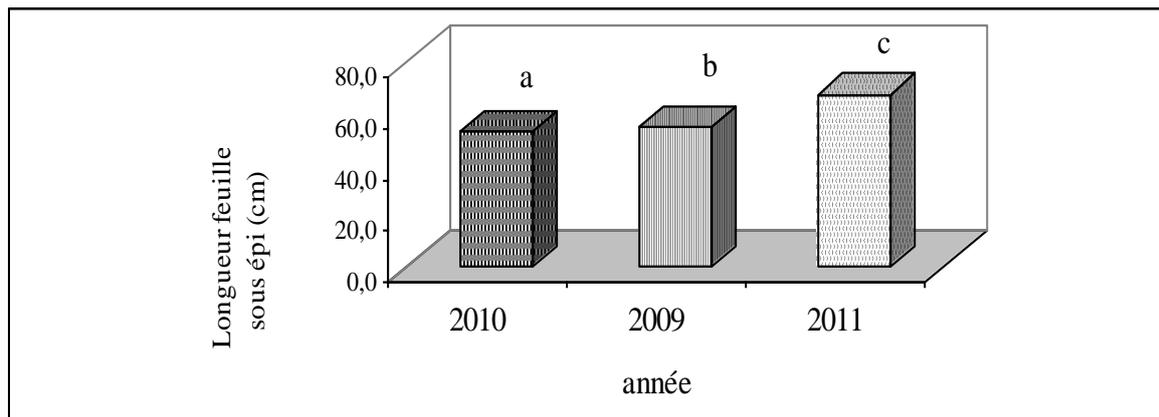
**Tableau 15 : Résultats de l'ANOVA sur l'allongement des feuilles sous épi**

	Longueur feuilles sous épi
Fertilisation azotée	***
Traitements de binage	***
Interaction fertilisation azotée/traitements de binage	NS
Année	***
Interaction année/fertilisation azotée	**
Interaction année/traitements de binage	**
Interaction année/fertilisation azotée/traitements de binage	NS

Ces résultats montrent que la fertilisation azotée, le traitement de binage, l'année, les interactions année/fertilisation azotée et année/traitements de binage ont des effets significatifs sur la longueur des feuilles sous épi. Les interactions entre la fertilisation azotée/traitements de binage et l'année/fertilisation azotée/traitements de binage ont des effets non significatifs sur la longueur des feuilles sous épi. Ainsi, dans la suite du travail, ces effets seront analysés pour chaque facteur.

##### 4-2-1-4-1- Effet de l'année sur l'allongement des feuilles sous épi

La longueur des feuilles sous épi au cours des 3 ans sont présentés dans la figure suivante.



**Figure 26 : Effet de l'année sur l'allongement des feuilles sous épi**

Les résultats de l'ANOVA montrent que la longueur des feuilles sous épi peut être plus ou moins élevée d'une année à l'autre. Ces variations de longueur des feuilles porte épi sont significativement différentes. La longueur de la feuille sous épi est plus importante en 2011 (67,18 cm) suivi de celle de 2009 (54,51 cm) et de 2010 (52,49 cm). Ces observations montrent que l'effet de l'année a une influence sur la longueur des feuilles porte épi.

#### 4-2-1-4-2- Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur l'allongement des feuilles sous épi

L'effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la longueur des feuilles sous épi sont présentés dans les figures ci-dessous.

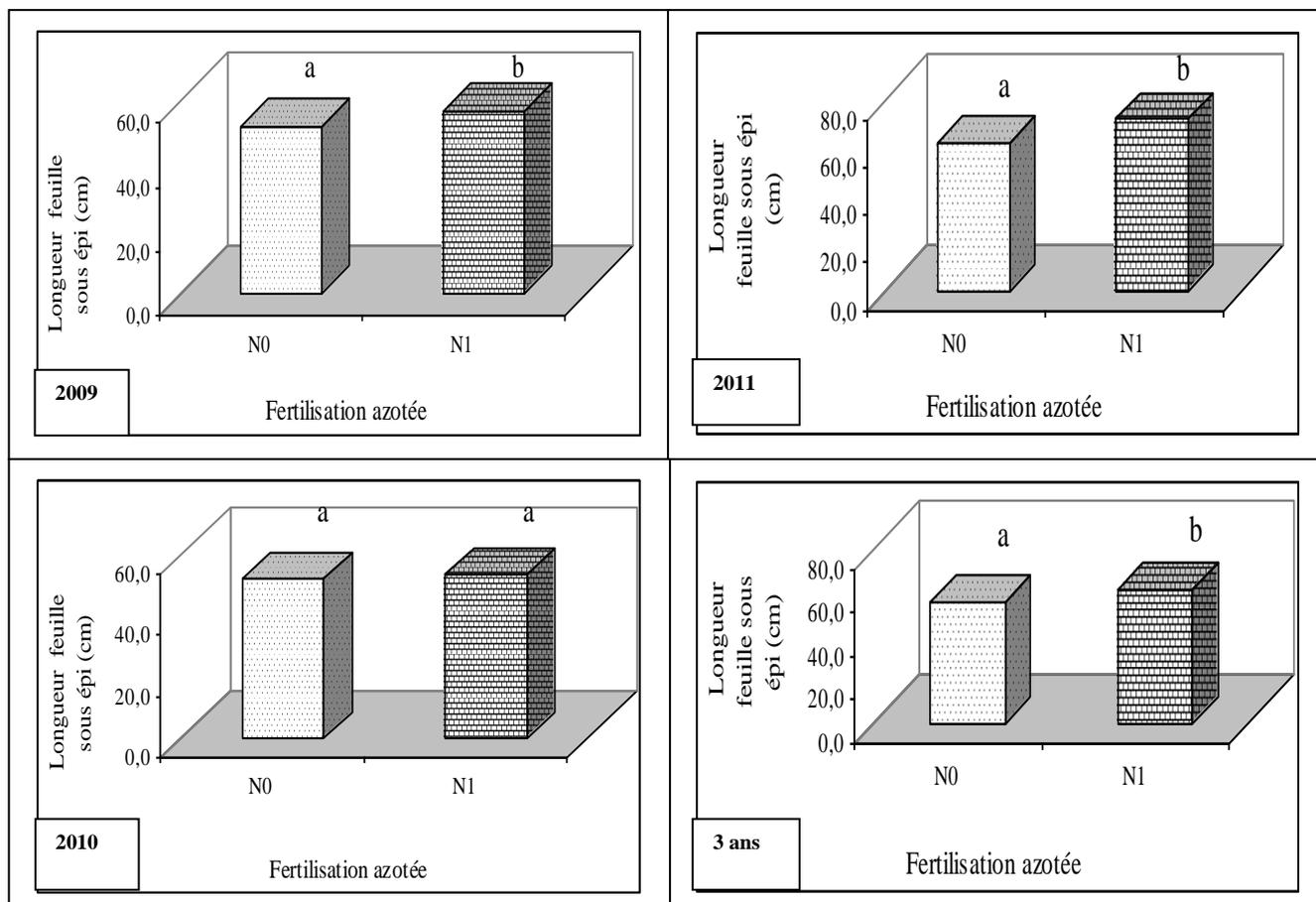


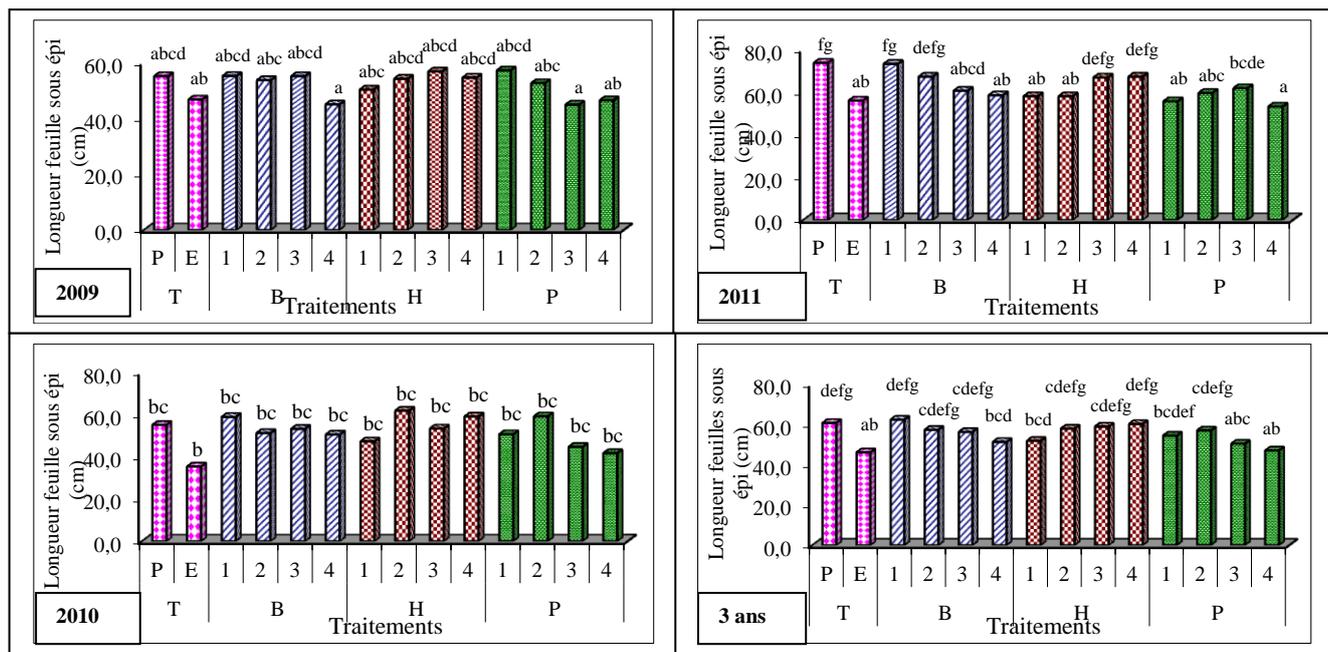
Figure 27 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur l'allongement des feuilles sous épi

L'analyse des résultats sur chaque année prise isolément, fait apparaître des différences significatives de longueurs des feuilles sous épi entre les conditions azotée (N1) et non azotée (N0) en 2009 et en 2011 alors qu'en 2010 ces différences ne sont pas significatives avec toutefois une longueur des feuilles sous épi est supérieure en condition azotée. En outre, lorsque les résultats des 3 années sont cumulés, l'effet de la fertilisation azotée est significatif sur la longueur des feuilles sous épi. La fertilisation azotée entraîne une augmentation de la longueur des feuilles sous épi du maïs.

#### 4-2-1-4-3- Effet des traitements de binage sur l'allongement des feuilles sous épi dans les conditions azotée (N1) et non azotée (N0)

##### 4-2-1-4-3-1- En condition non azotée

L'effet des traitements de binage sur la longueur des feuilles sous épi en condition non azotée est présenté dans les figures suivantes.



**Figure 28 : Effet des traitements de binage sur l'allongement des feuilles sous épi en N0**

L'analyse des résultats de la longueur de la feuille sous épi en 2009 a permis de distinguer 4 groupes homogènes de traitements de binage. Le premier groupe est constitué des traitements P3 et B4 pour lesquels, la longueur des feuilles sous épi est la plus faible avec 45 cm. Les traitements P4 et TE constitue le second groupe dans lequel, la longueur des feuilles sous épi ne dépasse 46,7 cm. Le troisième groupe rassemble les traitements H1, P2 et B2 où la longueur des feuilles sous épi est de l'ordre de 53,6 cm. Les traitements H2, H4, B3, TP, B1, H3 et P1 forment le quatrième groupe. Dans ce groupe la longueur des feuilles sous épi peut atteindre 57,2 cm. La succession des traitements dans les groupes montre que les longueurs des feuilles sous épi sont plus importantes pour les traitements qui sont maintenus propres en début de cycle au 15<sup>ème</sup> et au 30<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

Les résultats obtenus en 2010 montrent que les traitements sont organisés en 2 groupes homogènes selon les longueurs des feuilles sous épi. Le groupe 1 est constitué du Témoin Enherbé (TE). Dans ce groupe la longueur des feuilles sous épi est de l'ordre de 35,4 cm et est comparable à celles des autres traitements même s'il existe en valeur absolue de différences de longueurs de feuilles sous épi. Le groupe 2 est constitué du reste des traitements pour lesquels, la longueur de la feuille sous épi ne dépasse pas 61 cm. Un classement dans l'ordre décroissant des longueurs des feuilles sous épi des traitements de binage est proposé comme suit : TP, B1, B2, B3, B4, H1, H2, H3, H4, P1, P2, P3 et P4 et TE. Ces observations indiquent la longueur des feuilles sous épi est plus important dans les traitements maintenus propres en début de cycle du maïs. Ainsi, pour obtenir des longueurs de feuilles sous épi élevées, il faut réaliser 3 binages au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

L'analyse des résultats des longueurs des feuilles sous épi en 2011 a permis de distinguer 7 groupes homogènes de traitements de binage. Le premier groupe est constitué du traitement P4 dans lequel, la longueur des feuilles sous épi est la plus faible avec 53,2 cm tandis que le dernier groupe (7) est composé des traitements B1 et TP dans lesquels, la longueur des feuilles sous épi atteint 73,8 cm. Les traitements P1, TE, H1, H2 et B4 pour lesquels, la

longueur des feuilles sous épi peut atteindre 58,6 cm constitue le second groupe. Le troisième, le quatrième et le cinquième groupe sont respectivement constitués des traitements (P2) ; (B3) et (P3) où la longueur des feuilles sous épi est de l'ordre de 59,6 cm en P2 (groupe 3) ; 60,6 cm en B3 (groupe 4) et 61,8 cm en P3 (groupe 5). Les traitements H3, H4 et B2 forment le sixième groupe. Dans ce groupe, la longueur des feuilles porte épi peut atteindre 67,4 cm. Ces observations montrent l'importance de biner le maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

Les résultats cumulés des 3 ans font ressortir 6 groupes homogènes de traitements de binage selon la longueur de la feuille sous épi. Le groupe 1 est constitué des traitements TE et P4. Dans ce groupe, la longueur des feuilles sous épi est la plus faible et ne dépasse pas 47,2 cm alors que la plus élevée est obtenue dans le dernier groupe constitué des traitements H4, TP et B1 pour lesquels, la longueur des feuilles sous épi peut atteindre 62,5 cm. Dans le groupe 2, le traitement P3 présente des feuilles sous épi d'environ 50,5 cm de long. Le groupe 3 est constitué des traitements B4 et H1 où la longueur des feuilles sous épi atteint 51,9 cm. Le traitement P1 constitue le groupe 4 avec des feuilles sous épi d'ordre de 54,6 cm. Le groupe 5 est composé des traitements B3, P2, B2, H2 et H3 dans lesquels, la longueur des feuilles sous épi est d'environ 59,1 cm. Ces résultats révèlent que les longueurs de feuilles sous épi sont importantes dans les traitements maintenus propres en début de cycle du maïs. Ainsi, pour obtenir des longueurs de feuilles sous épi élevées, il faut réaliser 3 binages au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

En N0, 3 désherbages en début de cycle du maïs est au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis est nécessaire pour obtenir des longueurs des feuilles sous épi élevées.

#### 4-2-1-4-3-2- En condition azotée N1

L'effet des traitements de binage sur la longueur des feuilles sous épi en N1 est présenté dans les figures suivantes (fig. 29).

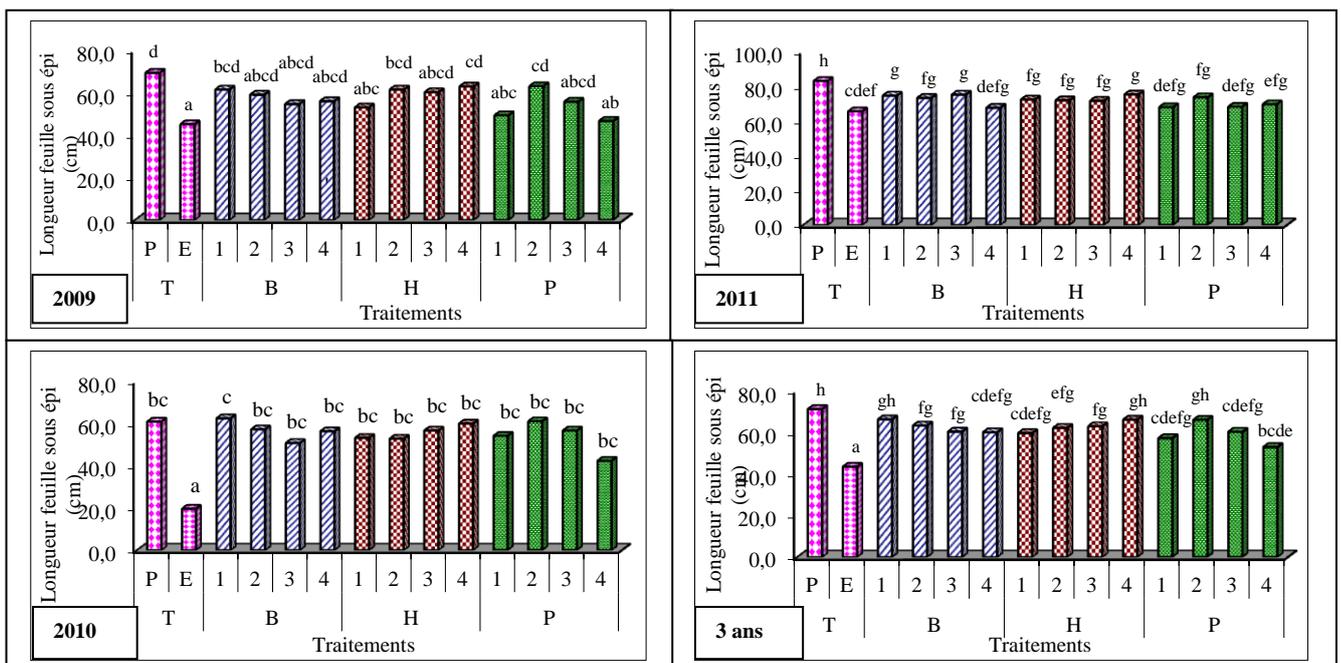


Figure 29 : Effet des traitements de binage sur l'allongement des feuilles sous épi en condition azotée

En 2009, les résultats révèlent l'existence de 7 groupes homogènes de traitement de binage. Le premier groupe est constitué du Témoin Enherbé (TE) dans lequel, la feuille sous épi présente la plus faible longueur avec environ 45 cm alors que le dernier groupe est constitué du Témoin Propre (TP) où la longueur des feuilles sous épi peut atteindre 69,5 cm. Les groupes 2 et 3 sont respectivement constitués des traitements (P4) et (P1 et H1) où la longueur des feuilles sous épi peut atteindre 46,8 cm en P4 (groupe 2) et 53,1 cm en P1 et H1 (groupe 3). Les traitements B3, P3, B4, B2 et H3 constituent le quatrième groupe. Dans ce groupe la longueur des feuilles sous épi n'atteint pas 60,3 cm. Les groupes 5 et 6 sont respectivement composés des traitements (B1 et H1) et (H4 et P2) pour lesquels, la longueur de la feuilles sous épi peut atteindre 61,6 cm pour les traitements du group 5 et 63,1 cm pour les traitements du group 6. La succession des traitements de binage dans ces groupes indique qu'il est utile de maintenir propre le maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou bien au 45<sup>ème</sup> jour après le binage démariage.

En 2010, les résultats sur la longueur des feuilles sous épi font ressortir 3 groupes homogènes de traitements de binage. Le groupe 1 est constitué du traitement TE laissé enherbé jusqu'à la récolte. Ce traitement présente la plus faible longueur de feuilles sous épi avec 19,7 cm alors la plus élevée (62,5 cm) est obtenue pour le traitement B1 maintenu propre pendant 60 jours (groupe 3). Les traitements P4, B3, H2, H1, P1, B4, P3, H3, B2, H4, TP et P2 constituent le second groupe dans lequel, la longueur des feuilles sous épi peut atteindre 61 cm de long. Un classement dans l'ordre décroissant selon la longueur des feuilles sous épi des traitements de binage est le suivant : B1, P2, TP, H4, B2, H3, P3, B4, P1, H1, H2, B3, P4, TE. La succession de ces traitements suggèrent de désherber la culture du maïs au stade jeune plant au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou bien au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

Les résultats obtenus en 2011 fait ressortir 6 groupes homogènes de traitements de binage selon la longueur de la feuille sous épi. Le groupe 1 est constitué du Témoin Enherbé (TE). Dans ce groupe, la longueur des feuilles sous épi est la plus faible avec 65,5 cm alors que le dernier groupe (6) est constitué du Témoin Propre (TP) pour lequel, la longueur des feuilles sous épi atteint 83,1 cm. Dans le groupe 2, les traitements B4, P1 et P3 présentent des longueurs de feuilles sous épi d'environ 68,2 cm. Le groupe 3 est constitué du traitement P4 où la longueur des feuilles sous épi atteint 69,6 cm. Les traitements H3, H2, H1, B2 et P2 constituent le groupe 4 dans lesquels, on note une longueur de feuilles sous épi d'environ 73,6 cm. Le groupe 5 est composé des traitements B1, B3 et H4 dans lesquels, la longueur des feuilles sous épi peut atteindre 75,3 cm. Ces résultats montrent l'importance de maintenir la culture de maïs exempte des adventices en début de cycle jusqu'au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

Les résultats globaux des 3 ans font ressortir 7 groupes homogènes de traitements de binage en fonction de la longueur des feuilles sous épi. Les groupes 1 et 7 sont respectivement constitués des Témoins Enherbe (TE) avec la longueur sous épi la plus faible (43,5 cm) et Propre (TP) avec la longueur la plus élevée (71,2 cm). Entre ces groupes (1 et 7), il existe de groupe intermédiaires pour lesquels, la longueur de la feuilles sous épi est dans l'ordre de 52,9 cm en P4 (groupe 2) ; 60,3 cm en H1, B4, P3 et B3 (groupe 3) ; 62,9 cm en H2 (groupe 4) ; 63,2cm en H3 et B2 (groupe 5) et 66,2cm en P2, H4 et B1 (groupe 6). Il ressort de ces observations que plus les traitements sont maintenus propres en début de cycle du maïs plus la

longueur de la feuille porte épi est importante. Ainsi, 3 désherbages sont nécessaires pour obtenir une longueur de feuilles sous épi élevée.

Dans la condition azotée, plus les traitements sont maintenus propres en début de cycle du maïs plus la longueur de la feuille sous épi est importante. Ainsi, il est utile de maintenir le maïs propre au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour.

### **Conclusion partielle sur l'allongement des feuilles sous épi**

*L'effet de l'année sur la longueur des feuilles porte épi varie d'une année à l'autre.*

*La fertilisation azotée augmente la longueur des feuilles sous épi du maïs.*

*Les traitements de binage en début de cycle du maïs sont importants pour obtenir une longueur de feuilles sous épi élevée. Ainsi, il est utile de biner le maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou au 45<sup>ème</sup> jour après un binage démariage au 15<sup>ème</sup> jour après semis.*

### **4-2-1-5 - Effet de l'année, de la fertilisation azotée et non azotée et des traitements de binage sur l'allongement de la tige avant insertion de l'épi**

Les résultats de l'ANOVA de l'effet de l'année, de la fertilisation, des traitements de binage et des interactions entre ces facteurs sur la longueur de la tige avant épi sont consignés dans le tableau 16.

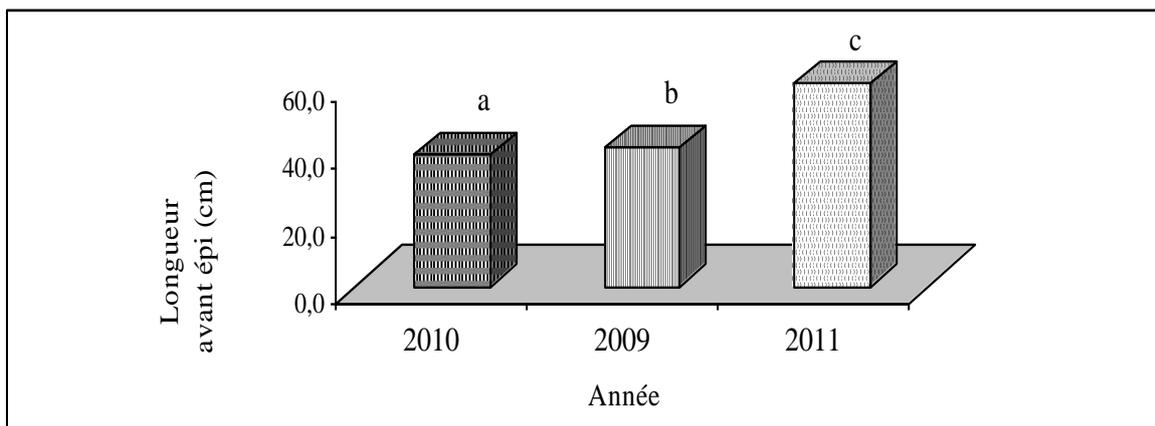
**Tableau 16 : Résultats de l'ANOVA sur l'allongement de la tige avant épi**

	Longueur avant épi
Fertilisation azotée	***
Traitements de binage	***
Interaction fertilisation azotée/traitements de binage	**
Année	***
Interaction année/fertilisation azotée	***
Interaction année/traitements de binage	***
Interaction année/fertilisation azotée/traitements de binage	*

Ces résultats montrent que la fertilisation azotée, les traitements de binage, l'année et leurs interactions ont des effets significatifs sur la longueur de la tige avant insertion de l'épi du maïs. Ainsi, dans la suite de l'analyse du travail, ces effets seront analysés pour chaque paramètre.

#### **4-2-1-5-1- Effet de l'année sur l'allongement de la tige avant épi**

Les résultats de la longueur de la tige avant insertion de l'épi au cours des 3 ans sont présentés dans la figure suivante (Fig.30).

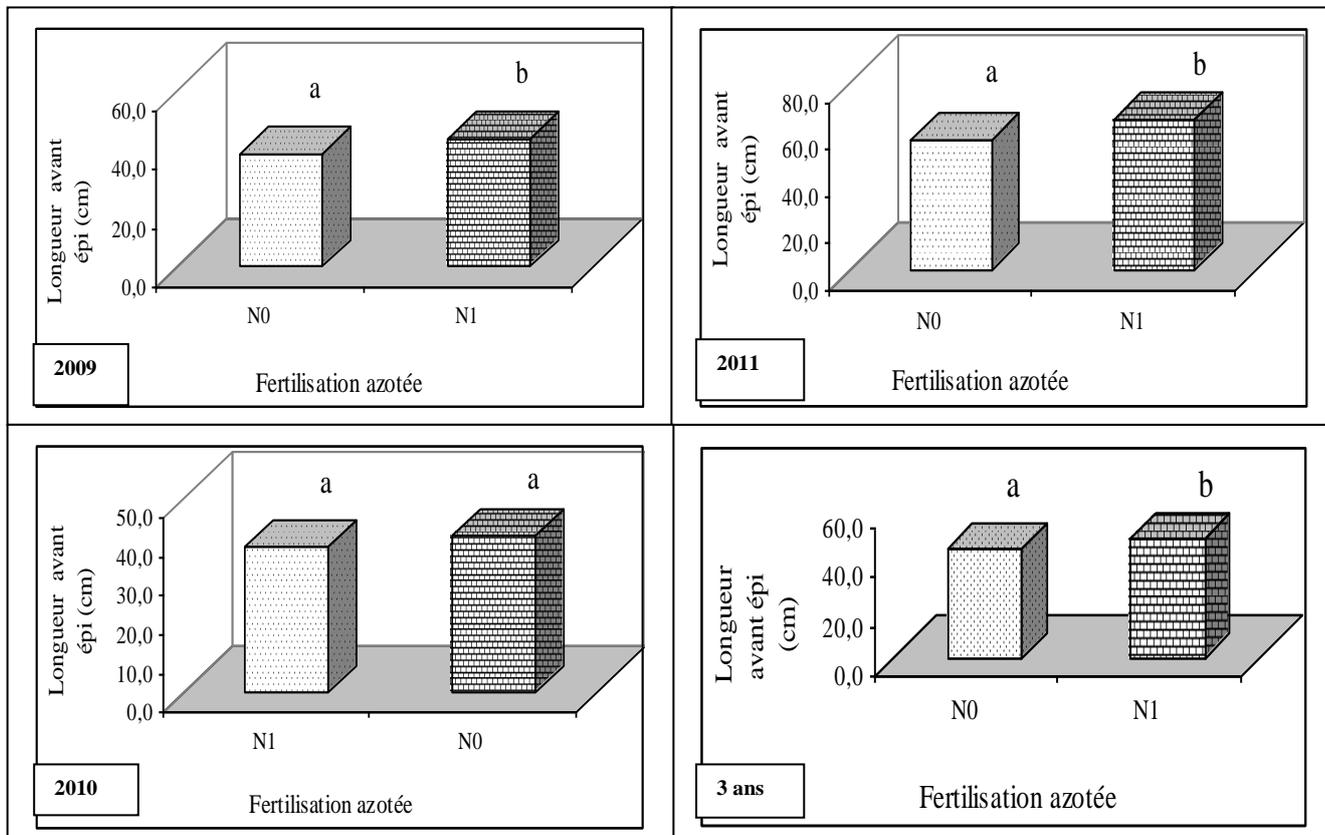


**Figure 30 : Effet de l'année sur l'allongement de la tige avant épi**

L'analyse de cette figure montre que la longueur de la tige avant épi varie d'une année à l'autre avec des différences significatives. La longueur de la tige avant insertion de l'épi est plus importante en 2011 avec 59,8 cm et plus faible en 2010 avec 38,8 cm. Il ressort de ces résultats que la longueur de la tige avant insertion de l'épi est un paramètre qui varie en fonction de l'année.

#### 4-2-1-5-2- Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur l'allongement de la tige avant épi

L'effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la longueur de la tige avant insertion de l'épi sont présentés dans la figure si dessous (Fig. 31).



**Figure 31 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur l'allongement de la tige avant épi**

Ces résultats montrent des différences significatives de la longueur de la tige avant épi entre les conditions azotée et non azotée en 2009 et 2010 alors qu'en 2010 ces différences ne sont pas significatives même s'il existe de longueur de la tige avant épi est supérieure en condition azotée. En plus, lorsque les résultats des 3 ans sont pris ensemble, l'effet de la fertilisation azotée est significatif sur la longueur de la tige avant l'insertion de l'épi. La fertilisation augmente la longueur de la tige avant épi de la plante de maïs.

#### 4-2-1-5-3- Effet des traitements de binage sur l'allongement de la tige avant épi dans les conditions azotée et non azotée

##### 4-2-1-5-3-1- En condition non azotée N0

L'effet des traitements de binage sur la longueur de la tige avant épi en condition azotée est présenté dans la figure suivante.

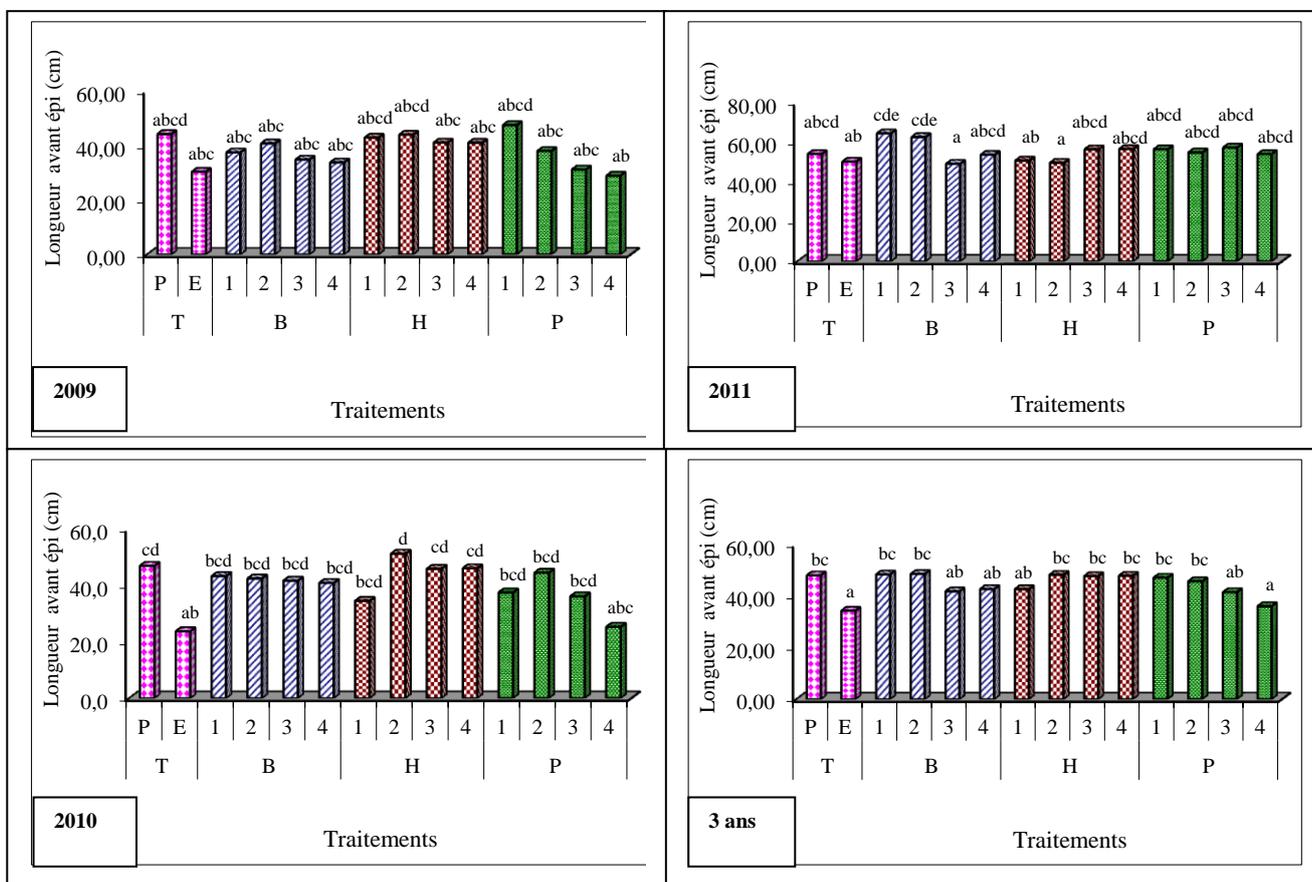


Figure 32 : Effet des traitements de binage sur l'allongement de la tige avant épi en N0

L'analyse des résultats de la longueur des tiges avant épi en 2009 a permis de distinguer 3 groupes homogènes de traitements de binage. Le premier groupe est constitué du traitement P4 dans lequel, la longueur des tiges avant épi est la plus faible avec 28,9 cm. Les traitements TE, P3, B4, B3, B1, P2, B2, H4 et H3 constituent le second groupe dans lequel, la longueur des tiges avant épi ne dépasse 41cm. Le troisième groupe rassemble les traitements H1, H2, TP et P1 où la longueur des tiges avant épi est de l'ordre de 47,4 cm. Ces résultats montrent la nécessité de maintenir propre le maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup> et au 30<sup>ème</sup> jour ou bien au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour.

L'analyse des résultats en 2010 sur la longueur de la tige avant épi a permis de différencier 5 groupes homogènes de traitements. Le premier groupe est constitué du Témoin Enherbé (TE) dans lequel, la longueur des tiges avant épi est la plus faible avec 36 cm tandis que la plus élevée (51,2 cm) est obtenue pour le traitement H2 (groupe 5). Entre ces groupes (1 et 5), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, la longueur avant épi est de l'ordre de 25,3 cm en P4 (groupe 2) ; 44,5 cm en H1, P3, P1, B4, B3, B2, B1 et P2 (groupe 3) et 46,9 cm en H3, H4 et TP (groupe 4). Ces résultats montrent la nécessité de maintenir propre le maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup> et au 30<sup>ème</sup> jour ou bien au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

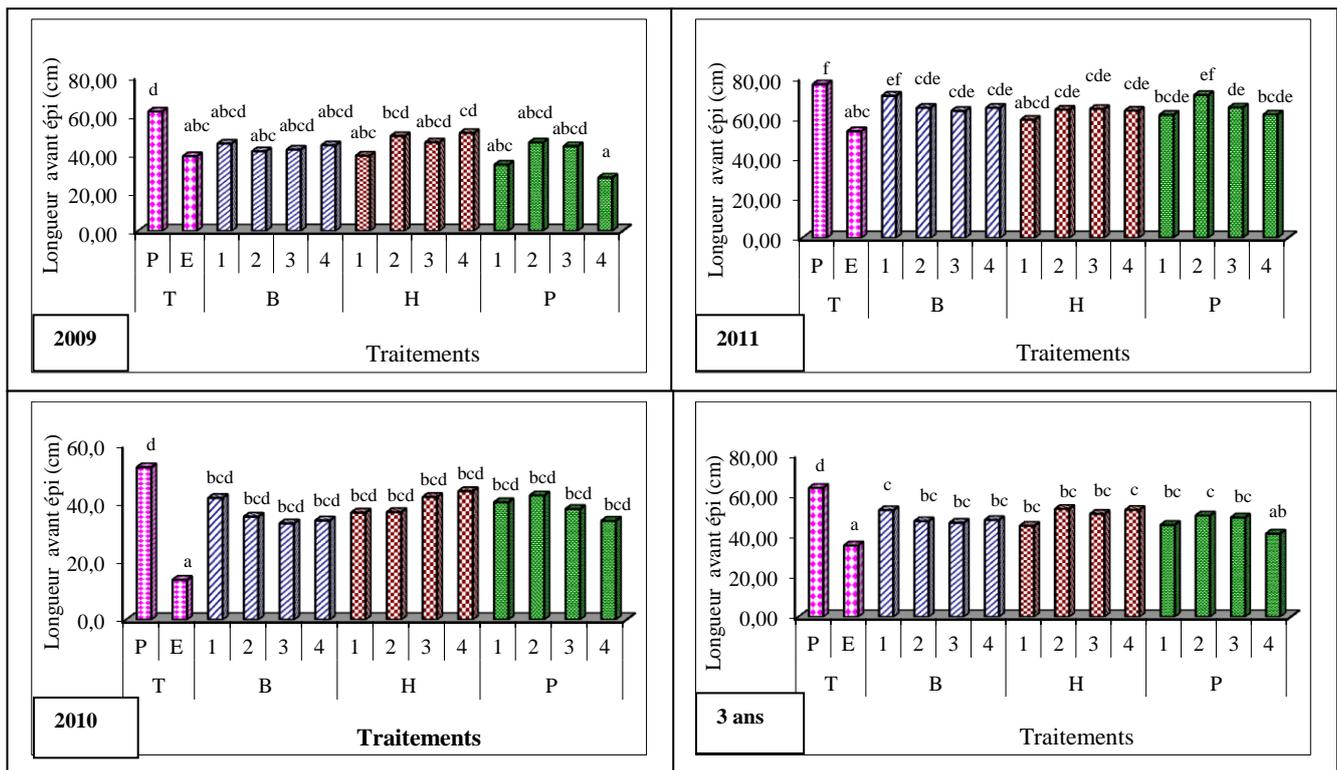
L'analyse des résultats de l'année 2011 a permis de distinguer 4 groupes homogènes de traitements de binage en fonction des longueurs de tiges avant épi obtenues. Le groupe 1 est constitué des traitements B3 et H2 pour lesquels, la longueur des tiges avant épi ne dépasse pas 49,7 cm. Les traitements TE et H1 constituent le groupe 2 dans lequel, la longueur des tiges avant épi atteint 50,8 cm. Le groupe 3 est composé des traitements B4, P4, TP, P2, H3, P1, H4 et P3 pour lesquels, la longueur des tiges avant insertion de l'épi est d'environ de 57,4 cm. Les traitements B2 et B1 constitue le dernier groupe (4). Dans ces traitements, la longueur des tiges avant épi est de l'ordre de 64,6 cm. Ces résultats montrent que le désherbage des parcelles en début de cycle est très important pour allonger les entre-nœuds des tiges de maïs. Ainsi, ces résultats suggèrent de biner les parcelles au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

En considérant le cumul des 3 ans, il apparaît 3 groupes homogènes de traitement de binage selon la longueur avant l'insertion de l'épi. Le premier groupe est composé des traitements TE et P4. Dans ces traitements la longueur des tiges avant épi n'atteignent pas 34,5 cm. Les traitements P3, B3, H1 et B4 constituent le deuxième groupe dans lequel, la longueur des tiges avant épi ne dépasse pas 43 cm. Le troisième groupe est composé des traitements P2, P1, H3, H4, H2, TP, B1 et B2 pour lesquels, la longueur de la tige avant épi peut atteindre 48,7 cm. Ces observations montrent que le binage des parcelles au stade jeune plant du maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour permet d'augmenter la longueur de la tige avant insertion de l'épi.

Dans la condition non azotée, les résultats montrent la nécessité de maintenir propre le maïs en début de cycle pour assurer la croissance de la plante de maïs. Ainsi, il est utile de désherber le maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour à près semis.

#### **4-2-1-5-3-2- En condition azotée N1**

L'effet des traitements de binage sur la longueur de la tige avant épi est présenté dans la figure 33.



**Figure 33 : Effet des traitements de binage sur l’allongement de la tige avant épi en condition azotée**

En 2009, les résultats montrent l’existence de 6 groupes homogènes de traitements de binage selon la longueur de la tige avant épi. Les groupes 1 et 6 représentent respectivement la longueur avant épi la plus faible (27,6 cm) en P4 et la plus élevée (62 cm) en TP. Les traitements P1, TE, H1 et B2 constituent le groupe 2. Dans ce groupe, les traitements de binage présentent des longueurs de tiges avant insertion des épis qui ne dépassent pas 41,2 cm. Le groupe 3 est constitué des traitements B3, P3, B4, B1, P2 et H3 pour lesquels, la longueur de la tige avant épi peut atteindre 45,9 cm. Les groupes 4 et 5 sont respectivement constitués des traitements (H2) et (H4) dans lesquels, la longueur des tiges avant épi est de l’ordre de 49,2 cm en H2 (groupe 4) et de 50,8 cm en H4 (groupe 5). Le groupe 6 est constitué du Témoin Propre (TP) pour lequel, la longueur des tiges avant épi peut atteindre 53,2 cm. Ces résultats indiquent que les binages du maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup> au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> ou bien au 45<sup>ème</sup> jour après le binage-démariage sont très importants pour assurer un bon allongement des entre-nœuds de la plante de maïs.

En 2010, les résultats montrent l’existence de 3 groupes homogènes de traitements de binage selon la longueur des tiges avant épi. Le premier groupe est composé du Témoin Enherbé (TE) pour lequel, les plantes présentent les plus faibles longueurs de la tige avant épi avec 13,7 cm. Les traitements B3, P4, B4, B2, H1, H2, P3, P1, B1, H3, P2 et H4 constituent le second groupe dans lequel, la longueur de la tige avant épi atteint 44,1 cm. Le troisième groupe est constitué du traitement maintenu propre tout le temps (TP) dans lequel, la longueur de la tige avant insertion de l’épi dépasse 52 cm. Ces résultats montrent l’importance de maintenir propre le maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup> jour jusqu’au 45<sup>ème</sup> jour pour obtenir une longueur de la tige avant épi élevée.

L'analyse des résultats en 2011 fait ressortir 7 groupes de traitements de binage statistiquement identiques selon les longueurs des tiges avant épi. Le groupe 1 est constitué du Témoin Enherbé (TE) dans lequel, la longueur des tiges avant épi ne dépasse pas 53 cm. Les groupes 2 et 3 sont respectivement constitués des traitements (H1) et (P1 et P4) pour lesquels, la longueur des tiges avant épi n'atteint pas 59 cm en H1 (groupe 2) et 61,6 cm en P1 et P4 (groupe 3). Les traitements B3, H4, H2, H3, B4 et B2 composent le groupe 4. Dans ce groupe les traitements présentent des longueurs des tiges avant insertion des épis de l'ordre de 64,9 cm. Le groupe 5 est constitué du traitement P3 avec des tiges avant épi qui ne dépasse pas 65 cm de long. Les traitements B1 et P2 constituent le groupe 6 dans lequel, la longueur des tiges avant insertion de l'épi atteint 71,3 cm en moyenne. Le dernier groupe (7) est constitué du Témoin Propre (TP) pour lequel, la longueur des tiges avant épi peut atteindre 76,6 cm. Il ressort de ces résultats que pour obtenir des longueurs avant épi élevées, il faut biner les parcelles de maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup> et au 30<sup>ème</sup> ou au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour.

Les résultats globaux des 3 ans font ressortir 5 groupes homogènes de traitements de binages. Le Témoin Enherbé (TE) constitue le groupe 1 pour lequel, la longueur des tiges avant épi est la plus faible avec 35,2 cm. Le groupe 2 est représenté par le traitement P4. Dans ce groupe la longueur des tiges avant épi ne dépasse pas 41 cm. Les traitements H1, P1, B3, B2, B4, P3, H2 et H3 forment le groupe (3) dans lequel, les plantes présentent des longueurs de tiges avant épi de l'ordre de 50,8 cm. Le groupe 4 est constitué des traitements B1, H4 et P2 dans lesquels, la longueur des tiges avant épi atteignent environ 53,2 cm. Le dernier groupe (5) est constitué du Témoin Propre (TP) où la longueur des tiges avant épi est la plus élevée avec 63,6 cm. Ces observations suggèrent des binages en début de cycle du maïs au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour ou bien au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis pour augmenter la longueur des tiges avant épi.

En condition azotée, il est nécessaire de désherber le maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis pour assurer l'allongement des entre-nœuds de la plante de maïs.

### **Conclusion partielle sur l'allongement avant insertion de l'épi**

*La longueur de la tige avant insertion de l'épi est un paramètre qui varie d'année à l'autre.*

*La fertilisation azotée favorise l'allongement des entre-nœuds de la tige de la plante de maïs.*

*Les binages en début de cycle du maïs au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour ou bien au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis sont très importants pour assurer l'allongement des entre-nœuds de la plante de maïs aussi bien en condition azotée (N1) et non azotée (N0).*

### **Conclusion partielle sur les paramètres de croissance**

*Les paramètres de croissance du maïs sont des caractères agromorphologiques qui sont dépendant de l'année contrairement à la production des feuilles chez la plante de maïs.*

*La fertilisation azotée est un facteur qui favorise l'augmentation des paramètres de croissance du maïs alors qu'elle n'a pas d'influence sur la production des feuilles du maïs.*

*En condition azotée ou non azotée, plus le maïs est désherbé plus les paramètres de croissance sont importantes tandis que la production des feuilles n'est pas affecté.*

## 4-2-2- Effet de la concurrence des adventices sur les paramètres de rendement du maïs

### 4-2-2-1- Effet de l'année, de la fertilisation azotée et non azotée et des traitements de binage sur la longueur de l'épi

Les résultats de l'ANOVA de l'effet de l'année, de la fertilisation azotée, des traitements de binage et des interactions entre ces facteurs sur la longueur de l'épi sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 17: Résultats de l'ANOVA sur la longueur de l'épi

	Longueur épi
Fertilisation azotée	***
Traitements de binage	***
Interaction fertilisation azotée/traitements de binage	**
Année	***
Interaction année/fertilisation azotée	*
Interaction année/traitements de binage	***
Interaction année/fertilisation azotée/traitements de binage	*

Ces résultats montrent que l'année, la fertilisation azotée, les traitements de binage et leurs interactions ont des effets significatifs sur la longueur de l'épi. Ainsi, dans la suite du travail, ces effets seront analysés pour chaque facteur.

#### 4-2-2-1-1-Effet de l'année sur la longueur de l'épi

La longueur de l'épi au cours des 3 ans d'expérimentation est présentée dans la figure suivante.

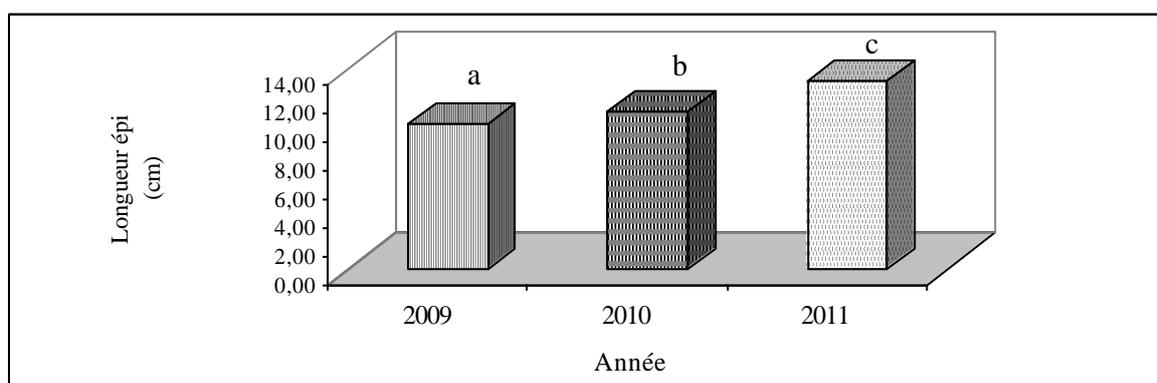


Figure 34 : Effet de l'année sur la longueur de l'épi

Les résultats de l'ANOVA montrent que la longueur de l'épi est variable d'une année à l'autre. Ces variations de longueur d'épi sont significativement différentes. La longueur de l'épi est plus importante en 2011 (13,14 cm) suivi de 2010 (11,02 cm) et de 2009 (10,14 cm). Ces observations révèlent que l'effet de l'année a une influence sur la longueur de l'épi.

#### 4-2-2-1-2- Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la longueur de l'épi

L'effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la longueur de l'épi est présenté dans la figure 35.

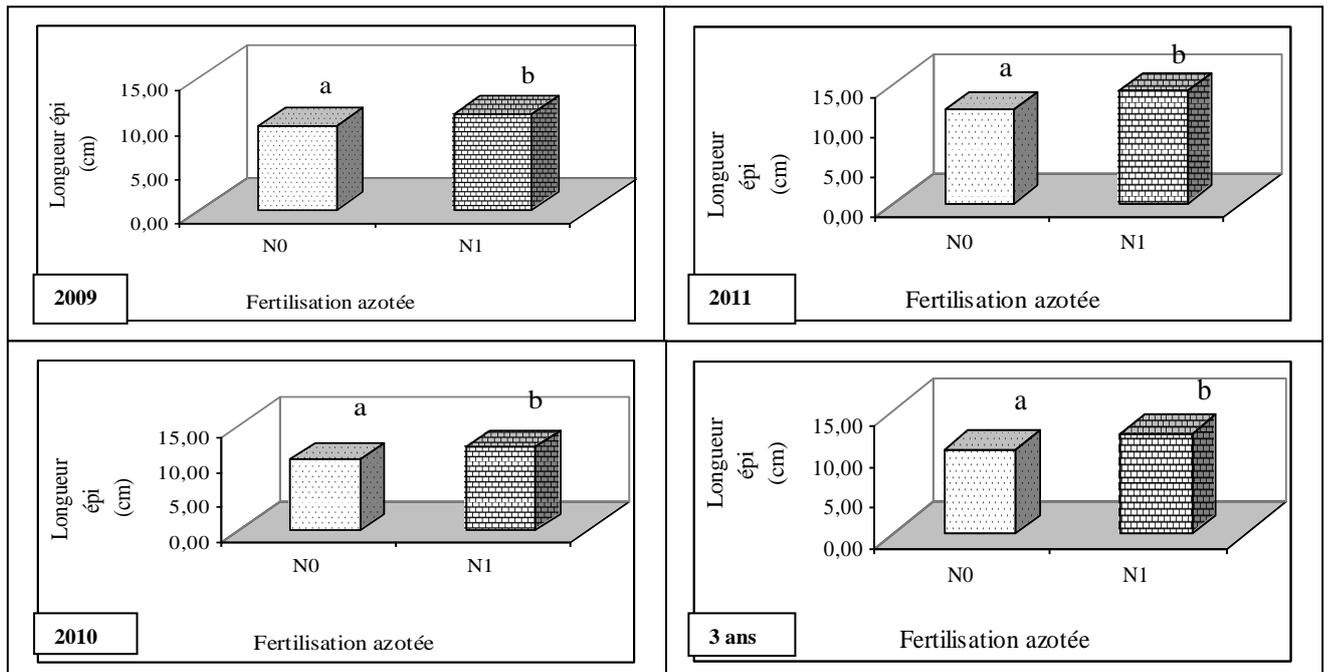


Figure 35 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la longueur de l'épi

L'analyse des résultats indique des différences significatives de longueurs d'épi entre les conditions azotée (N1) et non azotée (N0) en 2009, 2010 et en 2011. En outre, lorsque les résultats des 3 années sont cumulés, il apparaît que l'effet de la fertilisation est significatif sur la longueur de l'épi. La fertilisation azotée entraîne une augmentation de la longueur de l'épi.

#### 4-2-2-1-3- Effet des traitements de binage sur la longueur de l'épi dans les conditions azotée (N1) et non azotée (N0)

##### 4-2-2-1-3-1- En condition non azotée N0

L'effet des traitements de binage sur la longueur de l'épi de maïs en conditions non azotée est présenté dans la figure ci dessous.

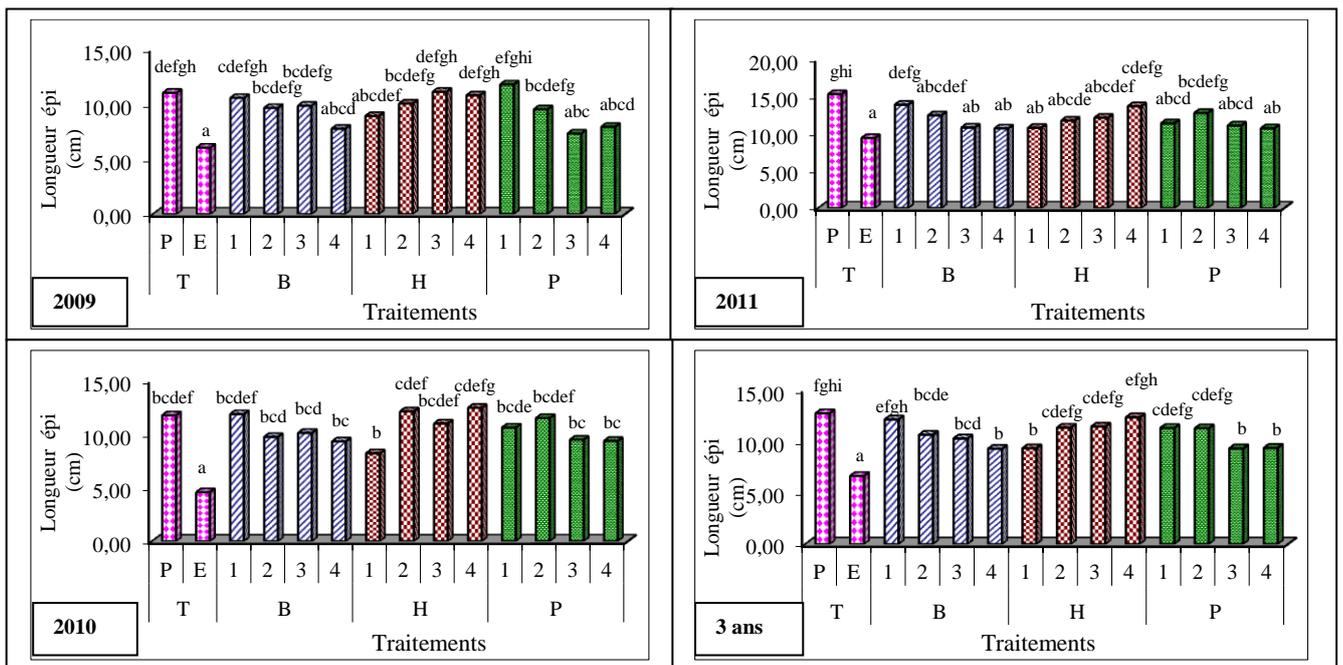


Figure 36 : Effet des traitements de binage en condition non azotée sur la longueur de l'épi

Les résultats obtenus en 2009 montrent que les traitements de binage sont organisés en 8 groupes homogènes selon les longueurs de l'épi. Le groupe 1 est constitué du Témoin Enherbé (TE) où la longueur de l'épi est la plus faible avec 6,1 cm tandis que le groupe 8 est constitué du traitement P1 qui enregistre le poids de l'épi le plus élevé avec 11,8 cm. Les groupes 2, 3 et 4 sont respectivement composés des traitements (P3) ; (B4 et P4) et (H1) pour lesquels, les plantes produisent des épis dont les longueurs ne dépassent pas 7,3 cm en P3 (groupe 2) ; 7,9 cm en B4 et P4 (groupe 3) et 8,8 cm en H1 (groupe 4). Les traitements P2, B2, B3 et H2 dans lesquels, la longueur de l'épi atteint 10,1 cm constitue le groupe 5. Les groupes 6 et 7 sont respectivement composés des traitements (B1) et (H4, TP et H3). Dans ces traitements la longueur de l'épi peut atteindre 10,4 cm en B1 (groupe 6) et 11,1 cm en H4, TP et H3 (groupe 7). Ces observations montrent l'importance de maintenir propre le maïs au stade jeune plant au 15<sup>ème</sup> et au 30<sup>ème</sup> ou 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

L'analyse des résultats en 2010 fait ressortir 8 groupes homogènes de traitements de binage selon les longueurs des épis. Le groupe 1 est constitué du traitement TE dans lequel, la longueur de l'épi est la plus faible et ne dépasse pas 4,5 cm tandis que la plus élevée (12,5 cm) est obtenue pour le traitement H4 (groupe 8). Entre ces groupes (1 et 8), il existe des groupes intermédiaires de traitements de binage dans lesquels, la longueur de l'épi sont de l'ordre de 8,21 cm en H1 (groupe 2) ; 9,4 cm en B4, P4, et P3 (groupe 3) ; 10,1 cm en B2 et B3 (groupe 4) ; 10,6 cm en P1 (groupe 5) ; 11,9 cm en H3, P2, TP et B1 (groupe 6) et 12,1 cm en H2 (groupe 7). Ces résultats montrent que les binages sont nécessaires en début de cycle du maïs au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

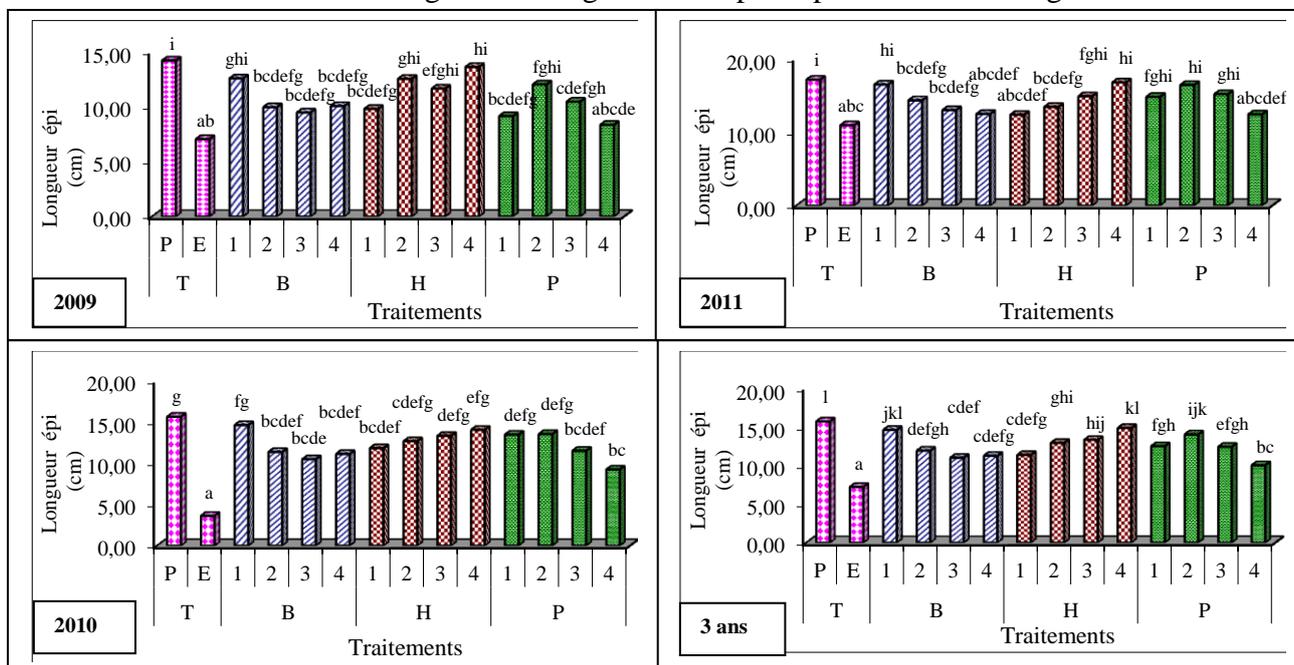
Les résultats obtenus en 2011 montrent que les traitements sont organisés en 8 groupes homogènes selon les longueurs des épis. Le Témoin Enherbé (TE) constitue le groupe 1. Dans ce groupe la longueur de l'épi est la plus faible avec 9,5 cm alors que la plus élevée (15,3 cm) est obtenue dans le Témoin Propre (TP) (groupe 8). Le groupe 2 rassemble les traitements B4, P4, H1 et B3 dans lesquels, la longueur des épis peut atteindre 10,8 cm. Dans le groupe 3 les traitements P3 et P1 produisent des épis dont les longueurs sont de l'ordre de 11,4 cm. Le groupe 4 est constitué du traitement H2 où la longueur de l'épi ne dépasse pas 11,7 cm. Les traitements H3 et B2 sont rassemblés dans le groupe 5 dans lequel, la longueur de l'épi atteint 12,4 cm. Le groupe 6 est constitué du traitement P2 où la longueur est d'environ 12,8 cm. Le traitement B1 constitue le groupe 7 pour lequel, la longueur de l'épi peut atteindre 13,9 cm. Ces résultats montrent l'importance de maintenir propre le maïs au début de la phase végétative entre le 15<sup>ème</sup> jour et le 45<sup>ème</sup> jour après le semis.

Les résultats des 3 ans pris ensemble montrent que les traitements de binage sont organisés en 7 groupes homogènes selon les longueurs d'épis. Le groupe 1 est constitué du Témoin Enherbé (TE) où la longueur de l'épi est la plus faible avec 6,6 cm alors que le dernier groupe (7) est constitué du Témoin Propre (TP) où on note la longueur de l'épi la plus élevée avec environ 12,8 cm. Entre ces groupes (1 et 7), il apparaît des groupes intermédiaires dans lesquels, la longueur de l'épi peut atteindre 9,3 cm en B4, P3, H1 et P4 (groupe 2) ; 10,1 cm en B3 (groupe 3) ; 10,6 cm en B2 (groupe 4) ; 11,4 cm en P1, P2, H2 et H3 (groupe 5) et 12,3 cm en B1 et H4 (groupe 6). Ces observations révèlent que les longueurs d'épi sont plus élevées lorsque les traitements de binage sont maintenus propres pendant 45<sup>ème</sup> jour après semis.

En condition N0, les résultats sur la longueur de l'épi révèlent l'importance de maintenir propre le maïs au début de la phase végétative à partir du 15<sup>ème</sup> jour jusqu'au 45<sup>ème</sup> jour.

#### 4-2-2-1-3-2- En condition azotée N1

L'effet des traitements de binage sur la longueur de l'épi est présenté dans la figure 37.



**Figure 37 : Effet des traitements de binage sur la longueur de l'épi en condition azotée**

L'analyse des résultats de l'année 2009 fait ressortir 9 groupes homogènes de traitement de binage selon la longueur de l'épi du maïs. Le Témoin Enherbé (TE) constitue le groupe 1 dans lequel, la longueur de l'épi ne dépasse 7,1 cm tandis que le dernier groupe (9) constitué du Témoin Propre (TP) présente une longueur d'épi qui peut atteindre 14,2 cm. Entre ces deux groupes il apparaît des groupes intermédiaires où on peut noter des longueurs d'épis qui peuvent atteindre : 8,4 cm en P4 (groupe 2) ; 10,1 cm en P1, B3, H1, B2, et B4 (groupe 3) ; 10,5 cm en P3 (groupe 4) ; 11,6 cm en H3 (groupe 5) ; 12,1 cm en P2 (groupe 6) ; 12,6 cm en H2 et B1 (groupe 7) et 13,6 cm en H4 (groupe 8). Ces résultats montrent que la longueur de l'épi est élevée lorsque la parcelle est maintenue propre en début de cycle à partir du 15<sup>ème</sup> jour jusqu'au 45<sup>ème</sup> jour.

En 2010, les résultats montrent l'existence de 9 groupes homogènes des traitements de binage. Le Témoin Enherbé (TE) représente le groupe 1 dans lequel, la longueur de l'épi est la plus faible avec 3,6 cm tandis que le Témoin Propre (TP) qui constitue le groupe 9 présente la longueur d'épi la plus élevée avec 15,6 cm. Entre ces groupes (1 et 9), la longueur de l'épi est d'environ 9,4 cm en P4 (groupe 2) ; 10,5 cm en B3 (groupe 3) ; 11,8 cm en B4, B2, P3 et H1 (groupe 4) ; 12,7 cm en H2 (groupe 5) ; 13,6 cm en H3, P1 et P2 (groupe 6) ; 14,1 cm en H4 (groupe 7) et 14,7 cm en B1 (groupe 8). Ces observations montrent la nécessité de maintenir propre le maïs en début de cycle. Ainsi, la réalisation de 3 désherbages au 15<sup>ème</sup>, au 30 et au 45<sup>ème</sup> jour après semis est importante.

Les résultats obtenus en 2011 font apparaître 8 groupes homogènes de traitements de binage. La longueur d'épis la plus faible (10,9 cm) et la plus élevée (17,1 cm) sont respectivement

notées pour les Témoins Enherbé (TE) groupe 1 et le Témoin Propre (TP) groupe 8. Entre ces groupes, il existe des groupes intermédiaires dans lesquels les longueurs des épis sont de l'ordre de 12,4 cm en P4, B4 et B3 (groupe 2) ; 13,4 cm en B3 et H2 (groupe 3) ; 14,3 cm en B2 (groupe 4) ; 14,9 cm en P1 et H3 (groupe 5) ; 15,2 cm en H3 et P3 (groupe 6) ; 16,8 cm en P2, H4 et B1 (groupe 7) ; 12,9 cm en H2 (groupe 8) ; 13,3 cm en H3 (groupe 9) et 14,1 cm en P2 (groupe 10). Ces résultats montrent que plus la parcelle de maïs est maintenue propre en début de cycle plus la longueur de l'épi est importante. Ainsi, il est nécessaire de réaliser 3 binages au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour ou bien 2 binages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

L'analyse des résultats cumulés des 3 ans fait ressortir 13 groupes homogènes de traitements de binage selon les longueurs des épis. Le groupe 1 est constitué du Témoin Enherbé (TE). Ce traitement présente la longueur de l'épi la plus faible avec 7,2 cm alors que la longueur de l'épi la plus élevée avec 15,6 cm est obtenue pour le traitement maintenu tout le temps propre (TP) (groupe 13). Entre ces groupes (1 et 13), il existe des groupes intermédiaires où la longueur de l'épi est comparable entre certains traitements. Dans ces groupes, les longueurs des épis sont comprises entre 10,1 cm et 14,8 cm de long. Un classement dans l'ordre croissant des longueurs des épis des traitements de binage est proposé comme suit : TE, P4, B3, B4, H1, B2, P3, P1, H2, H3, P2, B1, H4 et TP. La suite de ce classement montre l'importance de désherber le maïs en début de cycle avec 3 désherbages successifs au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour ou 2 désherbages au 15<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour après semis.

Les résultats des traitements de binage dans la condition N1 sur la longueur de l'épi montrent qu'il est nécessaire de maintenir propre le maïs en début de cycle avec 3 binages au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour ou 2 binages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

### **Conclusion partielle sur la longueur de l'épi**

*L'effet de l'année affecte la longueur de l'épi.*

*La fertilisation azotée entraîne une augmentation de la longueur de l'épi de maïs.*

*Les désherbages en début de cycle du maïs est très important pour obtenir une longueur d'épi de maïs élevée. Ainsi, il faut réaliser 3 binages successifs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou bien 2 binages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.*

### **4-2-2-2 Effet de l'année, de la fertilisation azotée et non azotée et des traitements de binage sur la circonférence de l'épi**

Les résultats de l'ANOVA, de l'effet de l'année, de la fertilisation azotée, des traitements de binage et des interactions entre ces facteurs sur la circonférence de l'épi sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau 18: Résultats de l'ANOVA sur la circonférence de l'épi**

	Circonférence épi
Fertilisation	***
Traitements de binage	***
Interaction fertilisation/traitements de binage	NS
Année	***
Interaction année/fertilisation	**
Interaction année/traitements de binage	***
Interaction année /ertilisation/traitements de binage	NS

Les résultats de l'ANOVA indiquent que l'année, la fertilisation azotée, les traitements de binage et les interactions année/ fertilisation et année/traitements de binage ont des effets significatifs sur la circonférence de l'épi. Par contre les interactions fertilisation/traitements de binage et année/fertilisation/traitements de binage ont des effets non significatifs sur la circonférence de l'épi. Ainsi, dans la suite du travail, ces effets seront analysés pour chaque paramètre.

#### 4-2-2-2-1- Effet de l'année sur la circonférence de l'épi

La circonférence de l'épi au cours des 3 ans d'expérimentation est présentée dans la figure 38.

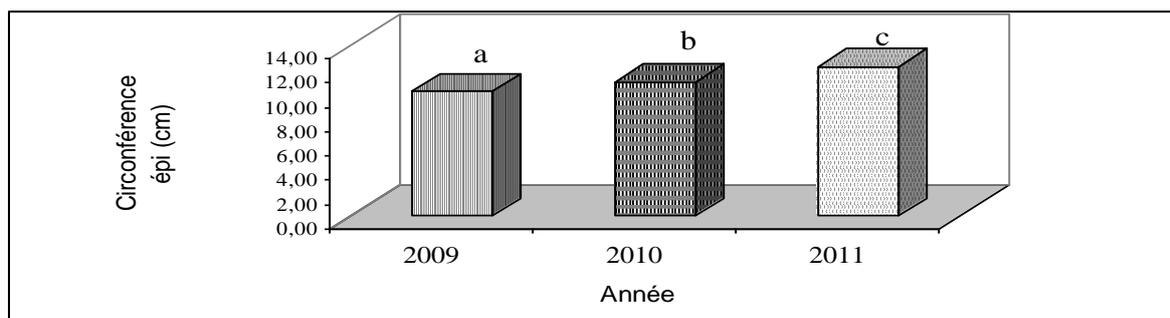


Figure 38 : Effet de l'année sur la circonférence de l'épi de maïs

L'analyse de cette figure montre que la circonférence de l'épi de maïs varie d'une année à l'autre. Ces variations sont significativement différentes. La circonférence de l'épi la plus élevée est obtenue en 2011 avec 12,25 cm suivi de celle de 2010 avec 10,97 cm et de 2009 avec 10,24 cm. Il ressort de ces résultats que l'année a une influence sur la circonférence de l'épi.

#### 4-2-2-2-2- Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la circonférence de l'épi

L'effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la circonférence de l'épi sont indiqués dans la figure 39.

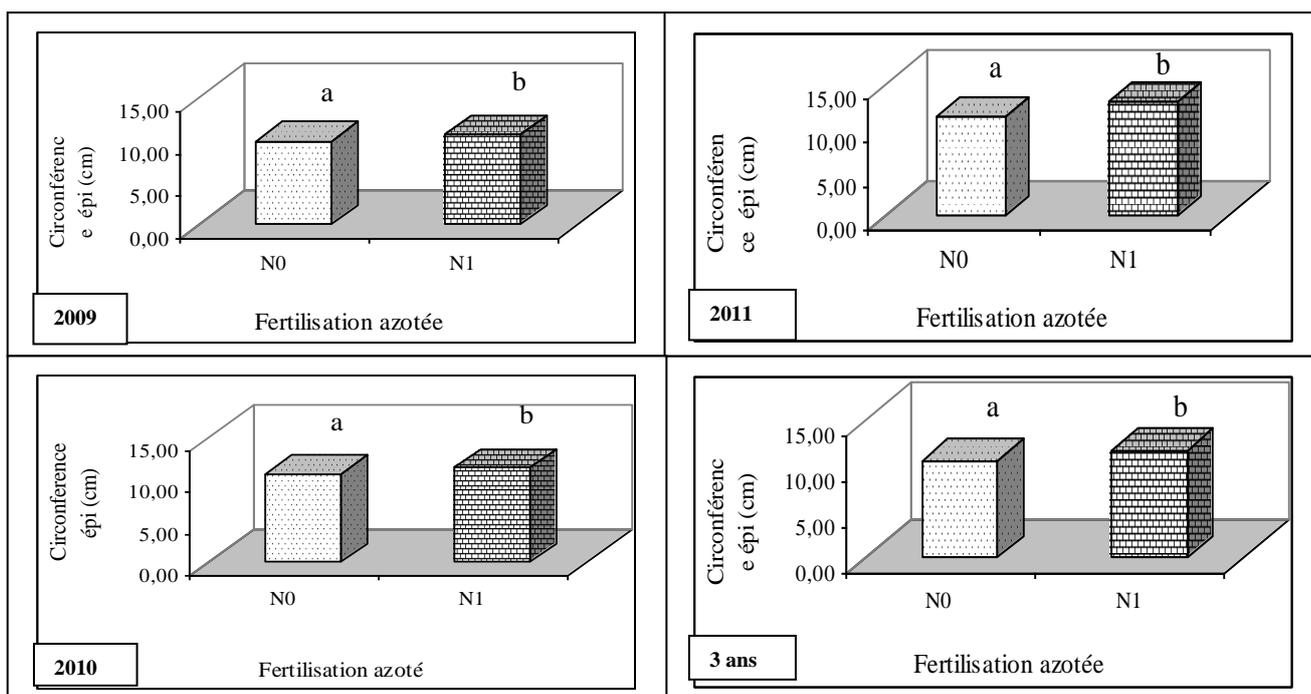


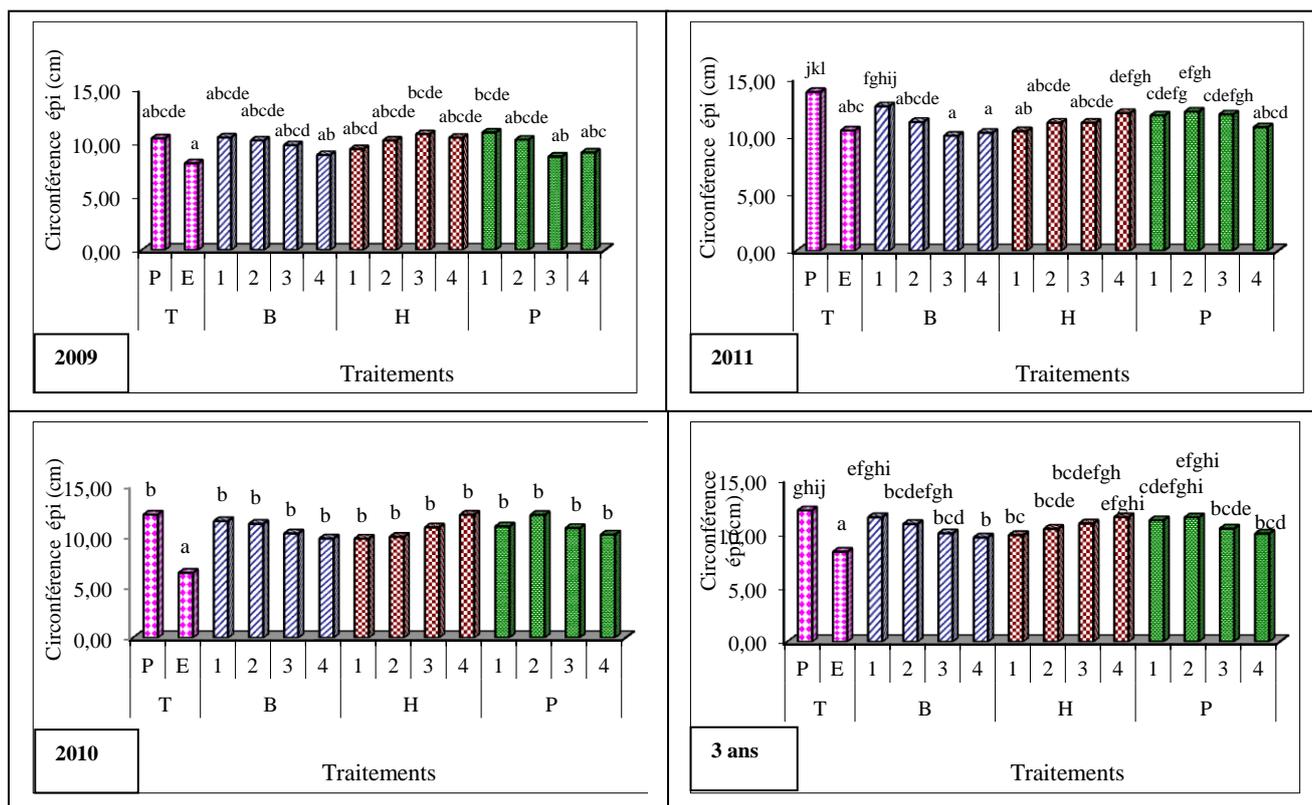
Figure 39 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur la circonférence de l'épi de maïs

En considérant chaque année prise isolément, il apparaît des différences significatives de circonférences d'épi entre les conditions non azotée (N0) et azotée (N1) en 2009, 2010, 2011 et pour les 3 ans. Ces observations montrent que l'apport de l'azote entraîne une augmentation de la circonférence de l'épi de maïs.

#### 4-2-2-2-3- Effet des traitements de binage sur la circonférence de l'épi en N0

##### 4-2-2-2-3-1- En condition non azotée (N0)

Les résultats de l'effet des traitements de binage sur la circonférence de l'épi dans la condition sans apport d'azote sont présentés dans la figure suivante.



**Figure 40 : Effet des traitements de binage sur circonférence de l'épi en N0**

Les résultats obtenus en 2009 ont permis d'identifier 6 groupes homogènes de traitements de binage selon les circonférences des épis. Le groupe 1 est constitué du Témoin Enherbé (TE) dans lequel, la circonférence de l'épi est la plus faible avec 8,1 cm alors que les traitements H3 et P1 constituent le dernier groupe (groupe 6) où la circonférence de l'épi est la plus élevée avec 10,9 cm. Les traitements P3 et B4 composent le groupe 2 dans lequel, la circonférence de l'épi atteint 8,9 cm. Le groupe 3 est représenté par le traitement P4 où la circonférence de l'épi est d'environ 9,1 cm. Les traitements H1 et B3 composent le groupe 4. Dans ce groupe, la circonférence de l'épi peut atteindre 9,7 cm. Le groupe 5 est constitué des traitements H2, B2, P2, TP, H4 et B1 dans lesquels, la circonférence de l'épi atteint 10,5 cm. Ces observations suggèrent de réaliser des binages successifs en début de cycle au 15<sup>ème</sup> et au 30<sup>ème</sup> jour après semis pour obtenir des épis de grandes circonférences.

En 2010, l'analyse des résultats a permis d'identifier 2 groupes homogènes de traitements de binage en fonction des circonférences des épis. Le Témoin Enherbé (TE) constitue le premier

groupe. Dans ce groupe les traitements de binage présentent des circonférences d'épis les plus faibles de l'ordre de 6,4 cm. Le second groupe est composé du reste des traitements : H1, B4, H2, P4, B3, P3, H3, P1, B2, B1, P2, H4 et TP dans lesquels, la circonférence de l'épi peut atteindre 12,1 cm. Il ressort de ces résultats, qu'il est nécessaire de maintenir propre le maïs en début de cycle pour obtenir des circonférences d'épis élevées même si en valeur absolue il existe de différences. Ainsi, 3 binages sont suggérés au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 binages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour.

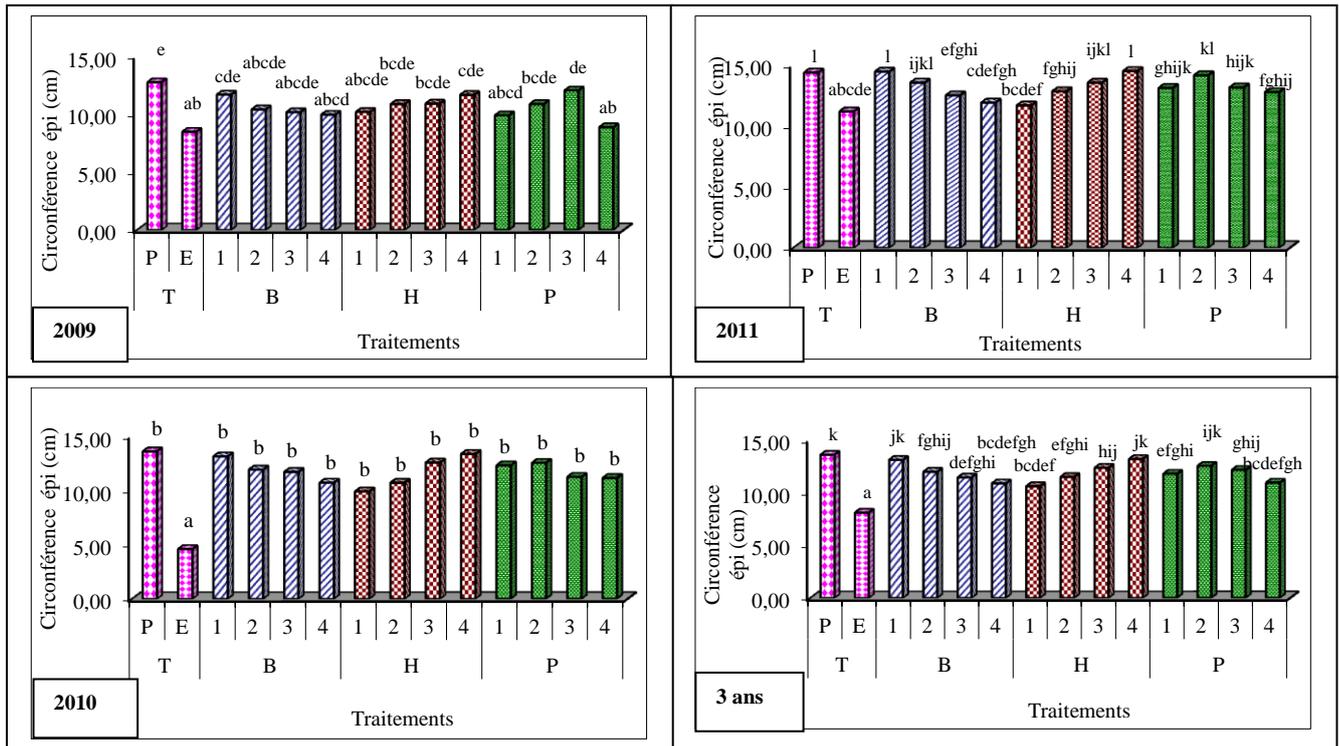
Les résultats obtenus en 2011 montrent que les traitements de binage sont organisés en 11 groupes homogènes selon les circonférences des épis. Le groupe 1 est constitué des traitements B3 et B4 dans lesquels, la circonférence de l'épi est la plus faible avec 10,1 cm alors que la plus élevée (13,8 cm) est obtenue pour le Témoin Propre (TP) dans le groupe 11. Entre ces groupes (1 et 11), il existe des groupes intermédiaires dont les circonférences sont de l'ordre de 10,4 cm en H1 (groupe 2) ; 10,5 cm en TE (groupe 3) ; 10,7 cm (groupe 4) ; 11,2 cm en H3, H2 et B2 (groupe 5) ; 11,7 cm en P1 (groupe 6) ; 11,8 cm en P3 (groupe 7) ; 11,9 cm en H4 (groupe 8) ; 12,1 cm en P2 (groupe 9) et 12,6 cm en B1 (groupe 10). Ces résultats révèlent l'importance de réaliser de binages en début de cycle du maïs pour obtenir des épis de maïs avec de grands diamètres.

Lorsque les résultats des 3 ans sont pris ensemble, les traitements de binage sont organisés en 9 groupes homogènes selon les circonférences des épis. Le groupe 1 est constitué du Témoin Enherbé (TE). Ce traitement présente la circonférence la plus faible avec 8,5 cm tandis que la circonférence de l'épi la plus élevée avec 12,1 cm est obtenue pour le Témoin Propre (TP) (groupe 9). Le groupe 2 est constitué du traitement B4 où la circonférence de l'épi est de 9,6 cm. Le traitement H1 constitue le groupe 3 dans lequel, la circonférence de l'épi peut atteindre 9,8 cm. Les groupes 4 et 5 sont respectivement composés des traitements (P4 et B3) pour lesquels, la circonférence de l'épi est d'environ 10,1 cm et H2 et P3 où la circonférence de l'épi est de l'ordre de 10,4 cm. Les groupes de traitements (B2 et H3) et (P1) constituent respectivement le groupe 6 dans lequel, la circonférence de l'épi atteint 10,9 cm et le groupe 7 où la circonférence de l'épi est de l'ordre de 11,2 cm. Le groupe 8 est composé des traitements P2, H4 et H4 dans lesquels, la circonférence de l'épi peut atteindre 12,1 cm. Ces résultats indiquent l'importance de maintenir propre le maïs en début de cycle jusqu'au 45<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour après semis.

Il ressort de ces résultats qu'en condition N0, les traitements de binage affectent la circonférence de l'épi. Ainsi, il est nécessaire de maintenir propre le maïs en début de cycle pendant les 30 premiers jours ou les 45 premiers jours après semis.

#### **4-2-2-2-3-2- En condition azotée N1**

L'effet des traitements de binage sur la circonférence de l'épi en condition azotée est présenté dans les figures suivantes (Fig. 41).



**Figure 41 : Effet des traitements de binage sur la circonférence de l'épi en condition azotée**

En 2009, l'analyse des résultats sur la circonférence de l'épi a permis d'identifier 7 groupes homogènes des traitements de binage. Le premier groupe est constitué des traitements TE et P4. Dans ce groupe, les traitements présentent une circonférence d'épi qui n'atteint pas 8,9 cm. Les traitements P1 et B4 dans lesquels, la circonférence de l'épi ne dépasse pas 10 cm constituent le second groupe. Le troisième groupe est composé des traitements B3, H1 et B2 pour lesquels, les plantes produisent des épis dont les circonférences peuvent atteindre 10,4 cm. Les traitements H2, P2 et H3 constituent le quatrième groupe. Dans ce groupe la circonférence de l'épi peut atteindre 11 cm. Le cinquième groupe est composé des traitements H4 et B1 dans lesquels, la circonférence de l'épi est de l'ordre de 11,8 cm. Les groupes 6 et 7 sont respectivement composés des traitements suivants P2 pour lequel, la circonférence de l'épi atteint 12,1 cm et TP où la circonférence de l'épi peut atteindre 12,8 cm. L'analyse de ces résultats montre l'importance de biner le maïs en début de cycle avec de 3 désherbages successifs au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour après semis.

En 2010, l'analyse des résultats a permis d'identifier 2 groupes homogènes des traitements de binage. Le premier groupe est constitué du Témoin Enherbé (TE). Dans ce traitement la circonférence de l'épi est la plus faible avec 4,6 cm. Le second groupe est composé des traitements H1, H2, B4, P4, P3, B3, B2, P1, P2, H3, B1, H4 et TP dans lesquels, la circonférence peut atteindre 13,5 cm. Il ressort de ces résultats, qu'il est nécessaire de maintenir propre le maïs en début de cycle. Ainsi, 3 binages sont suggérés au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 binages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour.

L'analyse des résultats de l'année 2011 a permis de distinguer 10 groupes homogènes de traitements de binage. Le groupe est constitué du Témoin Enherbé (TE) dans lequel, la circonférence de l'épi est la plus faible (11,2 cm) alors que la plus élevée 14,5 cm est obtenu

pour le Témoin Propre (TP) qui constitue le groupe 9. Entre ces groupes (1 et 10), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, la circonférence de l'épi peut atteindre 11,6 cm en H1 (groupe 2) ; 11,9 cm en B4 (groupe 3) ; 12,5 cm en B3 (groupe 4) ; 12,8 cm en P4 et H2 (groupe 5) ; 13,1 cm en P1 (groupe 6) ; 13,14 cm en P3 (groupe 7) ; 13,6 cm en H3 et B2 (groupe 8) ; 14,5 cm en P2 (groupe 2 cm). Ces résultats montrent que la circonférence de l'épi est importante lorsque les traitements sont maintenus propres en début de cycle du maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

Lorsque les résultats des 3 ans sont cumulés, 12 groupes homogènes de traitement de binage sont notés selon la circonférence des épis. Le groupe 1 est constitué du Témoin enherbé (TE). Dans ce groupe, la circonférence de l'épi est la plus faible avec 8,1 cm tandis que le dernier groupe (12) constitué du Témoin Propre (TP) présente la circonférence d'épi la plus élevée avec 13,5 cm. Des groupes intermédiaires sont notés entre ces deux groupes (1 et 12). Il s'agit des groupes suivants avec des circonférences d'épis qui peuvent atteindre 10,5 cm en H1 (groupe 2) ; 10,9 cm en B4 (groupe 3) ; 11 cm en P4 (groupe 4) ; 11,4 cm en B3 (groupe 5) ; 11,6 cm en H2 et P1 (groupe 6) ; 11,8 cm en B2 (groupe 7) ; 12,2 cm en P3 (groupe 8) ; 12,3 cm en H3 (groupe 9) ; 12,5 cm en P2 (groupe 10) et 13,2 cm en B1 et H4 (groupe 11). Ces résultats indiquent qu'il est important de maintenir propre le maïs en début de cycle. Ainsi, 3 binages sont suggérés au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 binages au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> jour après semis.

En condition azotée, les parcelles de maïs doivent être maintenues propres au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour ou bien au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour pour obtenir de grandes circonférences des épis. Ceci montre l'importance de désherber la culture de maïs en début de cycle.

### **Conclusion partielle sur la circonférence de l'épi**

*L'effet de l'année a une influence sur la circonférence de l'épi de maïs.*

*L'apport de l'azote entraîne une augmentation de la circonférence de l'épi de maïs.*

*Le désherbage du maïs en début de cycle entraîne une augmentation de la circonférence de l'épi. Ainsi, il est nécessaire de réaliser 3 binages au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour ou bien 2 binages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis pour obtenir des épis avec de grands diamètres.*

### **4-2-2-3- Effet de l'année, de la fertilisation azotée et non azotée et des traitements de binage sur le poids de l'épi**

Les résultats d'ANOVA de l'effet de l'année, de la fertilisation azotée, des traitements de binage et de leurs interactions sur le poids de l'épi sont présentés dans le tableau 19.

**Tableau 19 : Résultats de l'ANOVA sur le poids de l'épi**

	Poids épi
Fertilisation azotée	***
Traitements de binage	***
Interaction fertilisation azotée/traitements de binage	***
Année	***
Interaction année/fertilisation azotée	***
Interaction année/traitements de binage	***
Interaction année/fertilisation azotée/traitements de binage	*

Les résultats montrent que la fertilisation azotée, les traitements de binage, de l'année, et leurs interactions ont des effets significatifs sur le poids de l'épi. Ainsi, dans la suite du travail, ces effets seront analysés pour chaque paramètre.

#### 4-2-2-3-1- Effet de l'année sur le poids de l'épi

Le poids de l'épi au cours des 3 ans d'expérimentation est présenté dans la figure suivante.

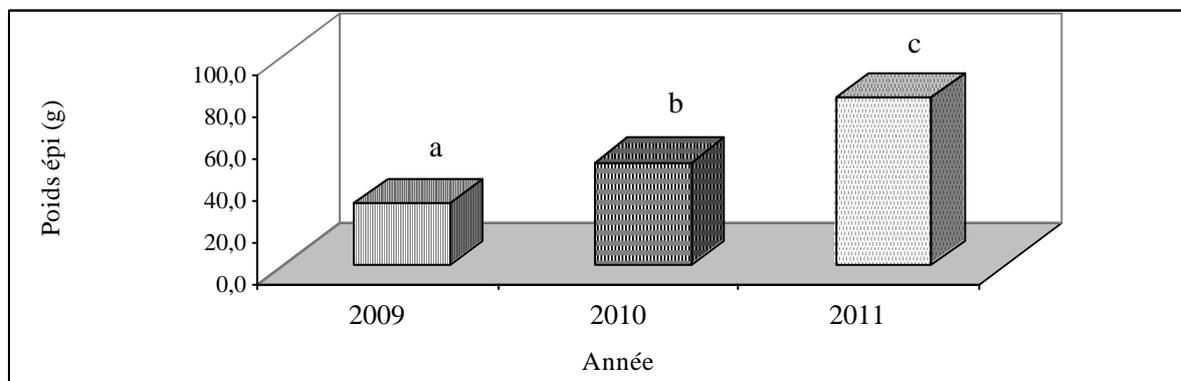


Figure 42 : Effet de l'année sur le poids de l'épi de maïs

Les résultats de l'ANOVA montrent que le poids de l'épi de maïs est variable d'une année à l'autre. Ces variations du poids de l'épi sont significativement différentes. Le poids de l'épi est plus important en 2011 avec 80,67 g suivi en 2010 avec 49,62 g et en 2009 avec 29,64 g. Ces résultats montrent que l'effet année a une influence sur le poids de l'épi de maïs.

#### 4-2-2-3-2- Effet de la fertilisation azotée (N1) et non azotée (N0) sur le poids de l'épi

L'effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le poids de l'épi est indiqué dans la figure suivante (Fig 43).

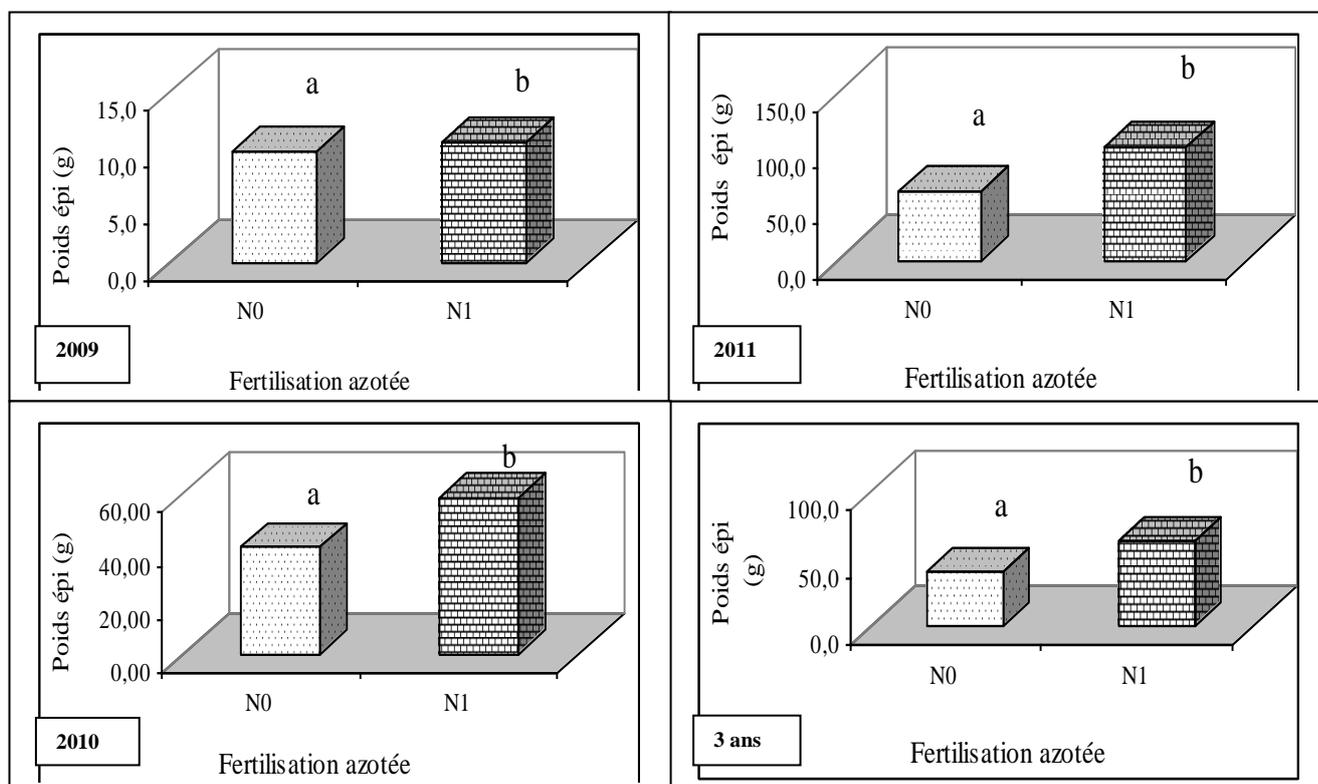


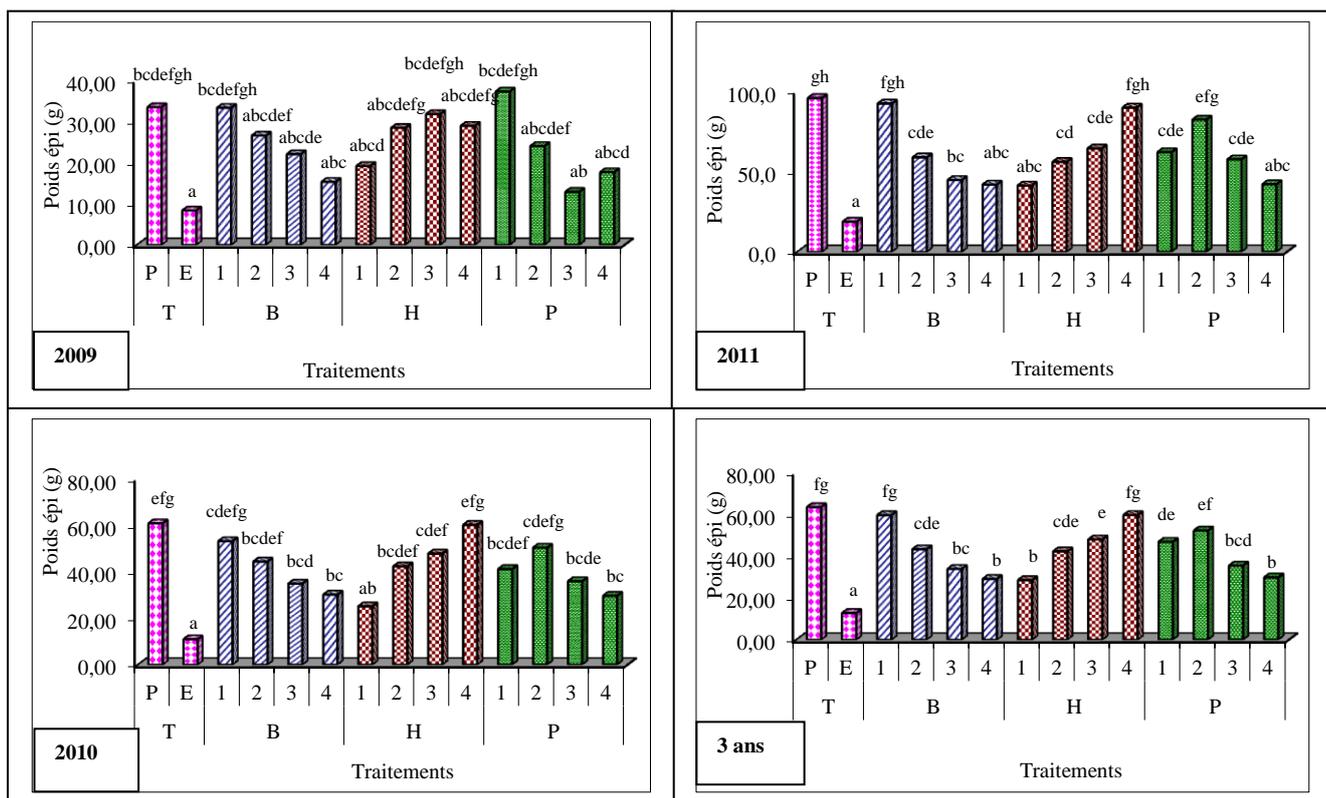
Figure 43 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le poids de l'épi

L'analyse des résultats indique des différences significatives du poids de l'épi entre les conditions azotée (N1) et non azotée (N0) en 2009, 2010 et 2011. En outre, lorsque les résultats des 3 années sont cumulés, l'effet de la fertilisation azotée est significatif sur le poids de l'épi. La fertilisation azotée entraîne une augmentation du poids de l'épi du maïs.

#### 4-2-2-3-3- Effet des traitements binage sur le poids de l'épi en condition N1 et N0

##### 4-2-2-3-3-1- En condition non azotée (N0)

L'effet des traitements de binage sur le poids de l'épi en condition non azotée est présenté dans la figure suivante.



**Figure 44 : Effet des traitements de binage sur le poids de l'épi en condition N0**

L'analyse des résultats obtenus en 2009 fait apparaître 9 groupes homogènes de traitements de binage selon le poids de l'épi. Les Témoins Enherbé (TE) et Propre (TP) constituent respectivement les groupes 1 dans lequel, le poids de l'épi est le plus faible avec 8,4 g et le groupe 9 dans lequel le poids de l'épi est plus élevé avec 37,3 g. Entre ces groupes, il existe des groupes intermédiaires avec des poids d'épi de l'ordre de 12,9 g en P3 (groupe 2) ; 15,3 g en B4 (groupe 3) ; 19,3 g en P4 et H1 (groupe 4) ; 22,1 g en B3 (groupe 5) ; 26,6 g en P2 et B2 (groupe 6) ; 29 g en H2 et H4 (groupe 7) et 33,52 g en H3, B1 (groupe 8). Ces résultats montrent que le poids de l'épi est élevé lorsque la parcelle est maintenue propre en début de cycle à partir du 15<sup>ème</sup> jour jusqu'au 45<sup>ème</sup> jour.

En 2010, l'analyse des résultats sur le le poids de l'épi a permis d'identifier 9 groupes homogènes de traitements de binage. Le premier groupe est constitué du Témoin Enherbé (TE) dans lequel, le poids de l'épi est le plus faible et ne dépasse pas 11 g tandis le dernier groupe (9) enregistre le poids de l'épi le plus élevé avec 60,7 g. Des groupes intermédiaires sont notés entre ces groupes (1 et 9). Dans ces groupes intermédiaires, le poids de l'épi peut

atteindre : 25,1 g en H1 (groupe 2) ; 30,2 g en B4 et P4 (groupe 3) ; 35 g en B3 (groupe 4) ; 36 g en P3 (groupe 5) ; 45,5 g en P1, H2 et B2 (groupe 6) ; 47,7 g en H3 (groupe 7) ; et 53, 2 g en P2 et B1 (groupe 8). Ces résultats montrent qu'il est important de maintenir propre le maïs en début de cycle pour obtenir un poids d'épi élevé. Ainsi, 3 binages sont proposés au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou bien 2 binages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

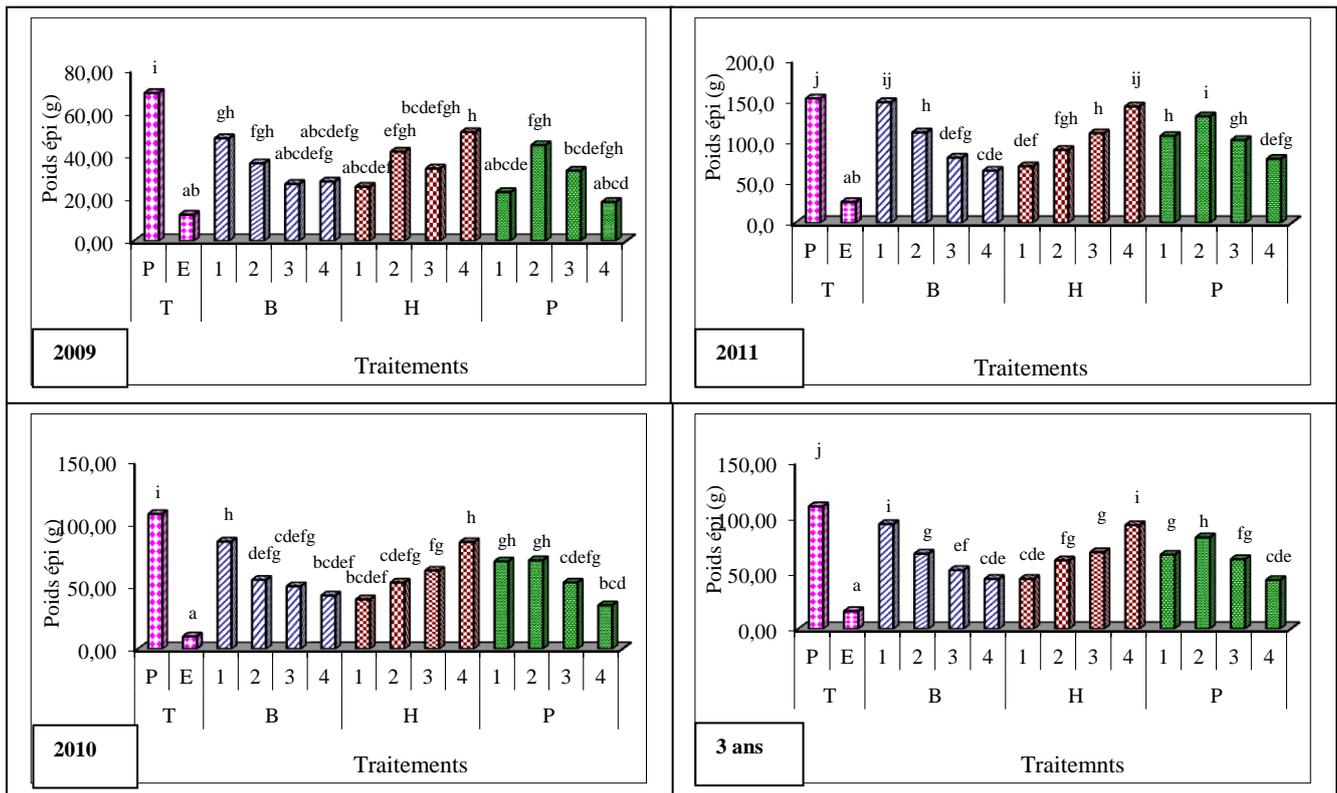
Les résultats obtenus en 2011 montrent que les traitements binage sont organisés en 8 groupes homogènes selon le poids de l'épi. Le groupe 1 est constitué du traitement laissé enherbé tout le temps (TE). Ce traitement enregistre le poids de l'épi le plus faible avec 18,9 g alors que le plus élevé (96 g) est obtenu pour le Témoin Propre (TP) qui constitue le dernier groupe (8). Les groupes 2 et 3 sont respectivement constitués des traitements (H1, B4 et P4) et (B3) dans lesquels, le poids de l'épi peut atteindre 42,7 g (groupe 2) et 44,8 g (groupe 3). Le groupe 4 est constitué du traitement H2 dans lequel, le poids de l'épi ne dépasse pas 56 g. Les traitements P3, B2, P1 et H3 constituent le groupe 5. Dans ces traitements, le poids de l'épi est de l'ordre de 64,5 g. Le groupe 6 est composé du traitement P2 pour lequel, le poids de l'épi atteint 82,6 g. Les traitements H4 et B1 dans lesquels, le poids de l'épi est d'environ 93 g constitue le groupe 7. Ces résultats montrent que le poids de l'épi est élevé lorsque la parcelle est maintenue propre en début de cycle au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

L'analyse des résultats globaux des 3 ans sur le poids de l'épi fait ressortir 9 groupes de traitements de binage. Le Témoin Enherbé (TE) et les traitements B1, H4 et TP constituent respectivement les groupes 1 et 9 dans lesquels, le poids de l'épi peut atteindre 12, 7 g et 63,5 g. Les traitements H1, B4 et P4 composent le groupe 2 dans lequel, le poids de l'épi est de l'ordre de 29,8 g. Les groupes 3 et 4 sont respectivement constitués des traitements (B3) et (P3) pour lesquels, le poids de l'épi peut atteindre 33,91 g en B3 et 35,5 g en P3. Les traitements H2 et B2 constituent le groupe 5. Dans ce groupe le poids de l'épi ne dépasse pas 43,5 g. Les groupes 6, 7 et 8 rassemblent respectivement les traitements (P1), (H3) et (P2) dans lesquels, le poids de l'épi est de l'ordre de 46,8 g en P1 ; 48 g en H3 et 52,2 g en P2. Ces résultats suggèrent de maintenir le maïs propre en début de cycle à partir du 15<sup>ème</sup> jour jusqu'au 45<sup>ème</sup> jour.

Ces résultats montrent qu'en condition non azotée les binages successifs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis permettent d'obtenir des poids d'épis élevés. Ces observations montrent l'importance de maintenir propre le maïs en début de cycle.

#### **4-2-2-3-3-2- En condition de fertilisation azotée (N1)**

L'effet des traitements de binage sur le poids de l'épi en N1 est présenté dans la figure 45.



**Figure 45 : Effet des traitements de binage sur le poids de l'épi en condition azotée**

L'analyse des résultats de l'année 2009 a permis d'identifier 12 groupes homogènes de traitements de binage. Le premier groupe est constitué d'un seul traitement (TE) dans lequel, les plantes présentent le plus faible poids de l'épi avec environ 12,2 g alors dans le groupe 12 le poids de l'épi obtenu pour le traitement maintenu tout le temps propre (TP) est plus élevé avec 70 g. Le groupe 2 est composé du traitement P4 dans lequel, le poids de l'épi ne dépasse pas 19 g. Le traitement P1 pour lequel, le poids de l'épi est d'environ 23 g constitue le groupe 3. Le groupe 4 est représenté par le traitement H1 où le poids de l'épi est 25,3 g. Les traitements B3 et B4 constituent le groupe 5 dans lequel, le poids de l'épi atteint 28 g. Le groupe 6 est constitué des traitements P3 et H3 pour lesquels, le poids de l'épi ne dépasse pas 34 g. Les groupes 7, 8, 9, 10 et 11 sont respectivement constitués d'un seul traitement (B2), (H2), (P2), (B1) et (H4). Dans ces groupes, les poids des épis sont de l'ordre de 36 g en B2 (groupe 7) ; 41,6 g en H2 (groupe 8) ; 44,7 g en P2 (groupe 9) ; 47,9 g en B1 (groupe 10) et 51 g en H4 (groupe 11). Ces observations montrent que les traitements qui ont subi de binage en début de cycle du maïs produisent des poids d'épis élevés. Ainsi, il est nécessaire de désherber le maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> ou bien au 45<sup>ème</sup> après le binage démariage.

En 2010, les traitements de binage sont organisés en 9 groupes homogènes des traitements de binages. Les groupes 1 et 9 constituent respectivement les témoins Enherbé (TE) dans lequel, le poids de l'épi est plus faible avec 10 g et Propre (TP) pour lequel, le poids de l'épi est plus élevé avec 107 g. Entre ces groupes (1 et 9), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, le poids de l'épi est de l'ordre de 35 g en P4 (groupe 2) ; 43 g en B4 et H1 (groupe 3) ; 53,2 g en B3, H2 et P3 (groupe 4) ; 55,2 g en B2 (groupe 5) ; 62,6 g en H3 (groupe 6) ; 70 g en P1 et P2 (groupe 7) et 86 g en H4 et B1 (groupe 8). Il ressort de ces résultats que les poids des épis les plus importants sont notés pour les traitements qui ont subi des binages en début de cycle

du maïs. Ainsi, les binages au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup> et au 30<sup>ème</sup> jour après semis sont nécessaires pour obtenir un poids d'épi de maïs élevé.

L'analyse des résultats de l'année 2011 fait ressortir 10 groupes homogènes de traitements de binage. Le groupe 1 est formé par le Témoin Enherbé (TE) où on obtient un poids d'épi de l'ordre de 25 g. Les groupes 2 et 3 sont respectivement constitués des traitements (B4) et (H1) avec des poids d'épi de l'ordre de 64g en B4 (groupe 2) et 69 g en H1 (groupe 3). Le groupe 4 est composé des traitements P4 et B3. Dans ce groupe le poids de l'épi ne dépasse pas 80 g. Le groupe 5 est représenté par le traitement H2 avec un poids d'épi de 89,5 g. Le traitement P3 représente le groupe 6 pour lequel, le poids de l'épi dépasse 101 g. Le groupe 7 est composé des traitements P1, H3 et B2 dans lesquels, le poids de l'épi atteint 110 g. Le groupe 8 est constitué du traitement P2 qui présente un poids d'épi d'environ 130,5 g. Les traitements H4 et B1 constituent le groupe 9 dans lequel, le poids de l'épi peut atteindre 148 g. Le dernier groupe (10) renferme les traitements TP qui enregistre le poids de l'épi le plus élevé avec 153 g. Ces observations montrent la nécessité de désherber le maïs au moins pendant 45 jours en début de cycle ou bien de biner le maïs au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

Les résultats cumulés des 3 ans sur le poids de l'épi sont organisés en 8 groupes homogènes de traitements de binage. Le groupe 1 renferme le Témoin Enherbé (TE) dans lequel, le poids de l'épi est le plus faible avec 16 g tandis que le plus élevé avec 109,9 g est noté dans le dernier groupe qui est constitué du Témoin Propre (TP). Les traitements P4, H1 et B4 forment le groupe 2. Dans ces traitements, le poids de l'épi ne dépasse pas 45 g. Les groupes 3 et 4 sont respectivement représentés par les traitements B3 avec 52,7 g ; H2 et P3 avec 62,5 g. Les traitements P1, B2 et H3 constituent le groupe 6 dans lequel, le poids de l'épi est d'environ 68 g. Les groupes 7 et 8 sont respectivement constitués des traitements (P2) dans lequel, le poids de l'épi peut atteindre 83 g et H4 et B1 dans lesquels, le poids de l'épi est de l'ordre de 94 g. Ces observations révèlent que les traitements de binage qui ont subi des désherbages en début de cycle présentent les meilleurs poids d'épi. Ainsi, il est important de maintenir propre le maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou au 45<sup>ème</sup> après le binage au 15<sup>ème</sup> jour.

En condition N1, les résultats révèlent l'importance de réaliser 3 désherbages successifs en début de cycle du maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis pour obtenir un poids d'épi élevé en condition azotée.

### **Conclusion partielle sur le poids de l'épi**

*L'effet de l'année a une influence sur le poids de l'épi de maïs.*

*L'apport de l'azote entraîne l'augmentation du poids de l'épi de maïs.*

*Aussi bien en N0 qu'en N1, les binages en début de cycle du maïs augmentent le poids de l'épi. Ainsi, 3 binages successifs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 désherbages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour permettraient d'obtenir des poids des épis élevés.*

#### 4-2-2-4- Effet de l'année, de la fertilisation azotée et azotée et des traitements de binage sur le nombre de graines de l'épi

Les résultats de l'ANOVA de l'effet de l'année, de la fertilisation azotée, des traitements de binage et des interactions entre ces facteurs sur le nombre de graines de l'épi sont présentés dans le tableau suivant.

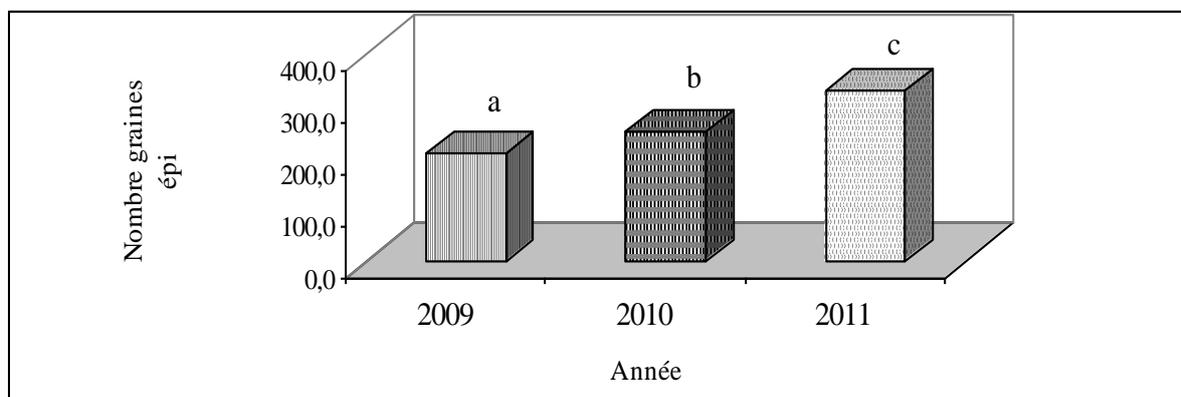
**Tableau 20 : Résultats de l'ANOVA sur le nombre de graines de l'épi**

	Nombre de graines épi
Fertilisation azotée	***
Traitements de binage	***
Interaction fertilisation azotée/traitements de binage	NS
Année	***
Interaction année/fertilisation azotée	**
Interaction année/traitements de binage	*
Interaction année/fertilisation azotée/traitements de binage	NS

Ces résultats montrent que l'année, la fertilisation azotée, les traitements de binage et les interactions année/ fertilisation azotée et année/traitements de binage ont des effets significatifs sur le nombre de graines de l'épi. Par contre les interactions fertilisation azotée/traitements de binage et année/fertilisation azotée/traitements de binage n'ont pas des effets significatifs sur le nombre de graines de l'épi. Ainsi, dans la suite du travail, ces effets seront analysés pour chaque paramètre.

##### 4-2-2-4-1- Effet de l'année sur le nombre de graines de l'épi

Le nombre de graines de l'épi au cours des 3 ans d'expérimentation est présenté dans la figure suivante.

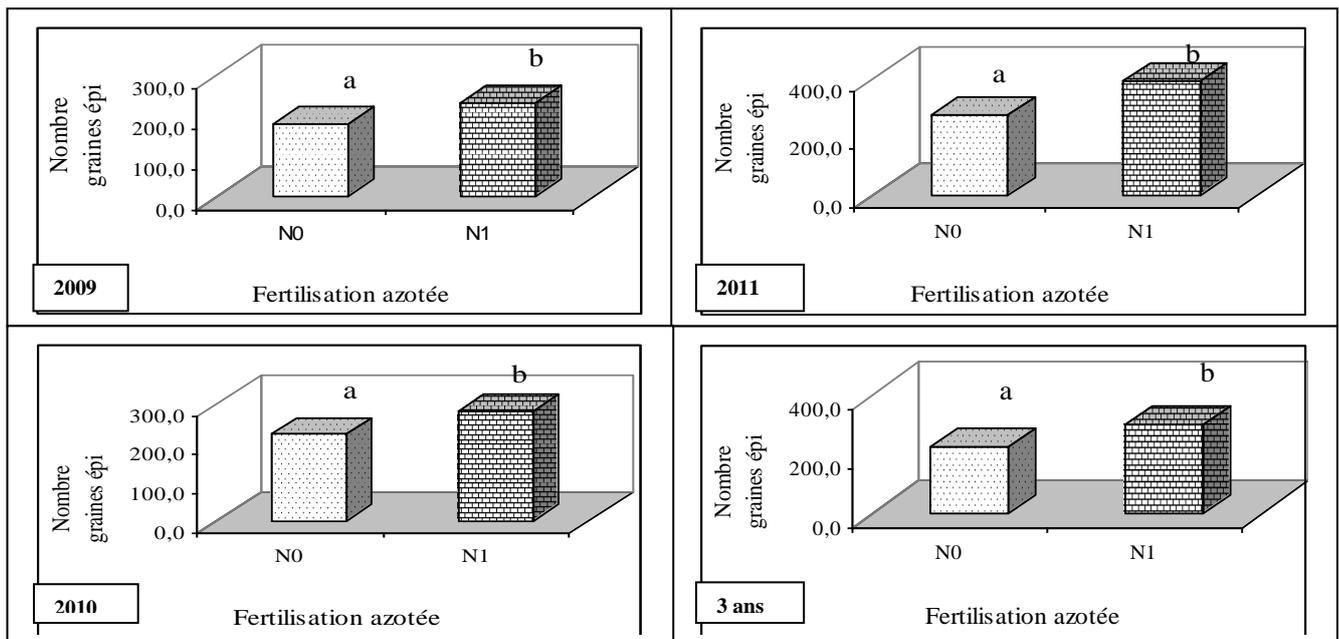


**Figure 46 : Effet de l'année sur le nombre de graines de l'épi**

Les résultats de l'ANOVA montrent que le nombre de graines de l'épi est variable d'une année à l'autre. Ces variations en nombre de graines sont significativement différentes. Le nombre de graines de l'épi est plus important en 2011 (330,74 graines) et suivi de 2010 (250,79 graines) et de 2009 (206,97 graines). Ces résultats montrent que l'année a une influence sur le nombre de graines de l'épi.

##### 4-2-2-4-2- Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le nombre de graines de l'épi

L'effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le nombre de graines de l'épi est indiqué dans les figures si dessous.



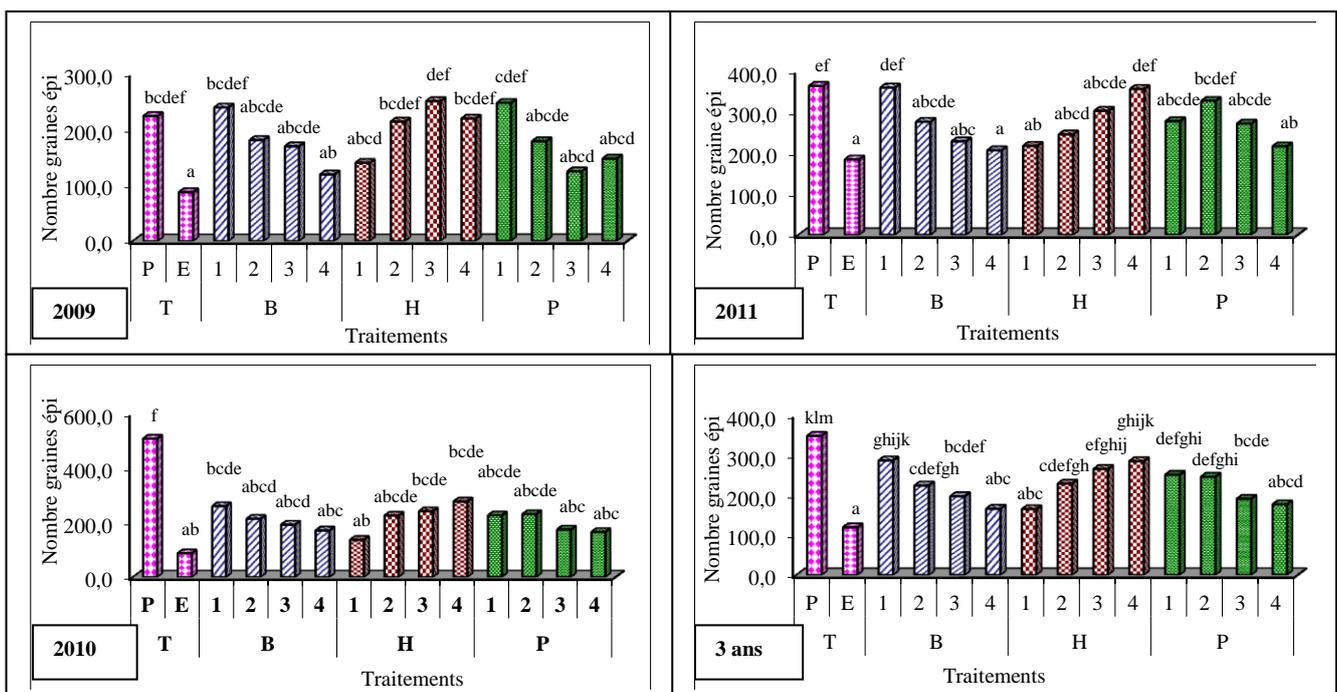
**Figure 47 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le nombre de graines de l'épi**

L'analyse des résultats indique des différences significatives du nombre de graines de l'épi entre les conditions azotée (N1) et non azotée (N0) en 2009, 2011 et 2010. En outre, lorsque les résultats des 3 années sont pris ensemble, l'effet de la fertilisation azotée est significatif sur le nombre de graines de l'épi. Ces observations montrent que la fertilisation azotée entraîne une augmentation du nombre de graines de l'épi du maïs.

#### 4-2-2-4-3- Effet des traitements de binage sur le nombre de graines de l'épi

##### 4-2-2-4-3-1- En condition non azotée (N0)

L'effet des traitements de binage sur le nombre de graines de l'épi du maïs en condition non azotée est présenté dans la figure suivante.



**Figure 48 : Effet des traitements de binage sur le nombre de graines de l'épi en condition non azotée**

En 2009, l'analyse des résultats a permis d'identifier 7 groupes homogènes de traitement de binage selon le nombre de graines de l'épi. Le Témoin Enherbé (TE) qui n'a pas subi de binage depuis les semis jusqu'à la récolte constitue le premier groupe avec un nombre de graines de l'épi le plus faible (87,5 graines) tandis que le Témoin Propre (TP) constitue le dernier groupe (7) où on obtient le nombre de graines de l'épi le plus élevé avec 251 graines. Entre ces groupes (1 et 7), il apparaît des groupes intermédiaires dans lesquels, on peut obtenir 120 graines en B4 (groupe 2) ; 148 graines en P3, H1 et P4 (groupe 3) ; 181 graines en B3, P2 et B2 (groupe 4) ; 239 graines en H2, H4, TP et B1 (groupe 5) et 248 graines en P1 (groupe 6). Il ressort de ces résultats que le nombre de graines le plus faible et le plus élevé présentent de différence significative alors que les traitements intermédiaires sont comparables. Ces résultats montrent que le nombre de graines de l'épi est plus important pour les traitements qui sont maintenus propres en début de cycle du maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

En 2010, les traitements de binage sont organisés en 6 groupes homogènes de traitements de binage. Le groupe 1 est constitué des traitements TE et H1. Dans ces traitements le nombre de graines de l'épi est le plus faible et ne dépasse pas 88 graines alors que le dernier groupe (6) est constitué du Témoin Propre (TP) pour lequel, on obtient le nombre de graines de l'épi le plus élevé avec 508 graines. Entre ces groupe (1 et 6), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, le nombre de graines de l'épi peut atteindre 174 graines en P4, B4 et P3 (groupe 2) ; 214 graines en B3 et B2 (groupe 3) ; 231 graines en H2, P1 et P2 (groupe 4) et 278 graines en H3, B1 et H4 (groupe 5). Il ressort de ces résultats que le nombre de graine de l'épi le plus important est noté pour les traitements qui ont subi de binages en début de cycle du maïs. Ainsi, les binages au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis sont nécessaire pour obtenir un nombre de graines de l'épi de maïs élevé.

En 2011, les traitements de binage sont organisés en 8 groupes homogènes de traitements de binage selon le nombre de graines de l'épi. Le premier groupe est constitué des traitements TE et B4 dans lesquels, le nombre de graines de l'épi est plus faible avec 206 graines alors que le groupe 8 qui constitue le Témoin Propre (TP) présente le nombre de graines de l'épi le plus élevé avec 363 graines. Les groupes de traitements (B4 et H1) ; (B3) et (H2) constituent respectivement le groupe 2 pour lequel, le poids de l'épi est d'environ 217 graines ; le groupe 3 où le nombre de graines de l'épi est de 228 graines et le groupe 4 qui présente un nombre de graines de l'épi d'environ 245 graines. Les groupes 5, 6 et 7 et sont respectivement constitués des traitements (P3, B2, P1 et H3) avec 303 graines ; (P2) avec 326 graines et (H4 et B1) avec 359 graines. Ces observations montrent la nécessité de maintenir propre le maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

Les résultats cumulés des 3 ans sur le nombre de graines de l'épi sont organisés en 10 groupes homogènes de traitements de binage. Le groupe 1 est formé par le Témoin Enherbé (TE) dans lequel, le nombre de graines de l'épi est le plus faible avec 119 graines alors que le Témoin Propre (TP) constitue le dernier groupe (10) qui présente le nombre de graines de l'épi le plus important avec 348 graines. Entre ces groupes (1 et 10) il apparaît des groupes intermédiaires dans lesquels, le nombre de graines de l'épi est de l'ordre de 166 graines en H1 et B4 (groupe 2) ; 176 graines en P4 (groupe 3) ; 190 graines en P3 (groupe 4) ; 196 graines en B3 (groupe

5) ; 228 graines en B2 et H2 (groupe 6) ; 250 graines en P2 et P1 (groupe 7) ; 265 graines en H3 (groupe 8) et 287 graines en H4 et B1 (groupe 9).

Ces résultats montrent qu'en condition N0, pour obtenir un nombre de graines de maïs élevé, il est nécessaire de désherber le maïs 3 fois successifs en début de cycle au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 désherbages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

#### 4-2-2-4-3-2- En condition azotée (N1)

L'effet des traitements de binage en condition azotée sur le nombre de graines de l'épi est présenté dans la figure 49.

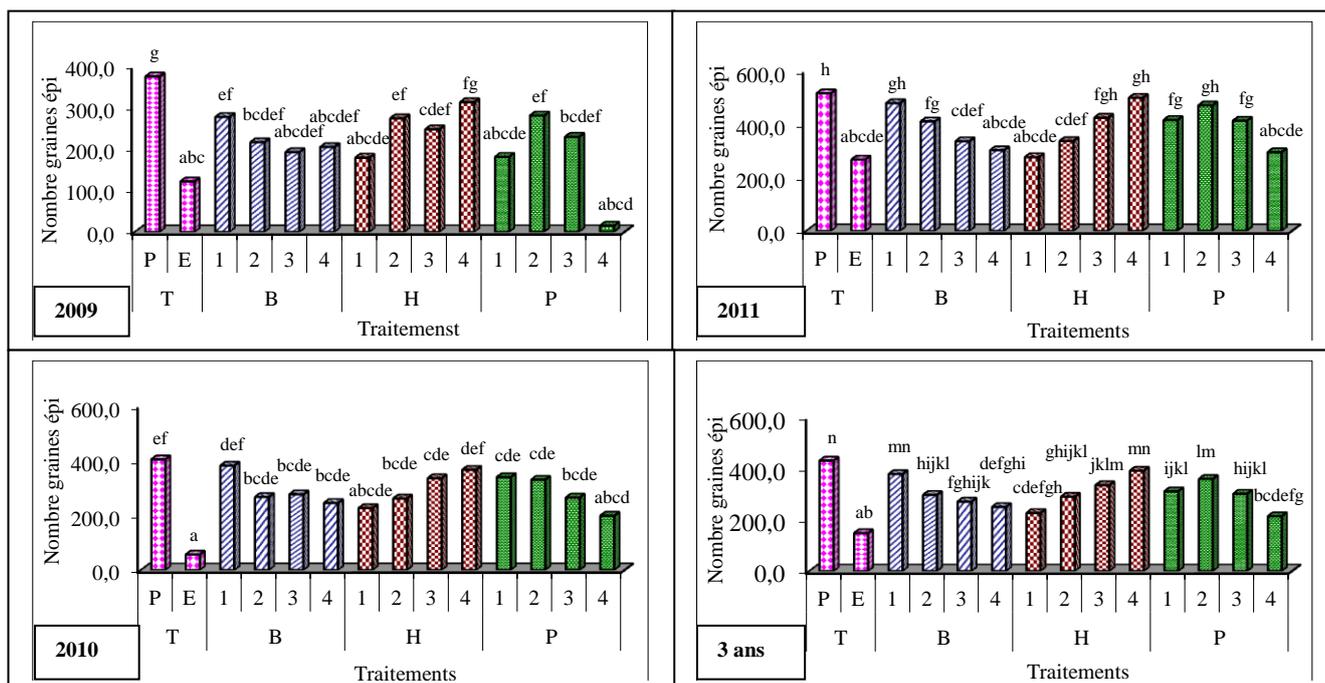


Figure 49 : Effet des traitements de binage sur le nombre de graines de l'épi en N1

Les résultats obtenus en 2009 font apparaître 9 groupes homogènes de traitements de binage. Le groupe 1 est constitué des Témoins Enherbés (TE) où le nombre de graines de l'épi est le plus faible avec 122 graines tandis que le dernier groupe (9) constitué du Témoin Propre (TP) qui présente le nombre de graines de l'épi le plus important avec 376 graines. Entre ces groupes (1 et 12), sont compris des traitements intermédiaires dans lesquels, le nombre de graines de l'épi est d'environ 150 graines en P4 (groupe 2) ; 182 graines en H1 et P1 (groupe 3) ; 205 graines en B3 et B4 (groupe 4) ; 230 graines en B2 et P3 (groupe 5) ; 248 graines en H3 (groupe 6) ; 380 graines en H2, B1 et P2 (groupe 7) et 314 graines en H4 (groupe 8). Ces résultats montrent l'importance de maintenir la culture de maïs exempte des adventices en début de cycle à partir du 15<sup>ème</sup> au 45<sup>ème</sup> jour pour obtenir des épis avec un nombre de graines élevé.

En 2010, l'analyse des résultats a permis d'identifier 7 groupes homogènes de traitements de binage selon le nombre de graines de l'épi. Le Témoin Enherbé (TE) qui n'a pas subi de binage depuis les semis jusqu'à la récolte constitue le groupe 1 avec un nombre de graines de l'épi le plus faible (57 graines) alors que le dernier groupe (7) est constitué par le Témoin Propre (TP) dans lequel, le nombre de graines de l'épi est plus important avec 404 graines. Le

deuxième groupe est composé du traitement P4 où le nombre de graines ne dépasse pas 198 graines. Dans le groupe 3, constitué du traitement H1, le nombre de graines de l'épi est de l'ordre de 226 graines. Les traitements B4, H2, P3, B2, et B3 constituent le groupe 4 dans lequel, le nombre de graines de l'épi peut atteindre 276 graines. Le groupe 5 est constitué des traitements P2, H3 et P1. Dans ce groupe, le nombre de graines de l'épi atteint 339 graines. Les traitements H4, et B1 constituent le groupe 6 dans lequel, le nombre de graines de l'épi atteint 382 graines en moyenne. Ces résultats montrent que le nombre de graines de l'épi est important pour les traitements qui sont maintenus propres en début de cycle du maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour.

L'analyse des résultats en 2011 sur le nombre de graines de l'épi a permis de différencier 6 groupes homogènes de traitements de binage. Le premier groupe est constitué des traitements suivants : TE, H1, P4 et B4 où le nombre de graines de l'épi ne dépassent pas 301 graines. Les traitements B3, et H2 dans lesquels, le nombre de graines de l'épi peut atteindre 336 graines forment le deuxième groupe. Le troisième groupe est constitué des traitements B2, P3 et P1. Dans ce groupe, le nombre de graines de l'épi est de l'ordre de 415 graines. Le groupe 4 n'est constitué que du traitement H3 dans lequel, le nombre de graines de l'épi est d'environ 423 graines. Les traitements P2, B1 et H4 sont rassemblés dans le groupe 5 où le nombre de graines de l'épi atteint 498 graines. Le dernier groupe (6) est constitué du Témoin Propre TP qui présente la moyenne la plus élevée avec 515 graines. Ce classement révèle l'importance de maintenir de plus en plus propre le maïs après le binage démariage au 15<sup>ème</sup> jour jusqu'au 45<sup>ème</sup> jour pour obtenir un nombre de graines de l'épi élevé.

Les résultats globaux des 3 ans sur le nombre de graines de l'épi sont organisés en 12 groupes homogènes de traitements de binage. Le premier et le dernier groupe renferment les Témoins Enherbé (TE) dans lequel, le nombre de graines de l'épi est le plus faible avec 148,7 graines et Propre (TP) pour lequel, nombre de graines de l'épi est plus important avec 431graines. Entre ces groupes (1 et 12), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, le nombre de graines de l'épi peut atteindre : 214 graines en P4 (groupe 2) ; 227 graines en H1 (groupe 3) ; 250 graines en B4 (groupe 4) ; 271 graines en B3 (groupe 5) ; 290 graines en H2 (groupe 6) ; 297 en B2 et P3 (groupe 7) ; 302 graines en P1 (groupe 8) et 335 graines en H3 (groupe 9) ; 360 graines en P2 (groupe 10) et 393 graines en B1 et H4 (groupe 11). Ces observations montrent qu'il est nécessaire de maintenir propre le maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour.

En condition azotée, le meilleur traitement pour obtenir un nombre élevé de graines de l'épi est de réaliser 3 binages au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 binages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

### **Conclusion partielle sur le nombre de graines de l'épi**

*L'année a une influence sur le nombre de graines de l'épi de maïs.*

*La fertilisation azotée augmente la production du nombre de graines de l'épi de maïs.*

*Dans les conditions de fertilisation azotée ou non azotée, le meilleur traitement pour obtenir un nombre élevé de graines de l'épi est de réaliser 3 désherbages en début de cycle du maïs au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour ou 2 désherbages avec un précoce au 15<sup>ème</sup> jour et un tardif au 45<sup>ème</sup> jour après semis.*

#### 4-2-2-5- Effet de l'année, de la fertilisation azotée et non azotée et des traitements de binage sur le poids de 100 graines

Les résultats de l'ANOVA de l'effet de l'année, de la fertilisation azotée, des traitements de binages et des interactions entre ces facteurs sur le poids des 100 graines sont présentés dans le tableau suivant.

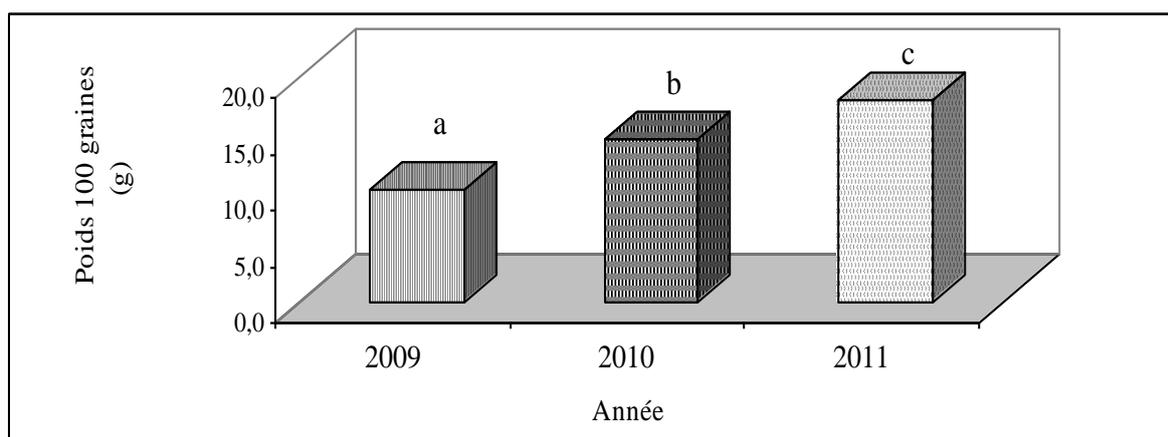
**Tableau 21 : Résultats de l'ANOVA sur le poids de 100 graines**

	Poids 100 graines
Fertilisation azotée	***
Traitements de binage	***
Interaction fertilisation azotée/traitements de binage	NS
Année	***
Interaction année/fertilisation azotée	**
Interaction année/traitements de binage	**
Interaction année/fertilisation azotée/traitements de binage	NS

Les résultats du tableau de l'ANOVA montrent que les traitements de binage, l'année, la fertilisation azotée ainsi les interactions année/fertilisation azotée et année/traitements de binage ont des effets significatifs sur le poids des 100 graines. Par contre, les interactions fertilisation azotée/traitements de binage et année/fertilisation azotée/traitements de binage n'ont pas d'effets significatifs sur le poids des 100 graines. Ainsi, dans la suite du travail, ces effets seront analysés pour chaque paramètre.

##### 4-2-2-5-1- Effet de l'année sur le poids de 100 graines

Le poids des 100 graines au cours des 3 ans d'expérimentation est présenté dans la figure suivante.



**Figure 50 : Effet de l'année sur le poids des 100 graines**

L'analyse de cette figure montre que le poids des 100 graines peut être plus ou moins élevé d'une année à l'autre. Le poids des 100 graines le plus élevé est obtenu en 2011 (18,04 g) suivi de 2010 (14,41 g) et de 2009 (9,96 g). La variation de ces poids montre que l'effet année a une influence sur du poids des 100 graines.

#### 4-2-2-5-2- Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le poids de 100 graines

L'effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le poids des 100 graines est présenté dans les figures suivantes.

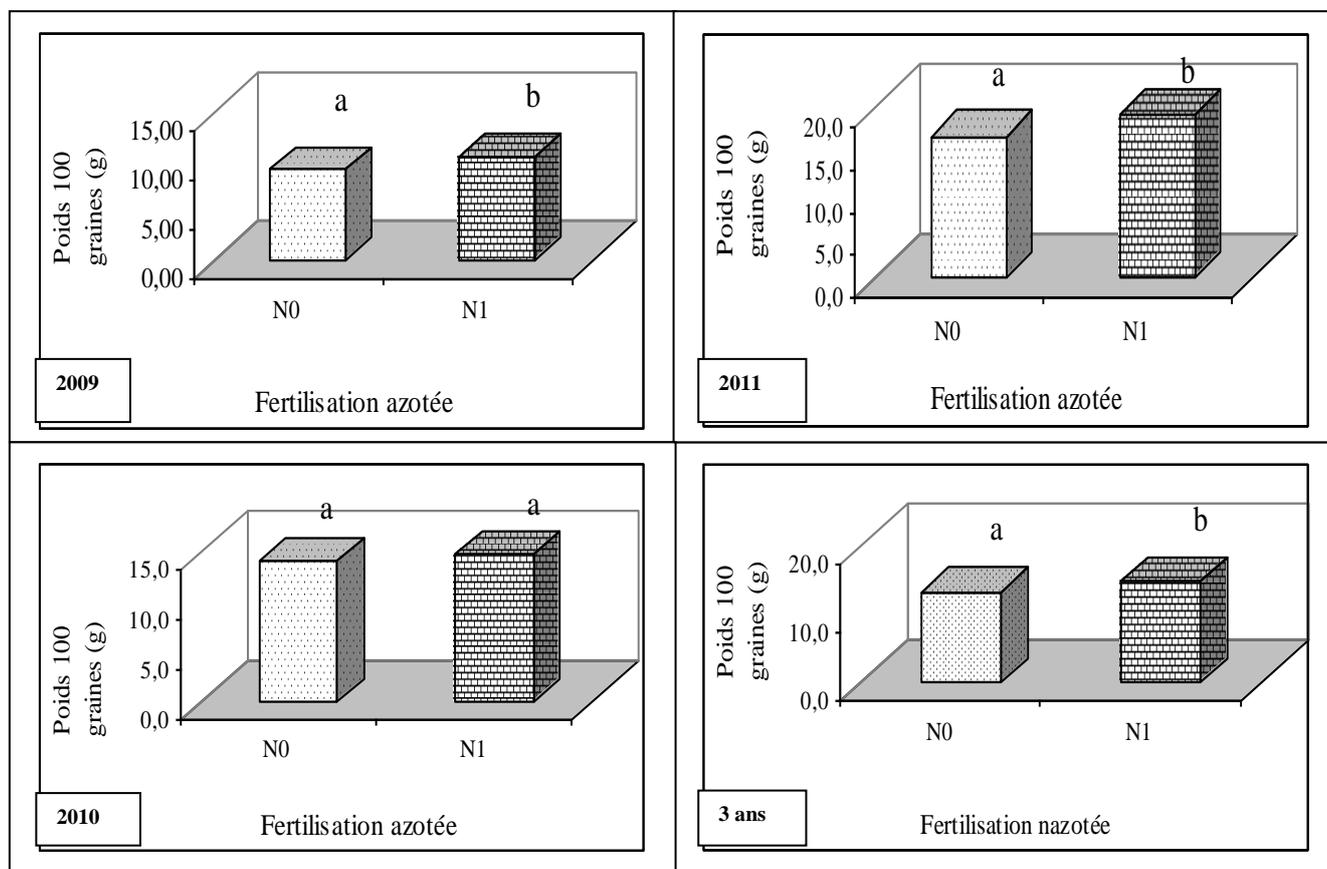


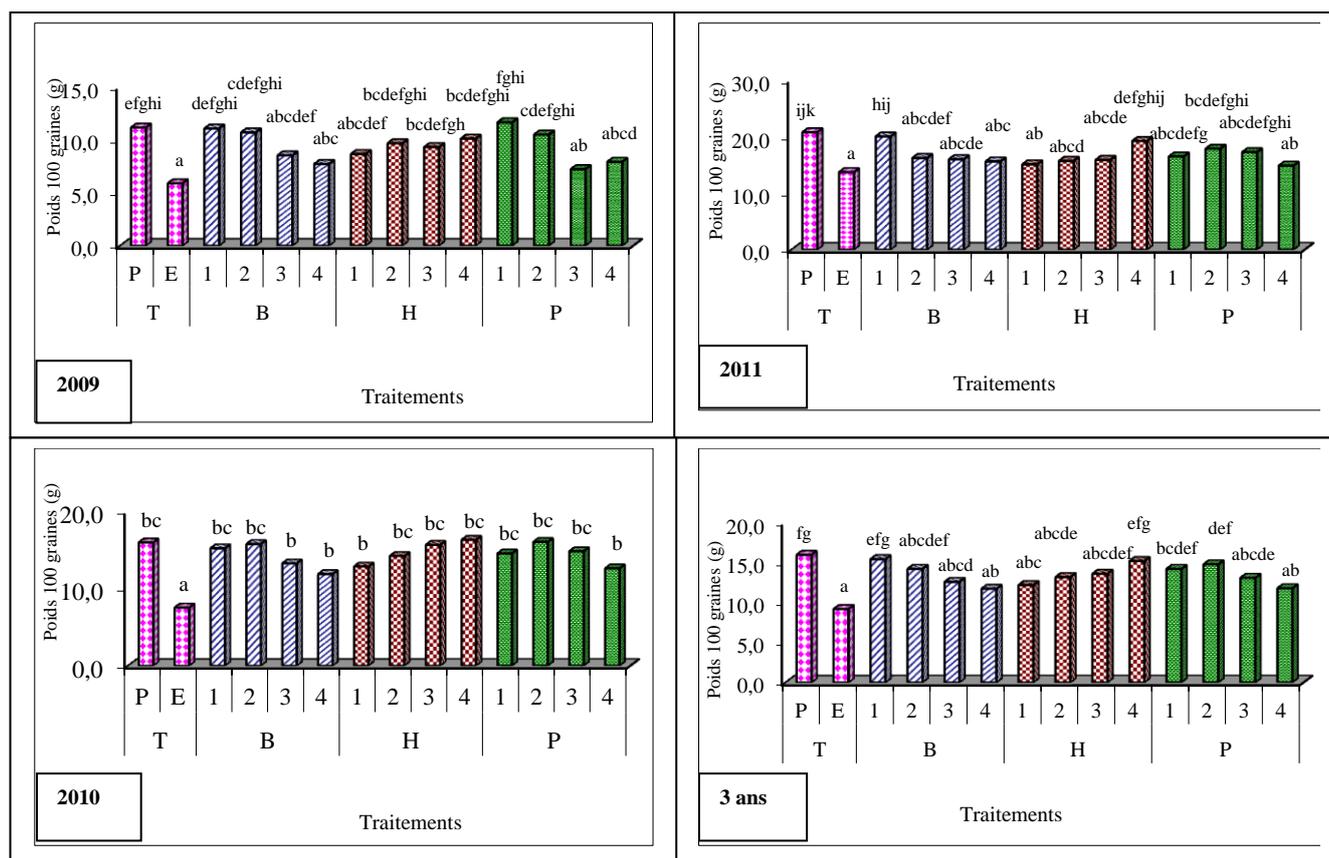
Figure 51 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le poids des 100 graines

Les résultats montrent des différences significatives du poids des 100 graines entre les conditions azotée (N1) et non azotée (N0) en 2009, 2011 alors qu'en 2010 ces différences ne sont pas significatives avec toutefois un poids des 100 graines supérieure en conditions azotée. En plus, lorsque les résultats des 3 années sont cumulés, l'effet de la fertilisation azotée est significatif sur le poids des 100 graines. Ces observations indiquent que la fertilisation azotée entraîne une augmentation du poids des 100 graines du maïs.

#### 4-2-2-5-3- Effet des traitements de binage sur le poids des 100 graines dans les fertilisations azotée et non azotée

##### 4-2-2-5-3-1- En condition non azotée N0

L'effet des traitements de binage sur le poids des 100 graines dans la condition non azotée est présenté dans la figure 52.



**Figure 52 : Effet des traitements de binage sur le poids des 100 graines en N0**

Les résultats obtenus en 2009 sont organisés en 11 groupes homogènes de traitements de binage selon les poids de 100 graines. Le Témoin Enherbé (TE) constitue le groupe 1 dans lequel, le poids des 100 graines est le plus faible avec 6 g tandis que le traitement P1 constitue le dernier groupe (11) dans lequel, le poids des 100 graines est de l'ordre de 11,6 g. Entre ces groupes on note des groupes intermédiaires de traitements de binage. Les groupes 2, 3 et 4 sont respectivement représentés par les traitements (P3), (B4) et (P4). Dans ces groupes, le poids des 100 graines peut atteindre 7,2 g en P3 (groupe 2) ; 7,7 g en B4 (groupe 3) et 7,9 g en P4 (groupe 4). Le groupe 5 est composé des traitements B3 et H1 pour lesquels, le poids des 100 graines est de l'ordre de 8,6 g. Entre les groupes (6 et 11), les poids des 100 graines sont comparables. Les poids des 100 graines sont de l'ordre de 9,3 g en H3 (groupe 6) ; 10,1 g en H2 et H4 (groupe 7) ; 10,7g en P2 et B2 (groupe 8) ; 11,1 g en B1 (groupe 9) et 11,2 g en TP (groupe 10). Ces résultats montent la nécessité de réaliser 3 binages en début de cycle du maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis pour obtenir des poids de 100 graines élevés.

En 2010, les résultats ont permis d'identifier 3 groupes homogènes de traitements de binage. Le premier groupe est constitué du traitement TE qui est laissé enherbé jusqu'à la récolte. Dans ce traitement, le poids des 100 graines ne dépasse pas 7,5 g. Ce poids des 100 graines est significativement différent de ceux des autres traitements de binage qui sont comparables. Les traitements B4, P4, H1 et B3 forment le second groupe. Dans ce groupe le poids des 100 graines atteint 13,4 g. Le troisième groupe est constitué des traitements H2, P1, P3, B1, H3, B2, TP, P2 et H4 dans lesquels, le poids des 100 g peut atteindre 16,5 g. Ces résultats révèlent

l'importance de maintenir propre le maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou bien au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

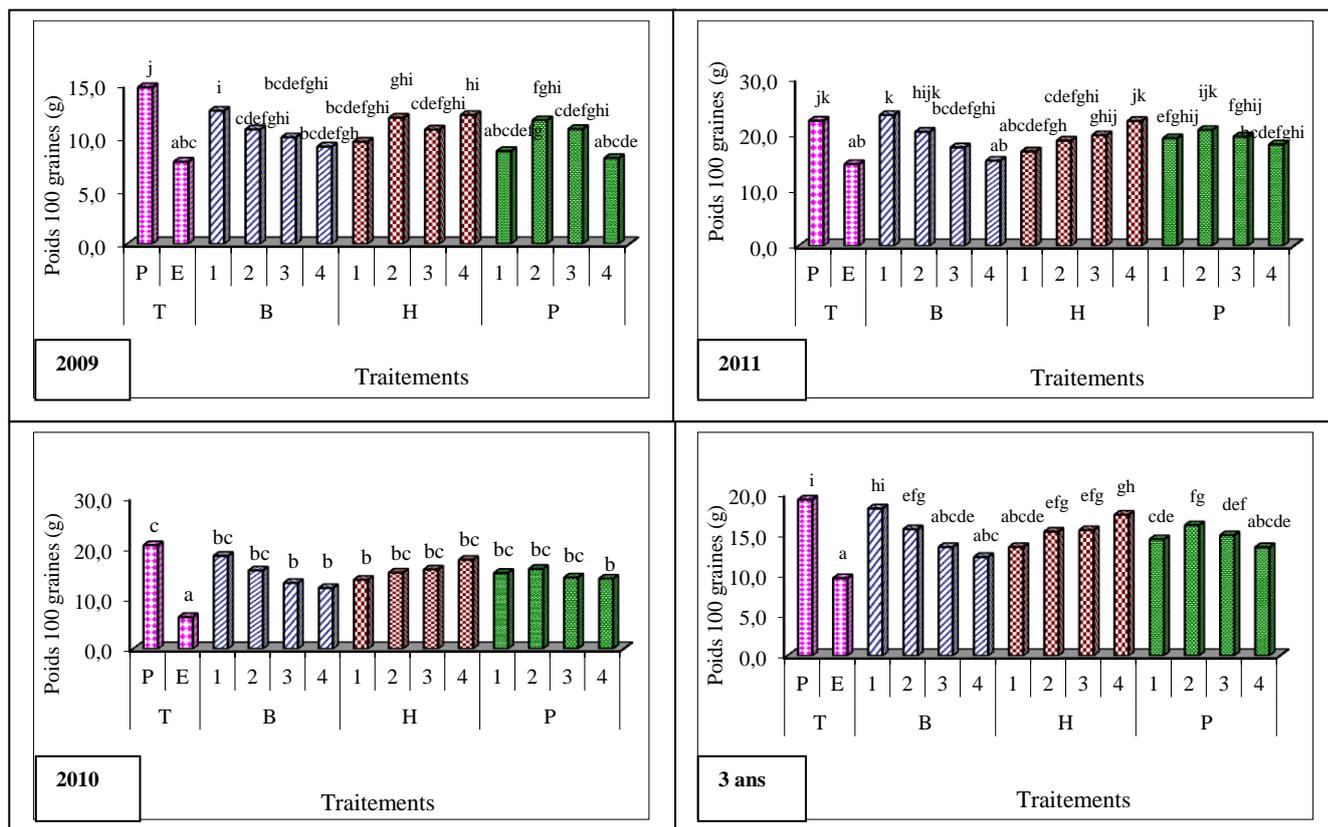
Les résultats obtenus en 2011 sur le poids des 100 graines sont organisés en 12 groupes homogènes des traitements de binage. Le poids des 100 graines le plus faible (13,2 g) et le plus élevé (23,5 g) sont respectivement notés dans les Témoins Enherbé (TE) (groupe 1) et Propre (TP) (groupe 12). Entre ces groupes (1 et 12), il apparaît des groupes intermédiaires quant aux poids des 100 graines. Les poids notés dans ces groupes sont de l'ordre de 15,1 g en P4 et H1 (groupe 2) ; 15,6 g en B4 (groupe 3) ; 15,7 g en H2 ; 16 en B3 (groupe 4) ; 16,2 g en B2 (groupe 5) ; 16,3g en P1 (groupe 6) ; 17,2 g en P3 (groupe 7) ; 17,8 g en P2 (groupe 8) ; 19,2 g en H4 (groupe 9) et 20,1 g en B1 (groupe 10). Le groupe 11 est constitué du traitement TP dans lequel, le poids des 100 graines peut atteindre 20,7 g. Un classement dans l'ordre croissant des traitements est le suivant : (TE), (P4, H1), (B4), (H2), (H3, B3), (B2), (P1) et (P3), (P2), (H4), (B1) et (TP). Ces résultats montrent la nécessité de réaliser 3 binages au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis pour obtenir des poids de 100 graines élevés.

Les résultats cumulés des 3 ans sur le poids des 100 graines révèlent que les traitements de binage sont organisés en 10 groupes homogènes. Le groupe 1 renferme le témoin enherbé (TE) dans lequel, le poids des 100 graines est le plus faible avec 9,2 g alors que le dernier groupe (10) est constitué du Témoin Propre (TP) qui présente le poids des 100 graines le plus important avec 348 graines. Les traitements P4 et B4 constituent le groupe 2 dans lequel, le poids des 100 graines ne dépasse pas 11,8 g. Les groupe 3 et 4 sont constitués des traitements (H1) et (B3) qui enregistrent un poids de 100 graines de l'ordre 12,2 g en H1 (groupe 3) et 12,6 g en B3 (groupe 4). Les traitements P3 et H2 représentent le groupe 5 dans lequel, le poids des 100 graines est d'environ 13,2 g. Les groupes 6 et 7 sont respectivement constitués des traitements (H3 et B2) et (P1) pour lesquels, le poids des 100 graines peut atteindre 14,1 g en H3 et B2 (groupe 6) et 14,2 g en P1 (groupe 7). Les groupes 8 et 9 sont respectivement constitués du traitement (P2) dans lequel, le poids de 100 graines est d'environ 14,9 g et (H4 et B1) où le poids des 100 graines peut atteindre 15,4 g. Ces résultats montrent que les traitements de binage qui ont subi des désherbages en début de cycle du maïs présentent un poids de 100 graines élevé. Ainsi, il est important de maintenir propre le maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour.

Dans cette condition non azotée, les désherbages successifs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis permettent d'obtenir les poids de 100 graines de maïs élevés.

#### **4-2-2-5-3-2- En condition azotée N1**

L'effet des traitements de binage sur le poids des 100 graines en condition azotée est présenté dans la figure suivante (Fig. 53).



**Figure 53 : Effet des traitements de binage sur le poids des 100 graines en N1**

Les résultats obtenus en 2009 sont organisés en 11 groupes homogènes de traitement de binage. Le groupe 1 renferme le témoin enherbé (TE) dans lequel, le poids des 100 graines est le plus faible et est d'environ 7,7 g alors que le dernier groupe (11) qui est constitué du Témoin Propre (TP) présente le nombre de graines de l'épi est plus important avec 14,7 g. Entre ces groupes (1 et 11), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, le nombre de graines est de l'ordre de 8,1 g en P4 (groupe 2) ; 8,7g en P1 (groupe3) ; 9 g en B4 (groupe 4) ; 10 g en H1 et B3 (groupe 5) ; 10,8 g en B2 et P3 (groupe 6) ; 11,6 g en P2 (groupe 7) ; 11,8 en H2 (groupe 8) ; 12,2 g en H4 (groupe 9) et 12,5 g en B1 (groupe 10). Ces observations montrent l'importance de maintenir propre le maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour.

En 2010, l'analyse des résultats a permis de ressortir 4 groupes homogènes de traitements de binage. Le premier groupe est constitué du Témoin Enherbé (TE) où on note le poids des 100 graines le plus faible avec 6,3 g tandis que le quatrième groupe est constitué du Témoin Propre (TP) dans lequel, le poids des 100 graines est le plus élevé avec 20,5 g. Les traitements B4, B3, H1 et P4 pour lesquels, le poids des 100 graines ne dépasse pas 13,9 g forment le deuxième groupe. Le troisième groupe est composé des traitements P3, P1, H2, B2, H3, P2, H4 et B1 dans lesquels, le poids de 100 graines peut atteindre 18,4 g. Ces résultats montrent que les poids de 100 graines les plus élevés sont notés pour les traitements qui sont maintenus propres pendant les 45 premiers jours après le semis. Ces observations montrent la nécessité de désherbages en début de cycle du maïs

Les résultats obtenus en 2011 sur le poids des 100 graines sont organisés en 11 groupes homogènes de traitements de binage. Les traitements TE et B4 présentent le poids des 100

graines le plus faible qui ne dépasse pas 15,3 g (groupe 1) et le plus élevé (22,4 g) pour le Témoin Propre (TP) (groupe 11). Entre ces groupes (1 et 11), il existe des groupes intermédiaires en ce qui concerne le poids de 100 graines : 16,9 g en H1 (groupe 2) ; 18,1 g en B3 et P4 (groupe 3) ; 18,9 g en H2 (groupe 4) ; 19,3g en P1 (groupe 5) ; 19,6 g en P3 (groupe 6) ; 19,8 g en H3 (groupe 7) ; 20,4 g en B2 (groupe 8) ; 20,8 g en P2 (groupe 9) et 20,8 g en H4 et B1 (groupe 10). Un classement dans l'ordre croissant des traitements est le suivant : (TE), (P4, H1), (B4), (H2), (H3, B3), (B2), (P1) et (P3), (P2), (H4), (B1) et (TP). Ces résultats montrent la nécessité de réaliser 3 binages au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis pour obtenir des poids de 100 graines élevés.

Les résultats des 3 ans pris ensemble sont organisés en 10 groupes homogènes de traitements de binage. Les groupes 1 et 10 renferment respectivement les Témoin Enherbé (TE) dans lequel, le poids des 100 graines est le plus faible avec environ 9,6 g alors que le Témoin Propre (TP) présente le poids des 100 graines le plus élevé avec 19,5 g. Entre ces groupes (1 et 10), il apparaît des groupes intermédiaires dans lesquels, le poids des 100 graines peut atteindre 12,2 g en B4 (groupe 2) ; 13,4 g en P4, B3 et H1 (groupe 3) ; 14,3 g en P1 (groupe 4) ; 14,8 g en P3 (groupe 5) ; 15,6 g en H2, H3 et B2 (groupe 6) ; 16,1 g en P2 (groupe 7) ; 17,4 g en H4 (groupe 8) et 18,1 g en B1 (groupe 9). Ces résultats révèlent que le poids de 100 graines est important dans les traitements maintenu de plus en plus propre en début de cycle du maïs. Ainsi, il est nécessaire de désherber le maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis pour obtenir des poids de 100 graines élevés.

Ces résultats montrent qu'en condition azotée, il est nécessaire de réaliser des binages du maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou au 15<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour après semis pour obtenir des poids des 100 graines élevés.

### **Conclusion partielle sur le poids des 100 graines**

*L'année a un effet sur le poids des 100 graines de maïs.*

*La fertilisation azotée entraîne une augmentation du poids des graines de maïs.*

*Les effets des traitements de binage sur le poids des 100 graines en N0 et N1 sont similaires au cours des trois années. Ainsi, il ressort de ces résultats que la réalisation des 3 binages en début de cycle du maïs tels que les dates suivantes au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 désherbages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis sont importants pour obtenir des poids des 100 graines de maïs élevés.*

#### 4-2-2-6- Effet de l'année, de la fertilisation azotée et non azotée et des traitements de binage sur le poids total des graines

Les résultats de l'ANOVA de l'effet de l'année, de la fertilisation azotée, des traitements de binage et des interactions entre ces facteurs sur le poids total des graines de l'épi sont présentés dans le tableau suivant.

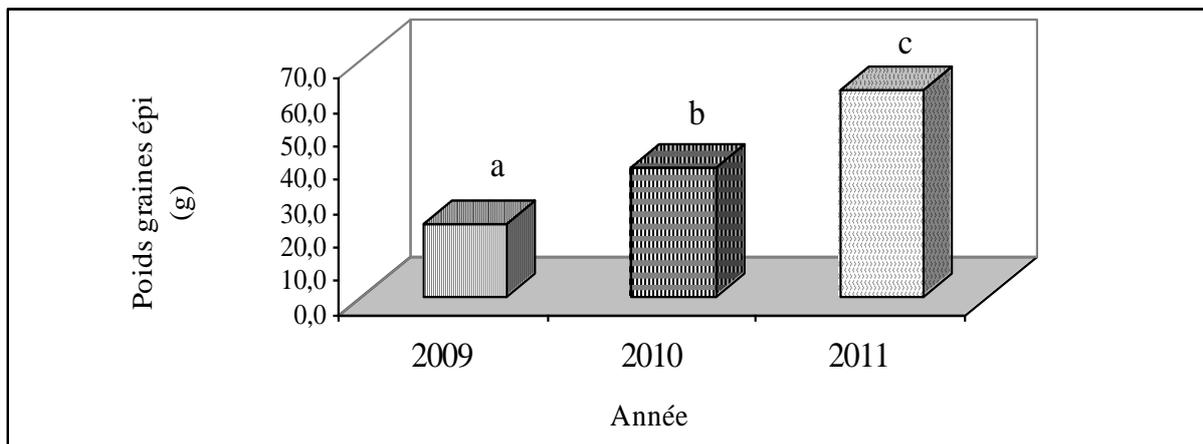
**Tableau 22 : Résultats de l'ANOVA sur le poids total des graines de l'épi**

	Poids total graines
Fertilisation azotée	***
Traitements de binage	***
Interaction fertilisation azotée/traitements de binage	***
Année	***
Interaction année/fertilisation azotée	***
Interaction année/traitements de binage	***
Interaction année/fertilisation azotée/traitements de binage	*

Ces résultats révèlent que la fertilisation azotée, les traitements de binage, l'année et leurs interactions ont des effets significatifs sur le poids total des graines de l'épi. Ainsi, dans la suite du travail, ces effets seront analysés pour chaque paramètre.

##### 4-2-2-6-1- Effet de l'année sur le poids total des graines de l'épi

Le poids total des graines de l'épi au cours des 3 ans d'expérimentation est présenté dans la figure ci dessous.



**Figure 54 : Effet de l'année sur le poids total des graines de l'épi**

Les résultats de l'ANOVA montrent que le poids total des graines de l'épi est différent d'une année à l'autre. Les différences des poids total des graines de l'épi sont significativement. Les poids des graines sont estimés à 22,01 g en 2009; à 38,30 g en 2010 et à 61,77 g en 2011. Ainsi, on peut noter que l'effet de l'année a une influence sur le poids total des graines de l'épi de maïs.

#### 4-2-2-6-2- Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le poids total des graines de l'épi

L'effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le poids total des graines est consigné dans la figure 55.

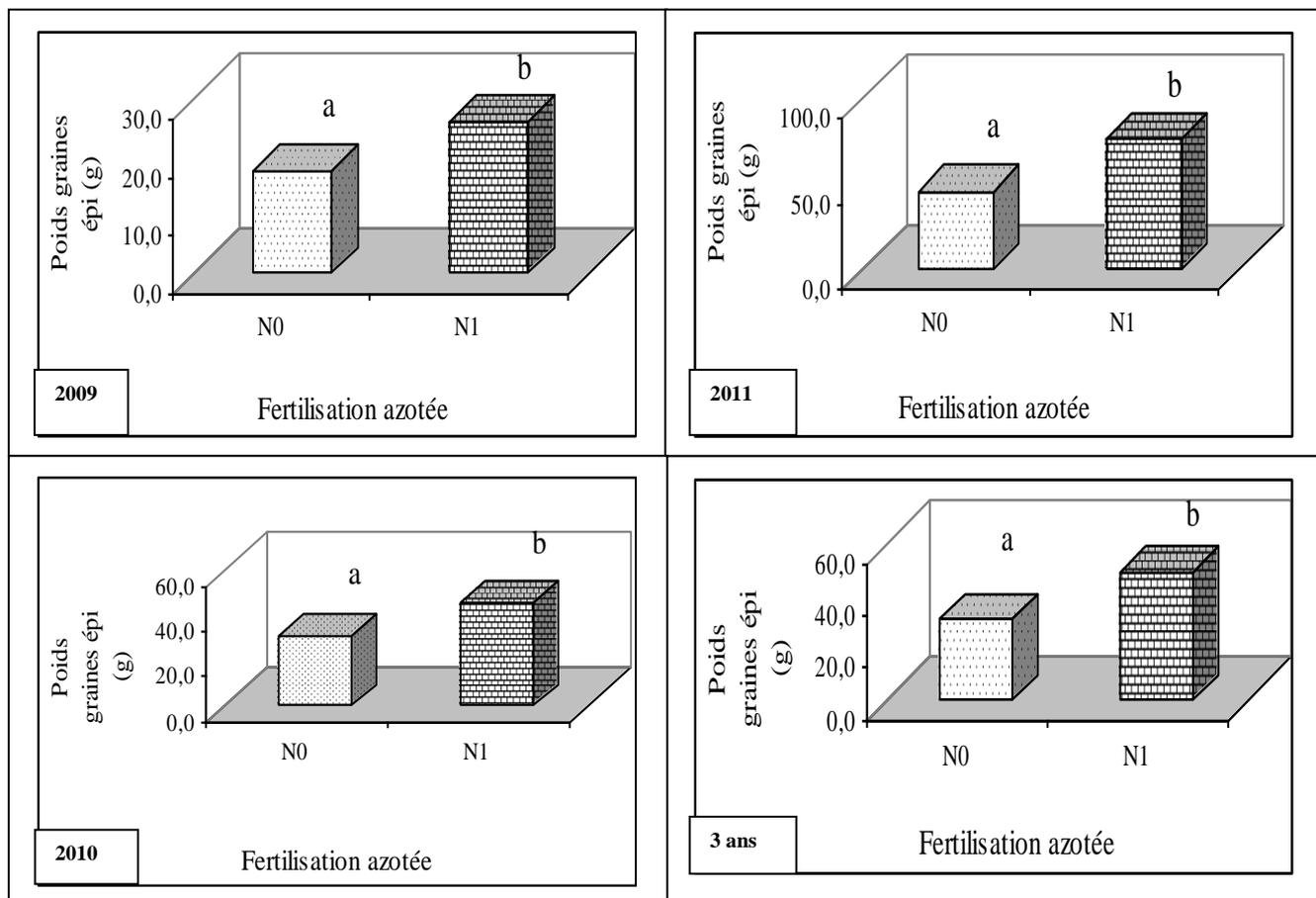


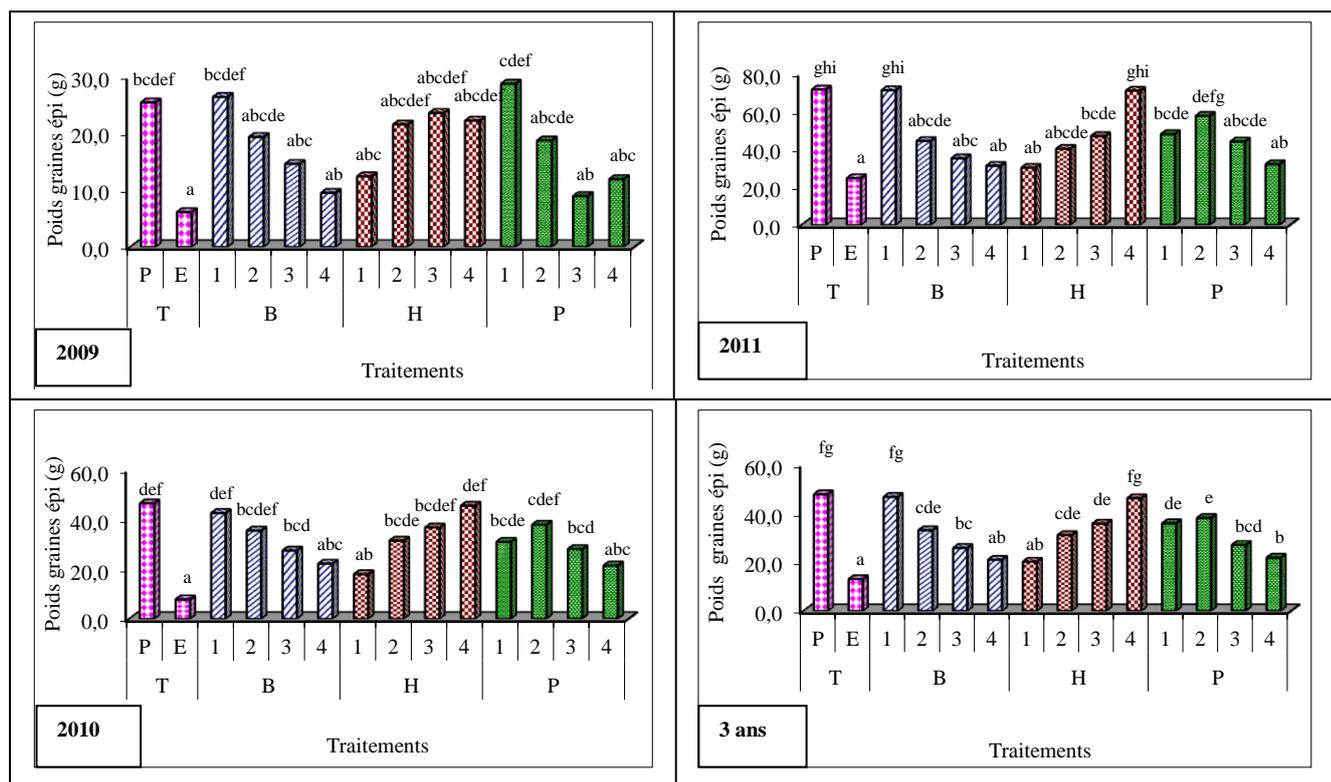
Figure 55 : Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le poids total des graines de l'épi

Les résultats pris isolément pour chaque année montrent l'existence de différences significatives entre les conditions azotée et non azotée. Le poids total des graines est respectivement estimé en N0 et N1 à 17,86 g contre 26,18 g (2009) ; à 30,86 g contre 45,69 g (2010), à 46,36 g contre 77,14 g (2011) et à 31,7 g contre 49,68 g pour le cumul des 3 ans. Ces résultats montrent que la fertilisation azotée augmente le poids des graines du maïs.

#### 4-2-2-6-3- Effet des traitements de binage sur le poids total des graines de l'épi dans la condition azotée et non azotée

##### 4-2-2-6-3-1- En condition non azotée (N0)

L'effet des traitements de binage sur le poids total de graines de l'épi en condition non azotée est consigné dans la figure suivante (Fig. 56).



**Figure 56 : Effet des traitements de binage sur le poids total des graines de l'épi en N0**

Les résultats obtenus en 2009 montrent que les traitements de binage sont organisés en 7 groupes homogènes. Le premier groupe est constitué du Témoins Enherbés (TE) avec le plus faible (6,2 g) poids total des graines de l'épi alors que le dernier groupe est constitué du traitement P1 où le poids total des graines de l'épi peut atteindre 29 g. Entre ces groupe (1 et 7), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, le poids total des graines de l'épi est d'environ 9,5 g en P3 et B4 (groupe 2) ; 14,6 g en B4, H1 et B3 (groupe 3) ; 19,3 g en P2 et B2 (groupe 4) ; 24 g en H2, H4 et H3 (groupe 5) et 26,4 g en TP et B1 (groupe 6). Ces résultats montrent l'importance de maintenir la culture de maïs exempte des adventices en début de cycle pour obtenir des poids totaux des graines des épis de maïs élevés. Ainsi, il nécessaire de réaliser 2 binages successifs au 15<sup>ème</sup> et au 30<sup>ème</sup> jour après semis.

En 2010, l'analyse des résultats a permis d'identifier 8 groupes homogènes de traitements de binage selon le poids total des graines de l'épi. Le Témoin Enherbé (TE) constitue le groupe 1 dans lequel, le poids total des graines de l'épi est le plus faible avec 8 g alors que le groupe 8 est composé des traitements B1, H4 et TP dans lesquels, le poids total des graines de l'épi est plus important avec 46 g. Les autres groupes sont des groupes intermédiaires dans lesquels, le poids des 100 graines est de l'ordre de 18 g en H1 (groupe 2) ; 22,1 g en P4 et B4 (groupe 3) ; 28,1 g en B3 et P3 (groupe 4) ; 31,4 g en P1 et H2 (groupe 5) ; 36,7 g en B2 et H3 (groupe 6) et 37,9 g en P2 (groupe 7). Ces résultats montrent que le poids total des graines de l'épi est important pour les traitements qui sont maintenus propres en début de cycle du maïs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

Les résultats de l'année 2011 sur le poids des 100 graines sont organisés en 8 groupes homogènes de traitements de binage. Le groupe 1 est constitué du Témoin Enherbé (TE) qui présente le poids total des graines de l'épi le plus faible avec 24,7 g tandis que le dernier

groupe (8) est constitué des traitements H4, B1 et TP dans lesquels, le poids de l'épi est le plus élevé et peut atteindre 71,6 g. Entre ces deux groupes (1 et 8), il apparaît des groupes intermédiaires en ce qui concerne le poids total des graines de l'épi. Ces groupes sont les suivants avec un poids total de graines qui peut atteindre : 32,1 g en H1, B4 et P4 (groupe 2) ; 35,3 g en B3 (groupe 3) ; 40,3 g en H2 (groupe 4) ; 44,8 g en P3 et B2 (groupe 5) ; 48,1 g en H3 et P1 (groupe 6) et 57,6g en P2 (groupe 7). Ces observations montrent la nécessité de réaliser 3 binages au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 binages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis pour obtenir des poids de graines élevés.

Les résultats cumulés des 3 ans sont organisés en 9 groupes homogènes de traitements de binage. Le groupe 1 renferme le Témoin Enherbé (TE) dans lequel, le poids total des graines de l'épi est le plus faible avec 13 g. Les groupes 2 et 3 constituent respectivement les traitements (H1 et B4) où le poids total des graines de l'épi peut atteindre 21 g et (P4) pour lequel, le poids des graines de l'épi est d'environ 22 g. Le traitement B3 forme le groupe 4 dans lequel, le poids total des graines de l'épi est de 25,8 g. Le groupe 5 est représenté par le traitement P3. Dans ce traitement, le poids total des graines de l'épi peut atteindre 27,1 g en moyenne. Les groupes 6, 7, 8 et 9 sont formés respectivement de traitements (H2 et B2) avec 33,5 ; (H3 et P1) avec 36 g et (H4, B1 et TP) avec 48 g. Ces observations montrent la nécessité de réaliser 3 binages successifs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 binages alternatifs au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour pour obtenir des poids des graines d'épis élevés.

Il ressort de ces résultats qu'en condition non azotée, les désherbages du maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou bien au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour sont nécessaires pour obtenir des poids totaux des graines d'épis élevés.

#### 4-2-2-6-3-2- En condition azotée N1

L'effet des traitements de binage en condition azotée sur le poids total de graines de l'épi est présenté dans la figure suivante.

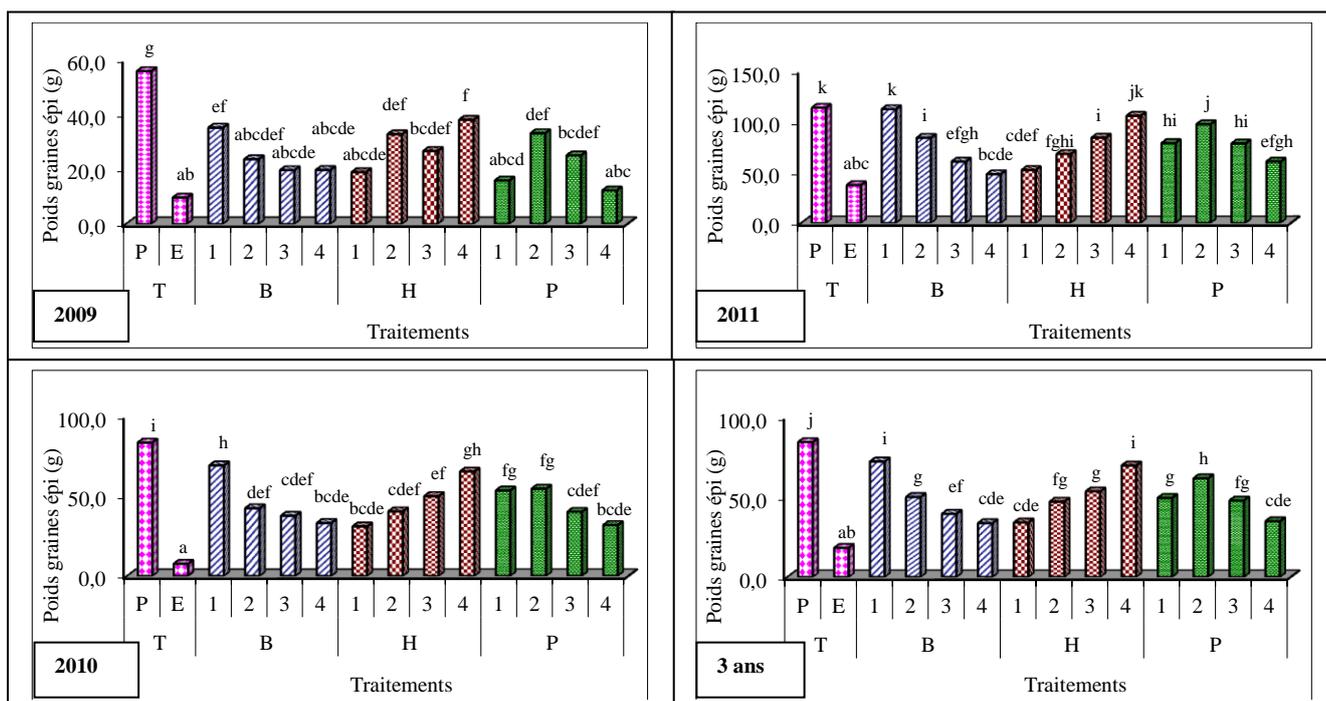


Figure 57 : Effet des traitements de binage sur le poids total des graines de l'épi en N1

En 2009, les résultats révèlent l'existence de 10 groupes homogènes de traitements de binage. Le premier groupe est constitué du Témoin Enherbé (TE) dans lequel, le poids total des graines de l'épi est le plus faible avec environ 10 g tandis que le dernier groupe (10) est constitué du traitement maintenu propre jusqu'à la récolte (TP) dans lequel, le poids total des graines de l'épi est le plus élevé avec 55,8 g. Entre ces groupes, des groupes intermédiaires sont notés. Ces groupes présentent des poids totaux de l'ordre de 12,2 g en P4 (groupe 2), 16 g en P1 (groupe 3) ; 20 g en H1, B3 et B4 (groupe 4) ; 23,5 g en B2 (groupe 5) ; 26,6 g en P3 et H3 (groupe 6) ; 33 g en H2 et P2 (groupe 7) ; 35,2 g en B1 (groupe 8) et 38,1 g en H4 (groupe 9). Ces résultats suggèrent de maintenir propre le maïs en début de cycle au 15<sup>ème</sup> jour jusqu'au 45<sup>ème</sup> jour après semis.

Les résultats obtenus en 2010 sur le poids total des graines de l'épi sont organisés en 9 groupes homogènes de traitements de binage. Les Témoins Enherbé (TE) et Propre (TP) présentent respectivement le poids des 100 graines de l'épi le plus faible avec 8 g (groupe 1) et le plus élevé avec 83,5 g (groupe 9). Les groupes 2 et 3 sont respectivement constitués des traitements (H1, P4 et B4) dans lesquels, le poids total des graines de l'épi peut atteindre 33 g et (B3, P3 et H2) où le poids des graines de l'épi est de l'ordre de 40,3 g. Les groupes 4 et 5 sont respectivement constitués du traitement (B2) et (H3). Dans ces groupes, le poids total des graines de l'épi peut atteindre 42,3 g en B2 (groupe 4) et 49,8 g en H3 (groupe 5). Le groupe 6 est formé des traitements P1 et P2 dans lesquels, le poids total des graines de l'épi atteint 54,5 g. Les traitements (H4) et (B1) représentent respectivement les groupes 7 et 8 où le poids total des graines de l'épi peut atteindre 65,2 g en H4 (groupe 7) et 69,1 g en B1 (groupe 8). Ces résultats montrent la nécessité de réaliser 3 binages successifs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 binages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour pour obtenir des poids des graines d'épis élevés.

L'analyse des résultats de l'année 2011 sur le poids total des graines de l'épi fait ressortir 10 groupes homogènes de traitements de binage. Le groupe 1 est constitué de TE qui présente un poids total des graines de l'épi le plus faible avec 37,3 g alors que le poids total des graines de l'épi le plus élevé est obtenu pour les traitements B1 et TP (groupe 10) dans lesquels, le poids total des graines de l'épi peut atteindre 113,5 g. Des groupes intermédiaires en ce qui concerne le poids total des graines de l'épi sont notés entre ces groupes (1 et 10). Dans ces groupes, les poids totaux des graines des épis sont de l'ordre de 48,1 g en B4 (groupe 2) ; 52 g en H1 (groupe 3) ; 60,5 g en B3 et P4 (groupe 4) ; 68 g en H2 (groupe 5) ; 78,7 g en P3 et P1 (groupe 6) ; 84 g en B2, H3 (groupe 7) ; 97,3 g en P2 (groupes 8) et 105,5 g en H4 (groupe 9). Ces observations montrent la nécessité de réaliser 3 binages au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 binages au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour pour obtenir un poids des graines d'épi élevés.

Les résultats obtenus des 3 ans pris ensemble montrent que les traitements sont organisés en 8 groupes homogènes. Le premier groupe est constitué des Témoins Enherbés (TE) avec un poids total des graines de l'épi le plus faible d'environ 18,1 g alors que le dernier groupe (8) est constitué du Témoin Propre TP pour lequel, le poids total des graines de l'épi atteint 85 g. Dans les groupes 2 et 3, sont respectivement constitués des traitements (B4, H1 et P4) pour lesquels, le poids total des graines de l'épi ne dépasse pas 34,8 g et (B3) où le poids des graines de l'épi peut atteindre 39,4 g. Dans le quatrième groupe, se trouvent les traitements H2 et P3 dans lesquels, le poids des graines de l'épi est de l'ordre de 47,8 g. Le cinquième

groupe rassemble les traitements P1, B2 et H3 où le poids total des graines de l'épi est d'environ 53,5 g. Le sixième groupe est constitué du traitement P2. Dans ce traitement, le poids total des graines de l'épi est de 61,6 g en moyenne. Le septième groupe est représenté par les traitements H4 et B1 dans lesquels, le poids des total des graines de l'épi atteint 72,5 g. Ces observation révèlent que maintenir propre le maïs en début de cycle permet d'obtenir un poids total des graines de l'épi élevé.

En condition azotée, les résultats montrent l'importance de maintenir la culture de maïs exempte des adventices en début de cycle pour obtenir un poids total des graines de l'épi élevé. Ainsi, il nécessaire de réaliser 3 binages successifs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semi.

### **Conclusion partielle sur le poids total des graines de l'épi**

*Les variations de l'année affectent le poids total des graines de l'épi de maïs.*

*L'apport de l'azote augment le poids total des graines de l'épi du maïs.*

*Les résultats des traitements de binage sur le poids des graines de l'épi dans les conditions azotée ou non azotée suggèrent la réalisation de 3 binages successifs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 désherbages alternatifs au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour pour obtenir un poids total des graines de l'épi de maïs élevé.*

### **Conclusion partielle sur les paramètres du rendement**

*L'ensemble des observations si dessus suggèrerait que les composantes du rendement du maïs sont des caractères agromorphologiques dépendant de l'effet de l'année, de la fertilisation azotée et des traitements de binage.*

*Les variations des facteurs biotiques et/ou abiotiques d'une année à l'autre affectent les paramètres de rendement du maïs.*

*L'apport de l'azote entraine une augmentation des paramètres de rendements du maïs.*

*Les traitements de binage montrent que les paramètres de rendement diminuent de manière inversement proportionnelle avec la durée de compétition des adventices au sein de la culture du maïs. Ainsi, il nécessaire de réaliser 3 binages successifs au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour ou bien 2 binages alternatifs au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis pour obtenir des paramètres de croissance de maïs élevés.*

### 4-2-3- Effet de la concurrence des adventices sur les rendements en graines de maïs

Les résultats de l'ANOVA de l'effet de l'année, de la fertilisation, des traitements de binage et des interactions entre ces facteurs sur les rendements en graines sont présentés dans le tableau suivant.

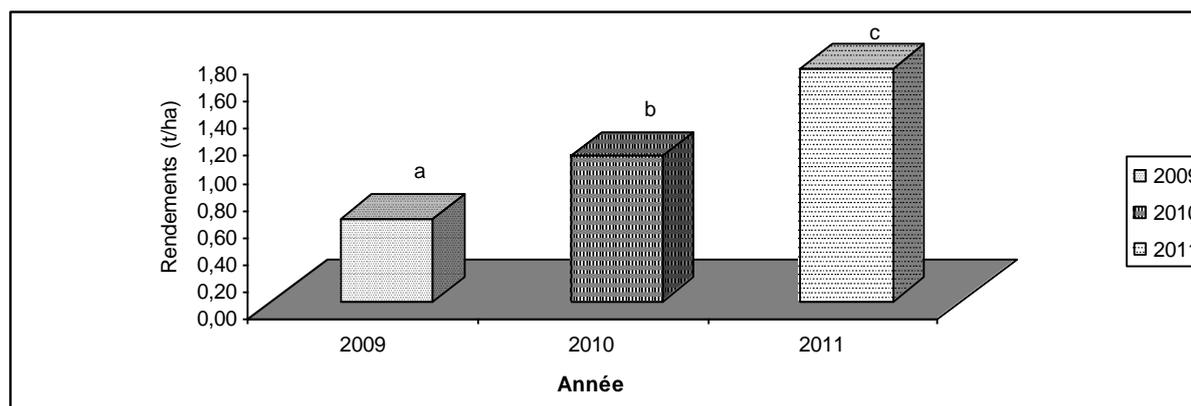
**Tableau 23 : Résultats de l'ANOVA sur le rendement du maïs des 3 ans**

	Rendements
Années	***
Fertilisation	***
Traitements de binage	***
Interaction années/fertilisation	***
Interaction années/traitements de binage	***
Interaction fertilisation/traitements de binage	**
Interaction années/fertilisation/traitements de binage	*

Ces résultats indiquent que les effets de l'année, de la fertilisation azotée, des traitements de binage et des interactions entre ces facteurs sur le rendement en graines de maïs sont très significatifs exceptée l'interaction fertilisation/traitements de binage qui a un effet significatif et l'interaction année/fertilisation/traitements de binage qui est peu significatif.

#### 4-2-3 1– Effet de l'année sur les rendements en graines du maïs

Les rendements en graines de maïs au cours des 3 ans d'expérimentation sont présentés dans la figure suivante.

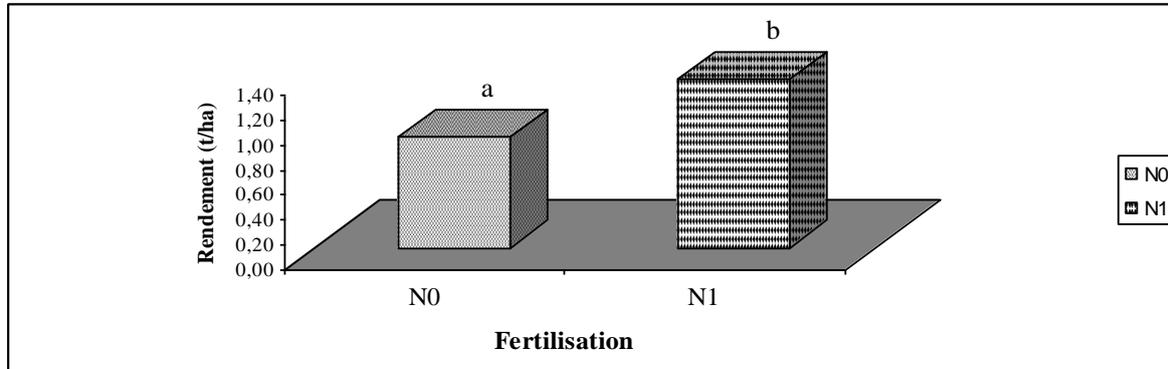


**Figure 58 : Effet de l'année sur le rendement du maïs**

Les résultats obtenus en 2009, 2010 et 2011 montrent que les rendements en graines de maïs sont différents d'une année à l'autre. Ces rendements sont estimés à 0,61 T/ha en 2009, de 1,06 T/ha en 2010 et de 1,71 T/ha en 2011. Ces observations montrent que les rendements en graines de maïs dépendent de l'année.

#### 4-2-3-2 – Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur les rendements en graines de maïs

L'effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le rendement en graines du maïs est présenté dans la figure ci-dessous (Fig. 59).

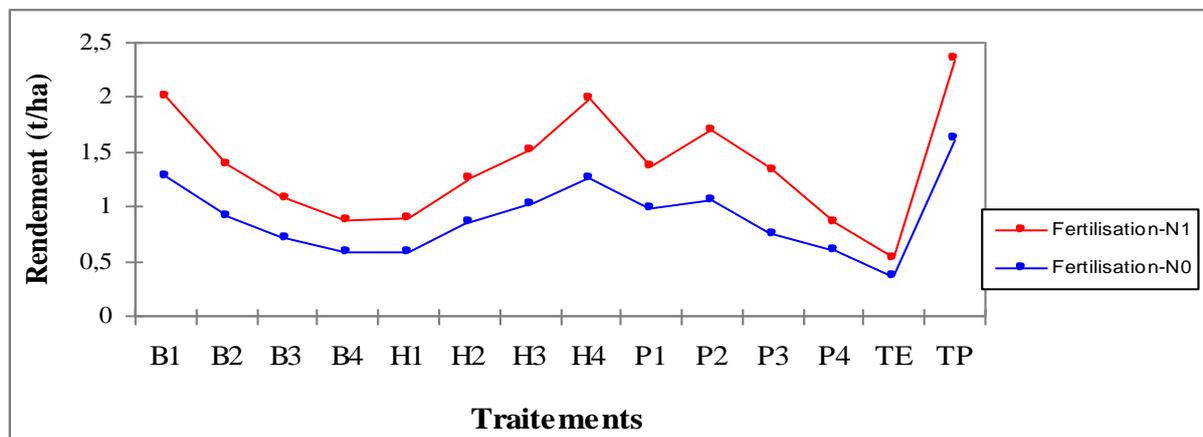


**Figure 59: Effet de la fertilisation azotée et non azotée sur le rendement en graines de maïs**

L'analyse des résultats indique des différences significatives entre la condition fertilisée (N1) et celle non fertilisée (N0). Les rendements en graines de maïs sont estimés à 0,90 T/ha dans la condition non fertilisée contre 1,37 T/ha dans la condition fertilisée. Ces observations montrent que le rendement de maïs est significativement influencé par la fertilisation azotée.

#### 4-2-3 3-Effet des traitements de binage sur le rendement en graines de maïs

L'effet des traitements de binage sur le rendement en graines de maïs en conditions azotée et non azotée est présenté dans la figure suivante.



**Figure 60 : Effet des traitements de binage en condition azotée ou non azotée sur les rendements en graines de maïs.**

Ces résultats montrent que les rendements sont plus élevés dans les traitements en fertilisation azotée. Il ressort aussi de ces résultats, qu'aussi bien dans la condition fertilisée que dans la condition non fertilisée, les traitements TP, B1, H4 et P2 présentent les rendements les plus élevés alors que les traitements TE, B4, H1 et P4 présentent les rendements moyens les plus faibles. Ces résultats révèlent que les traitements maintenus de plus en plus propres présentent les rendements les plus élevés tandis que ceux qui sont laissés de plus en plus enherbés

présentent les rendements les plus faibles. Ces observations montrent l'importance de maintenir propre les parcelles de maïs pendant 45 jours après semis.

### Conclusion partielle sur le rendement en graines du maïs

*Le rendement en graines du maïs est très variable d'une année à l'autre.*

*L'apport de l'azote est indispensable pour répondre à l'exigence nutritionnelle de la plante de maïs pour améliorer son rendement.*

*Les périodes et la durée de l'enherbement des parcelles de maïs permettent aux adventices d'accroître le phénomène de concurrence pour l'eau, les éléments nutritifs et la lumière qui entraînent une baisse du rendement du maïs. Ainsi, il est nécessaire de réaliser 3 binages successifs en début de cycle du maïs aux 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour ou bien 2 binages aux 15<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour après semis pour obtenir un rendement en graines de maïs élevé.*

## 4-2-4- Relation entre paramètres de croissance, de rendement et le rendement en fertilisation azotée et non azotée

### 4-2-4-1-En condition non azotée (N0)

Ces résultats indiquent les données globales au cours des 3 ans d'expérimentation dans la condition non azotée. Une analyse de composant principal (ACP) est réalisée sur un tableau de donnée comportant 12 variables réparties en trois groupes qui sont les paramètres de croissance, de rendement et le rendement avec 56 traitements x 3 ans. Les paramètres de croissance sont interprétés par la hauteur de la plante (HP), la circonférence de la tige au collet (CT), le nombre de feuilles de la plante (NF), la longueur avant épi (LA), et la longueur de la feuille sous épi (LS) ; ceux de rendements sont interprétés par la longueur de l'épi (LE), la circonférence de l'épi (CE), le poids de l'épi (PE), le nombre de graines de l'épi (NG), le poids de 100 graines (PC), le poids des graines de l'épi (PG) et le rendement (RD).

Les résultats obtenus des relations entre les paramètres de croissance, les paramètres de rendement et le rendement sont consignés dans le tableau suivant.

**Tableau 24 : Corrélations entre les paramètres de croissance, de rendement et le rendement en condition non azotée.**

Corrélation	HP	NF	CT	LS	LA	LE	CE	PE	NG	PC	PG
NF	0,91**										
CT	0,86**	0,82**									
LS	0,97**	0,90**	0,91**								
LA	0,92**	0,96**	0,90**	0,93**							
LE	0,96**	0,91**	0,90**	0,92**	0,92**						
CE	0,94**	0,87**	0,81**	0,91**	0,86**	0,94**					
PE	0,93**	0,90**	0,86**	0,90**	0,93**	0,97**	0,95**				
NG	0,92**	0,92**	0,89**	0,91**	0,91**	0,96**	0,94**	0,97**			
PC	0,95**	0,90**	0,88**	0,92**	0,90**	0,93**	0,93**	0,96**	0,95**		
PG	0,90**	0,91**	0,91**	0,87**	0,90**	0,95**	0,94**	0,95**	0,98**	0,98**	
RD	0,87**	0,92**	0,86**	0,86**	0,87**	0,92**	0,95**	0,99**	0,97**	0,97**	0,98**

\*\* corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

Une corrélation significative et positive est observée entre les variables des paramètres de croissance, de rendement et le rendement du maïs. Leurs coefficients de corrélation varient de 0,81 à 0,99 et sont significatifs au seuil de 1%.

#### 4-2-4-1-1- Caractéristique des paramètres de croissance, de rendement et le rendement sur les axes factoriels en condition non azotée (N0)

L'étude des caractéristiques des paramètres de croissance, des paramètres de rendement et des rendements en N0, ont été réalisées dans le cercle de corrélation dans la figure suivante.

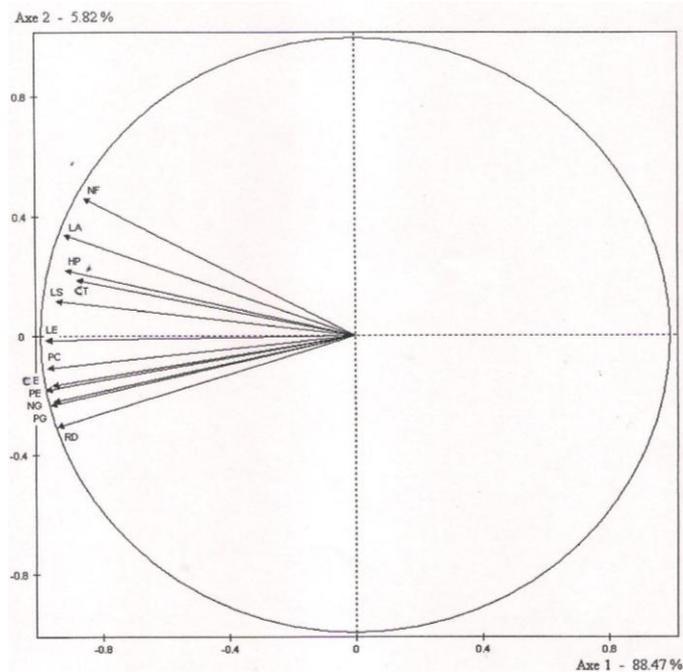
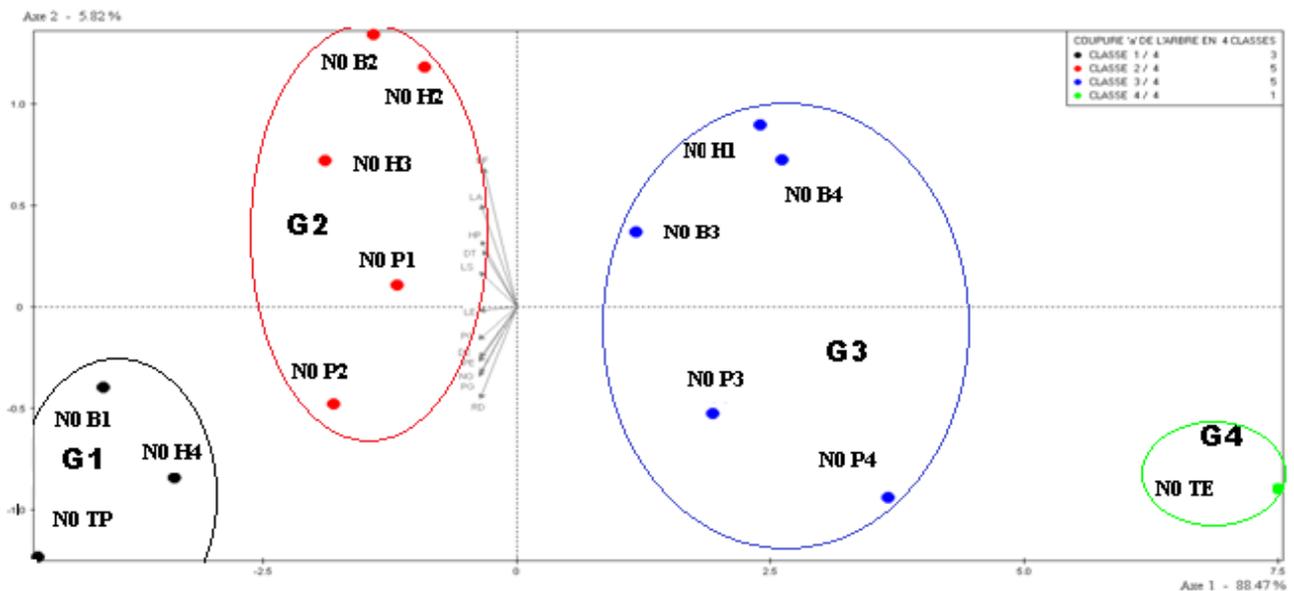


Figure 61 : Cercle de corrélations des variables sur les paramètres de croissance, de rendement et le rendement en condition non azotée (N0), dans le plan des axes 1 et 2.

Les résultats permettent de quantifier la part d'information portée par les deux premiers axes (88,47% pour l'axe 1 et 5,82% pour l'axe 2). L'inertie totale portée par ces deux axes représente 94,29%. L'axe 1 est corrélé négativement à chacune des 12 variables. Plus un traitement obtient des scores élevés dans chacune des 12 variables, moins sa valeur est élevée sur l'axe 1. Réciproquement plus les scores sont faibles, plus leurs valeurs sont élevées sur cet axe. Par contre l'axe 2 oppose les variables des paramètres de croissance (corrélation positive) et les paramètres de rendement et le rendement (corrélation négative).

#### 4-2-4-1-2- Corrélation des traitements de binage en condition non azotée

L'étude des relations entre les traitements de binage et la production du maïs a été faite en condition non fertilisée (N0) pour montrer leur regroupement selon leur similitude. Les regroupements de traitements de binage par leur similitude sur la croissance et la production du maïs en N0 sont indiqués dans la figure suivante.



**Figure 62 : Distribution des traitements de binage sur les axes 1 et 2 défini par l'ACP en N0**

Les résultats obtenus permettant de quantifier la part d'information portée par les axes sont de 88,47% (axe 1) et de 5,82% (axe 2). L'inertie totale représente 94,29%. Il ressort de ces observations que l'essentiel de l'information est fourni par l'axe 1. C'est ainsi que notre analyse sera orientée suivant cet axe. Elle oppose les groupes des paramètres de croissance, de rendement et le rendement élevés (G1 et G2) à ceux des paramètres de croissance, de rendement et le rendement faibles (G3 et G4). Cet axe est un axe de gradient avec des proportions élevées du côté négatif et faible du côté positif. Les G1 et G4 occupent les positions extrêmes entre lesquelles on retrouve les G2 et G3. Le premier groupe (G1) renferme des traitements de binage maintenus propres jusqu'à la récolte (TP) et des traitements de binage maintenus propres jusqu'au 60<sup>ème</sup> jour après semis (B1 et H4). Dans ce groupe la pression des adventices est faible, ce qui autoriserait des productions en grains de maïs élevées dans ces traitements. Le deuxième groupe, rassemble des traitements de binage qui ont subi au moins un désherbage après le binage démariage réalisé au 15<sup>ème</sup> jour après semis (P1, P2 et H2) et 2 désherbages après celui du 15<sup>ème</sup> jour (B2 et H3). Dans ces traitements la pression des adventices est relativement faible ce qui conduit à des productions satisfaisantes en grains de maïs. Le troisième groupe renferme des traitements de binage qui ont subi un seul désherbage au 15<sup>ème</sup> jour (H1), ceux qui ont subi un autre désherbage après celui du 15<sup>ème</sup> jour (P3, P4, B4) et B3 qui a reçu deux désherbages plus celui du 15<sup>ème</sup> jour. Ces traitements sont caractérisés par de longues périodes d'enherbement ce qui expliquerait les faibles productions en grains. Le quatrième groupe, est représenté par le traitement (TE) qui est enherbé jusqu'à la récolte. Dans ce groupe la pression des adventices est très forte ce qui autorise sa faible production en grains.

Suivant l'axe 2, on peut distinguer 2 sous groupes. Un sous groupe rassemble les traitements B2, H3, P1 et H2 situés du côté positif de cet axe. Ces traitements de binage sont positivement corrélés aux paramètres de croissance. L'autre sous groupe rassemble les traitements TP, B1, H4 et P2 situés du côté négatif de l'axe. Ces traitements sont positivement corrélés aux paramètres de rendements et le rendement. Ainsi, cet axe constitue un axe de gradient qui oppose les paramètres de croissance aux paramètres de rendement.

L'analyse de l'ACP a fait ressortir les traitements de binage qui ont subi 3 binages successifs aux 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour ou 2 binages successifs aux 15<sup>ème</sup> et 30<sup>ème</sup> jour ou deux binages alternatifs aux 15<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour après semis et ceux qui en ont subi un dans l'intervalle du 15<sup>ème</sup> au 45<sup>ème</sup> jour et un autre au delà de cet intervalle.

#### 4-2-4-2 -En condition azotée (N1)

Les résultats obtenus des relations entre les paramètres de croissance, les paramètres de rendement et le rendement de maïs en condition azotée sont consignés dans le tableau 25.

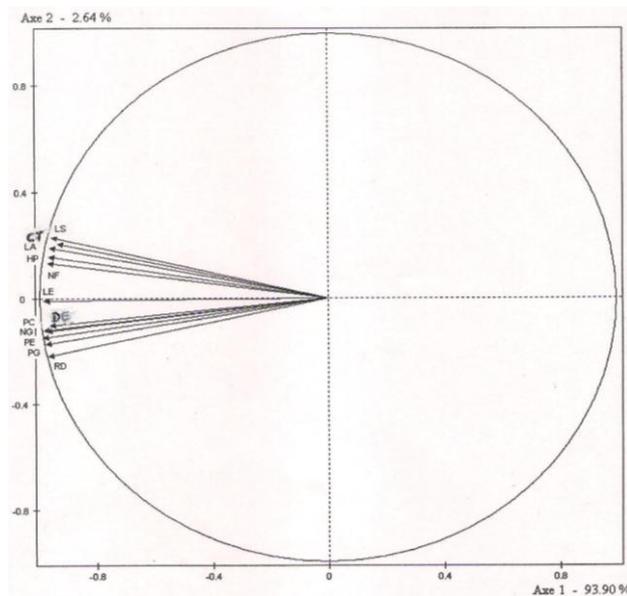
**Tableau 25: Corrélations entre les paramètres de croissance, de rendement et le rendement en N1**

Corrélation	HP	NF	CT	LS	LA	LE	CE	PE	NG	PC	PG
NF	0,93**										
CT	0,89**	0,94**									
LS	0,98**	0,92**	0,92**								
LA	0,94**	0,98**	0,92**	0,94**							
LE	0,95**	0,93**	0,90**	0,94**	0,93**						
CE	0,95**	0,89**	0,82**	0,92**	0,88**	0,95**					
PE	0,92**	0,93**	0,89**	0,90**	0,92**	0,96**	0,95**				
NG	0,92**	0,94**	0,89**	0,90**	0,92**	0,97**	0,95**	0,98**			
PC	0,93**	0,91**	0,89**	0,91**	0,90**	0,95**	0,95**	0,98**	0,95**		
PG	0,90**	0,93**	0,90**	0,88**	0,91**	0,95**	0,93**	0,99**	0,98**	0,97**	
RD	0,88**	0,91**	0,88**	0,86**	0,89**	0,94**	0,93**	0,99**	0,98**	0,96**	0,99**

Les résultats obtenus ont montré une corrélation significative et positive entre les variables des paramètres de croissance, de rendement et le rendement de maïs. Leurs coefficients de corrélation varient de 0,82 à 0,99 et sont significatifs au seuil de 1%.

#### 4-2-4-2 1- Caractéristique des paramètres de croissance, de rendement et le rendement sur les axes factoriels en condition azotée (N1)

L'étude des caractéristiques des paramètres de croissance, de rendement et du rendement en N1, ont été réalisées dans le cercle de corrélation dans la figure si dessous.



**Figure 63 : Définition des axes 1 et 2 par les paramètres de croissance, de rendement et le rendement en condition azotée (N1)**

Les renseignements permettant de quantifier la part d'information portée par chacun des axes sont de 93,90% (axe 1) et de 2,64% (axe 2). L'inertie totale représente 96,54%. Il ressort de ces observations que l'essentiel de l'information est fourni par l'axe 1. C'est ainsi que notre analyse sera orientée suivant cet axe. Les résultats montrent de très fortes corrélations entre les variables appartenant au même groupe de paramètres. Par contre, les deux groupes de paramètres semblent indépendants alors que le rendement est fortement corrélé aux paramètres de rendement.

#### 4-2-4-2 2- Corrélation des traitements de binage en condition azotée (N1)

Les résultats de la figure ci-dessous montrent que les traitements de binage sont regroupés selon leur similitude en fonction des paramètres de croissance, de rendement et le rendement.

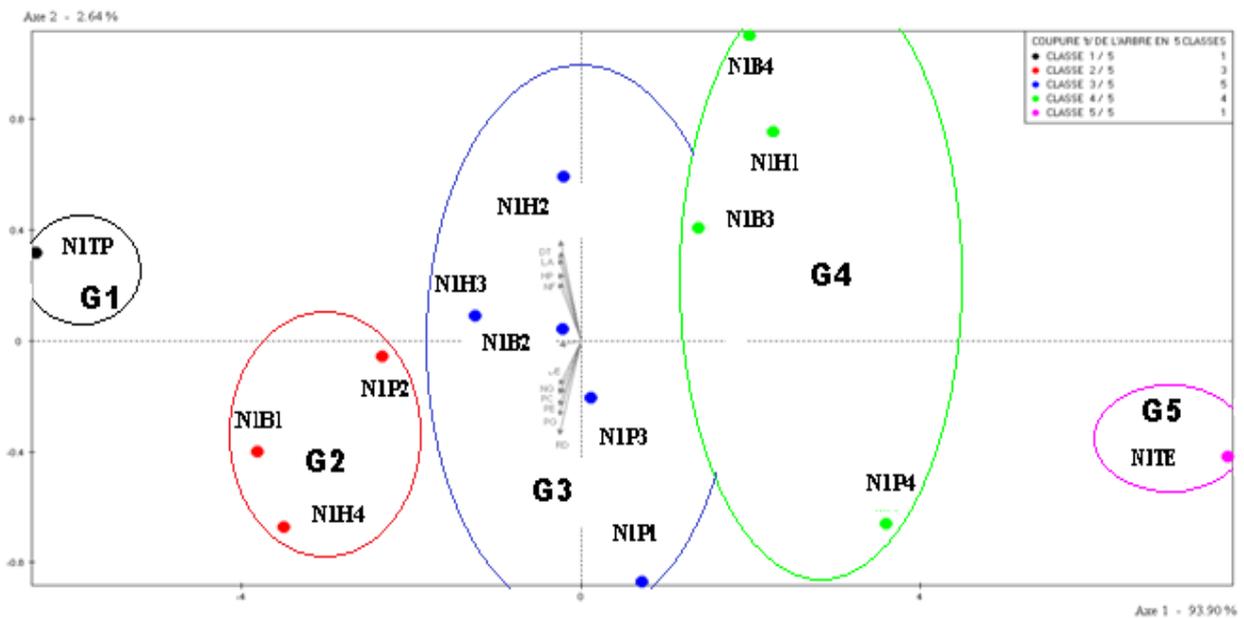


Figure 64 : Distribution des traitements de binage sur l'axe 1 et l'axe 2 défini par l'ACP en N1

L'information portée par chacun des axes montre que l'inertie totale représente 96,54%. Les observations indiquent que l'essentiel des informations est fourni par l'axe 1. L'analyse de ces résultats sera orientée sur cet axe. Les résultats font ressortir 5 groupes de traitements de binage. Les groupes G1 et G2 sont repérés des abscisses négatives de l'axe 1. Les groupes G4 et G5 s'opposent des G1 et G2 (côté positif) de l'axe et le groupe G3 se situe entre les abscisses négatives et positives. Le premier groupe est représenté par le traitement TP qui est tout le temps maintenu propre jusqu'à la récolte. Dans ce Témoin propre, il n'y a pas de pression d'adventices, ce qui autoriserait le meilleur développement des plantes et la meilleure production en graines de maïs. Le deuxième groupe renferme des traitements de binage maintenus propre jusqu'au 60<sup>ème</sup> jour après semis (B1 et H4) et P2 qui ont reçu deux désherbages, un précoce au 15<sup>ème</sup> jour et un tardif au 45<sup>ème</sup> jour. Dans ce groupe, l'influence des adventices est faible. Ceci a permis d'obtenir une bonne croissance, un bon développement des plantes et de productions satisfaisantes. Le troisième groupe rassemble les traitements de binage (P1, P3 et H2) qui ont subi deux désherbages et ceux qui ont subi trois désherbages (B2 et H3). Dans ce groupe les périodes d'enherbement sont variables. Le quatrième groupe renferme des traitements de binage qui ont subi un seul désherbage au 15<sup>ème</sup>

jour (H1), deux désherbages (P4, B4) et trois désherbages (B3). Dans ces traitements, la pression des adventices est assez forte ce qui autoriserait des plantes moins développées qui produisent de faibles quantités de graines. Le cinquième groupe est représenté par le traitement (TE) qui n'a pas subi de désherbage depuis les semis jusqu'à la récolte. Dans cette condition, la pression des adventices est très forte. Ceci entraînerait l'obtention des petites plantes avec de petits épis.

Sur l'axe 2, les traitements de binage B1, H4 et P2 sont positivement corrélés aux paramètres de rendement tandis que TP, B2, H3 et H2 sont corrélés positivement aux paramètres de croissance.

Ces résultats indiquent qu'en condition azotée, le développement de la plante et sa production en graines de maïs diminue avec la période et la durée d'enherbement des traitements de binage.

### **Conclusion partielle sur les relations entre paramètres de croissance, de rendement et le rendement en fertilisation azotée et non azotée**

*Les résultats montrent des liaisons positives et très significatives entre les variables appartenant au même groupe.*

*Il ressort de ces résultats que la réalisation de trois binages successifs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou deux binages alternatifs au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis permettrait d'obtenir des paramètres de croissance, de rendement et un rendement du maïs élevés.*

*Ces observations montrent aussi que la période et la durée des adventices dans les parcelles sont déterminants sur les paramètres de croissance, de rendement et le rendement du maïs.*

## 4-2-5- Détermination de la période critique de concurrence des adventices vis-à-vis du maïs

L'étude pour la détermination des périodes critiques de concurrence des adventices vis-à-vis du maïs a donné les résultats présentés dans la figure suivante.

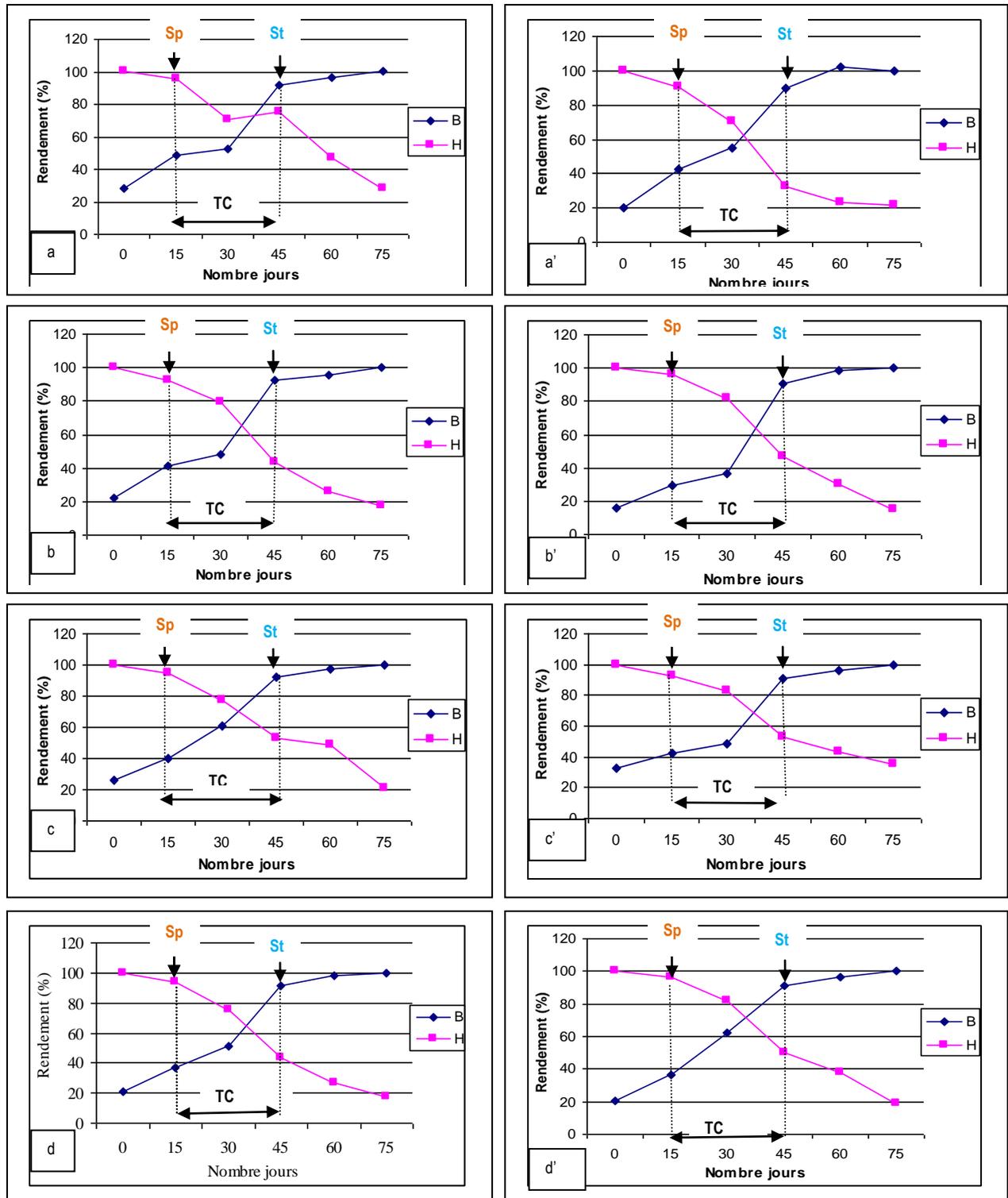


Figure 65 : Courbes de variation du rendement en condition azotée (a b c d) et non azotée (a'b'c'd) en 2009 (a-a) ; 2010 (b-b) ; 2011 (c-c) et cumul des 3 ans (d-d). B = binage ; H = enherbement Sp = seuil de concurrence précoce ; St = seuil de concurrence tardive

Les résultats obtenus en 2009, 2010, 2011 et globaux des 3 ans, dans la condition azotée comme dans la condition non azotée montrent que les seuils de concurrence précoce (Sp) et de concurrence tardive (St) correspondent aux mêmes périodes. Le seuil de concurrence précoce se situe aux environs du 15<sup>ème</sup> jour après semis (stade 4<sup>ème</sup> feuille) et le seuil de concurrence tardive se situe quant à lui aux environs du 45<sup>ème</sup> jour après semis (fin de la feuillaison) qui correspond au stade de la floraison de la plante. Ainsi, la période critique de concurrence se situe entre le stade 4<sup>ème</sup> feuille et la fin de l'apparition des feuilles qui correspond le début de la floraison du maïs. En terme de temps cette période critique se situe entre le 15<sup>ème</sup> et le 45<sup>ème</sup> jour après semis. Durant cette période, le maïs doit être maintenu exempt des adventices pour éviter une perte considérable de son rendement en graines. Il ressort de ces résultats que le maïs peut supporter la présence des adventices à partir du semis jusqu'aux environs du 15<sup>ème</sup> jour et aussi après les 45<sup>ème</sup> jours c'est à dire après floraison.

### **Conclusion partielles sur la période critique de concurrence**

*Les résultats de ces travaux montrent que la période critique de concurrence des adventices vis-à-vis du maïs se situe entre le stade 4<sup>ème</sup> feuille et la fin d'apparition des feuilles (entre 15<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour).*

*Le maïs peut tolérer la concurrence des adventices jusqu'aux environs du 15<sup>ème</sup> jour et après le 45<sup>ème</sup> jour après semis. Les adventices doivent être contrôlées pendant 30 jours à partir du stade 4<sup>ème</sup> feuille jusqu'au stade floraison pour éviter des pertes conséquentes de rendement.*

## **4-3- Discussion**

### **4-2-6-1-Paramètres de croissance**

La hauteur de la plante, la circonférence des tiges au collet, la longueur de la feuille porte épi et la longueur de la tige avant insertion de l'épi sont des caractères agromorphologiques qui sont liés aux effets de l'année. Ces paramètres de croissance de la plantes du maïs sont variables d'une année à l'autre. Ces variations pourraient s'expliquer par l'influence combinée des contraintes abiotiques ou environnementales aux contraintes biotiques.

Les contraintes abiotiques portent essentiellement sur les facteurs édaphiques et climatiques (Traoré *et al.*, 2001). Concernant la qualité du sol, les éléments fertilisants (N et P), la teneur en matière organique et la capacité d'échange cationique peuvent influencer fortement les paramètres de croissance (Hauptreich, 2010). En effet, selon Traoré *et al.* (2001) une carence de ces éléments pourrait réduire la croissance de la plante.

Les facteurs climatiques, constitués essentiellement des pluies, de la température et de la lumière peuvent être à l'origine de la diminution des paramètres de croissance de la plante de maïs. Le maïs est une plante exigeante en eau avec des besoins faibles pendant les premiers stades de développement et qui augmentent rapidement ensuite jusqu'à la floraison (Bâ, 2005) marquant la fin de la croissance de la plante. Ses besoins en eau sont de l'ordre de 2,5 mm par jour jusqu'à ce que la plante atteigne 25 à 30 cm (FAO, 1987). La température est aussi un facteur déterminant pendant la phase de croissance. En effet, elle a une influence directe sur la croissance, la répartition de la matière sèche, le rendement et enfin la durée du cycle de la culture (Ndiaye, 1997).

Les paramètres de croissance de la plante de maïs peuvent être affectés par beaucoup de facteurs biotiques tels que les adventices, les plantes parasites aussi, les insectes ravageurs, les rongeurs et les maladies cryptogamiques (Dewaminou, 2004 ; Traoré, 2001). La concurrence des adventices constitue un problème, particulièrement sur la croissance de plantes (Dewaminou, 2004 ; Traoré *et al.*, 2001). La présence des adventices affecte considérablement les paramètres de croissance du maïs. Plus la durée de la compétition est longue, plus ces paramètres sont réduits (Baye & Bouhache., 2007). Les levées des adventices en début, étalées ou en fin de cycle du maïs, prolongent la compétition pour les éléments nutritifs (Noba, 2002).

Par contre le nombre de feuilles de la plante est presque constant même si, celui-ci varie parfois entre certains pieds au sein de la variété selon les différents traitements. Ces observations rejoignent celles de Warrington & Kanemasu (1983) qui indiquent que le rythme d'initiation des feuilles est constant de la levée à l'initiation de la panicule qui correspond à la fin de la croissance de la plante en hauteur. La variabilité du nombre de feuilles des pieds de maïs au sein de la même variété pourrait être expliquée par l'influence des facteurs, liés au sol, aux maladies cryptogames et aux parasites (Bonhomme, 1983).

La fertilisation azotée est un facteur qui favorise la croissance en hauteur qui va de paire avec l'allongement de la tige avant insertion de l'épi. Elle augmente aussi la circonférence de la tige au collet ainsi que la longueur de la feuille sous épi. Toutefois, la fertilisation azotée n'a pas d'influence sur le nombre de feuilles de la plante de maïs.

L'augmentation des mesures des paramètres de croissance dans la condition azotée par rapport à la condition non azotée montre que l'apport de l'azote favorise le développement de ces paramètres de croissance. Les différences de mesures sur la hauteur, la circonférence de la tige au collet, la longueur d'insertion de l'épi et la longueur de la feuille sous épi de plantes dans les conditions azotée et celles des plantes dans la condition non azotée indiquent que l'azote a un effet nutritionnel sur les paramètres de croissance de la plante de maïs. Cet effet nutritionnel de l'azote sur ces paramètres de croissance illustre les observations de Richie *et al.* (2005) qui indiquent qu'une petite portion de l'azote est nécessaire pendant le stade plantule, mais les exigences augmentent rapidement à partir du stade 8<sup>ème</sup> feuille de la plante. Ces observations corroborent celles de Rivest, (2006) qui montrent que le maïs accumule les surplus d'azote dans sa tige et les utilise au fur et à mesure qu'il en a besoin. Entre les 30 premiers jours et le 45<sup>ème</sup> jour, correspondant au début de la floraison, marquée par l'apparition de l'inflorescence mâle, le maïs consomme plus de la moitié de l'approvisionnement totale en azote (Richie *et al.*, 2005). Selon Hauprich (2010) le maïs n'absorbe que 10% de ses besoins totaux en azote avant le stade 10 feuilles alors que 65% de ses besoins doivent être satisfaits entre le stade 10 feuilles et la floraison femelle. Ainsi, l'azote est considéré comme un élément essentiel à la croissance et au bon développement de la plupart des plantes supérieures. En effet, il constitue l'élément majeur le plus limitatif pour la croissance des plantes (Ziadi *et al.*, 2007). C'est un constituant essentiel des protéines, des acides nucléiques et de la chlorophylle. Il s'agit donc à la fois, d'un facteur de croissance et de qualité indispensable aux exigences nutritionnelles des plantes (Ziadi, 2007).

Les traitements de binage n'ont pas d'effet sur la production des feuilles de la plante de maïs même si parfois on note des différences en nombre de feuilles entre certains traitements. Par contre, les effets des traitements sont significatifs sur la hauteur, la circonférence de la tige au collet, la longueur de la feuille sous épi et la longueur de la tige avant insertion de l'épi des plantes. Les résultats montrent que les mesures des paramètres de croissance sont élevées lorsque les traitements sont maintenus de plus en plus propres en début de cycle du maïs. Ainsi, il est important de désherber les parcelles aux 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jours après semis. Ces résultats sont en accord avec ceux de Marty, (1992) ; Rouanet, (1997) qui recommandent la réalisation du binage démariage du maïs aux environs du 15<sup>ème</sup> jour après semis. C'est une période, à laquelle la plante est très sensible. Elle correspond au sevrage du maïs c'est à dire le passage de l'état hétérotrophe à l'état autotrophe (Gay, 1980). Le binage du maïs à cette période permettra de ne pas laisser les adventices étouffer, ou à retarder la croissance et le développement des plantes de maïs. Il permettra l'aération du sol et la facilitation de l'installation définitive du système racinaire permettant à la plante de devenir autonome (Gay, 1983). Les binages aux 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jours sont aussi importants du fait que cette période correspondant à la fin de la phase végétative, se termine par l'initiation de l'inflorescence mâle (Bâ, 2005). A cette période, les besoins du maïs comme les adventices en eau, en éléments nutritifs et en lumière deviennent plus importants pour assurer leur croissance. Ce qui entraînerait la forte concurrence entre la culture et les adventices (Baye & Bouhache, 2007). Cette concurrence est d'autant plus élevée que le maïs est soumis à une forte pression des adventices qui partagent les mêmes ressources pendant la même période (Valanti-Morison *et al.*, 2008). Cette concurrence conduira à un manque d'éléments nutritifs par l'augmentation de la compétition entre les adventices et le maïs. Ceci retarderait la croissance de la plante avec comme conséquence, la réduction du développement des paramètres de croissance des plantes dans les traitements enherbés (Ruyet, 2006).

Les effets des traitements de binage sur la production de feuilles des plantes de maïs rappellent ceux de l'année et de la fertilisation azotée qui montrent que le nombre de feuilles ne varie pas. Toutefois, il existe une variabilité entre certaines plantes dans une même variété, probablement explicable par la présence d'autres paramètres qui ne sont pas pris en compte dans notre étude, comme les parasites, les maladies, les carences en certains éléments et l'humidité.

#### **4-2-6-2-Paramètres de rendements**

Les variations des facteurs biotiques et/ou abiotiques d'une année à l'autre affectent les paramètres de rendement du maïs. Les contraintes abiotiques reposent sur les facteurs liés au sol et climat. Les contraintes édaphiques se rapportent à la pauvreté du sol en élément nutritifs. Celle-ci pourraient s'expliquer par la pression sur les terres agricoles pluviales des pays sahéliens Noba (2002) avec l'augmentation de la double demande en nourriture et en fourrage (Traoré *et al.*, 2001). Les facteurs liés au climat constituent les facteurs limitant à la production agricole qui est directement liée aux paramètres de rendement. L'irrégularité des pluies, leurs répartitions dans le temps et dans l'espace peuvent affecter considérablement les composantes de rendement de maïs.

Les contraintes biotiques entraînent une réduction des paramètres de rendement. Les adventices constituent l'un des facteurs les plus déterminants. Ces dernières occasionnent des pertes énormes dans la production agricole, qui sont d'environ 25% dans les zones tropicales (CIRAD, 2001), 30% dans les pays en voie de développement (Lagoke *et al.*, 1988). Les pertes de rendement occasionnées par les maladies sont estimées entre 20 et 30% (ROCAFREMI, 2002).

L'apport de l'azote entraîne une augmentation des paramètres de rendements du maïs. L'effet positif de la fertilisation azotée sur les paramètres de rendement est en accord avec les résultats de Raun & Johson., (1999) et Camara *et al.* (2003) qui ont montré que l'azote est un nutriment majeur qui augmente la production des cultures. Selon Oost (1993) l'utilisation des engrais en culture de maïs et plus spécifiquement de l'azote a traditionnellement été considérée dans un contexte de rentabilité et de rendement optimum.

Les résultats des traitements de binage montrent des effets positifs sur les paramètres de rendements dans les conditions de fertilisation azotée ou non azotée. Ainsi, il est nécessaire de réaliser 3 binages successifs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 binages alternatifs au 15<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour après semis pour obtenir des mesures élevées de ces paramètres. Dans les parcelles laissées de plus en plus enherbées, les mesures des paramètres de rendements sont moins élevées par rapport à celles qui sont obtenues dans les parcelles maintenues de plus en plus propres. Les baisses de rendements pour les traitements enherbés sont importantes. Schimidt *et al.* (1983) signalent qu'au Togo, une culture de maïs non sarclée accuse 85% de pertes. Selon Kheddam *et al.* (1988) les composantes de rendement du maïs constituent des critères morphoagronomiques importants à prendre en compte dans les phénomènes de compétition.

#### **4-2-6-3-Effet de la concurrence des adventices sur les rendements**

Il ressort de ces résultats que les pertes de rendements du maïs peuvent varier en fonction de l'année, de la fertilisation azotée et des traitements de binage. Cette variabilité des rendements en graines du maïs pourrait s'expliquer en grande partie par des combinaisons de facteurs biotiques (Caussanel *et al.* 1995) et/ou abiotiques (Anderson *et al.*, 1998) ou des pratiques culturales (Dale *et al.*, 1992). La quantité et la disponibilité en eau, lumière, espace ou en nutriments, constituent un important facteur qui a une influence sur la production des plantes cultivées (Soni & Ambasht., 1977). La compétition des adventices avec les cultures provoque des pertes de rendement difficilement quantifiables (Akobundu, 1987).

Il ressort de ces résultats que la fertilisation azotée est très importante pour obtenir des rendements élevés en graines de maïs. Cet effet positif de la fertilisation azotée se manifeste par l'augmentation de rendements des traitements ayant reçu de l'azote par rapport à ceux n'ayant pas reçu de l'azote. Cela montre que le maïs a besoin d'azote pour atteindre des rendements élevés. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Niane & Ganry (1989) ; Simard *et al.* (2001a) ; Tremblay (2006) et Ziadi *et al.* (2006).

Il est évident par exemple qu'un maïs très enherbé dès la levée n'aura qu'un rendement extrêmement réduit. Mais il est important de se poser la question de savoir quel serait l'effet d'une infestation faible par quelques pieds d'une adventice (Caussanel *et al.* 1986). Dans une culture, les adventices absorbent dans le sol de grandes quantités de minéraux, réduisant ainsi

leur disponibilité pour les plantes cultivées (Soni & Ambasht., 1977). Cette concurrence entraîne la diminution de la production de la plante cultivée. C'est ainsi qu'il est nécessaire de prendre en compte un certain nombre de facteurs tels que la nature des adventices, la densité de peuplement, les périodes de levée et la concurrence ou la répartition des adventices sur le terrain pour contrôler ces adventices afin d'éviter les pertes de rendement (Caussanel *et al* 1986).

#### **4-2-6-4- Relation entre paramètres de croissance, de rendement et le rendement en fertilisation azotée et non azotée**

Les résultats sur les relations entre paramètres de croissance, de rendement et le rendement en fertilisation azotée et non azotée font ressortir deux groupes. Sur les graphiques d'ACP, ces différents groupes sont portés par des axes différents. Ceci illustre une certaine indépendance entre ces groupes. Toutefois, comme l'avait signalé Sine (2009), lorsqu'un groupe de variables est bien représenté dans un plan, ses variables restent corrélées à un axe donné. Les 12 variables sont corrélés négativement sur l'axe 1 alors que l'axe 2 oppose les variables des paramètres de croissance corrélés positivement et ceux de rendement et le rendement. De fortes corrélations positives sont notées entre les paramètres de rendement. Cette forte corrélation pourrait s'expliquer par le fait que tous ces variables de rendement sont mesurés sur l'épi et les graines. La détermination de ces paramètres permet d'avoir une estimation sur le remplissage de la graine (FRAB, 2007). La distribution des traitements de binage suivant l'axe 1 montre que les traitements de binage qui sont laissés de plus en plus enherbés sont situés sur les abscisses positives et les traitements maintenus de plus en plus propres en abscisses négatives. Dans les traitements de binage laissés de plus en plus enherbés on note un retard de développement et de croissance qui se répercute sur les composants de rendement et le rendement. Le même constat a été fait par Trouche *et al*, (2001) qui soutiennent que le retard de développement expose d'avantage à un mauvais remplissage des graines.

#### **4-2-6-5- Période critique de concurrence**

Les résultats des expérimentations montrent que les pertes de rendement augmentent avec la durée d'enherbement. C'est pourquoi une bonne connaissance de la biologie et de la dynamique des espèces adventices pour un contrôle de ces derniers serait nécessaire (Caussanel, 1989 ; Jauzein, 1995 ; Forcella, 1997). Pour toute plante cultivée, il existe une période critique de compétition des adventices au delà laquelle, la culture reste sensible (Akobundu & Poku, 1987). Le maïs ne constitue pas une exception à cet état de fait. En effet, la période critique de concurrence peut être définie comme la période durant laquelle, les adventices doivent être contrôlées pour prévenir les pertes de rendement (Caussanel, 1989 ; Baziramakenga & Leroux, 1994 ; Berti *et al.*, 1996). La détermination de cette période critique de concurrence est extrêmement liée aux variables des conditions climatiques (Ruyet 2006). Ainsi, il est important de noter qu'aucune période critique de désherbage n'est déterminée et adaptée à tous les environnements pour une culture, mais elle aide les agriculteurs à choisir la méthode pour contrôler les adventices. Il ressort de nos résultats que la période critique se situe entre le stade 4<sup>ème</sup> feuille et la floraison ou en termes de temps entre le 15<sup>ème</sup> et le 45<sup>ème</sup> jour après semis. Ces résultats rejoignent ceux de Saxena *et al.* (1976) qui montrent qu'une culture doit être maintenue propre entre les 30 et 60 premiers jours après levée. Les résultats montrent aussi que le maïs peut tolérer une infestation des

adventices à partir de la germination du maïs jusqu'aux environs du 15<sup>ème</sup> jour et après le 45<sup>ème</sup> jour après semis. Ces observations sont proches de celles de Caussanel (1989) qui montrent que le maïs et le niébé ont deux périodes pendant lesquelles, les adventices ne causent pas des pertes, la première période se situe entre la germination et le 12<sup>ème</sup> jour et la seconde période se situe après le 30<sup>ème</sup> jour.

#### **4-4- Conclusion**

*La croissance en hauteur de la plante, la circonférence des tiges au collet, la longueur de la feuille porte épi et l'allongement de la tige avant insertion de l'épi sont des caractères agromorphologiques qui sont dépendants des facteurs de l'année.*

*La fertilisation azotée est un facteur qui augmente ces paramètres de croissance.*

*En condition azotée et non azotée, plus le maïs est désherbé plus la croissance en hauteur, la circonférence de la tige au collet, la longueur des feuilles sous épi et l'allongement de la tige avant insertion de l'épi de la plante sont importantes.*

*Par contre l'année, la fertilisation azotée et les traitements de binage n'ont pas d'effet sur la production en nombre de feuilles de la plante de maïs.*

*Les résultats montrent aussi que la fertilisation azotée, l'année et les traitements de binages entraînent une importante augmentation des paramètres de rendement qui détermine le rendement en graines de maïs.*

*Les résultats montrent des liaisons positives et très significatives entre les variables appartenant au même groupe. Il ressort de ces résultats que la réalisation de trois binages successifs aux 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jours ou bien deux binages alternatifs aux 15<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jours après semis permettrait d'obtenir des paramètres de croissance, de rendement et un rendement élevés du maïs.*

*Il ressort aussi de ces résultats que la période critique de concurrence des adventices vis-à-vis du maïs se situe entre le stade 4<sup>ème</sup> feuille ou en terme de temps au 15<sup>ème</sup> jour après semis et la fin de l'apparition des feuilles qui correspond au 45<sup>ème</sup> jour après semis. Ainsi, pour obtenir une importante production de maïs, il est nécessaire de réaliser en début de cycle du maïs 3 binages successifs aux 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jours ou 2 binages alternatifs aux 15<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jours après semis.*

## CHAPITRE V- DISCUSSIONS GENERALES

Au Sénégal l'agriculture occupe près de 70% de la population (Mbaye, 2013). Cette agriculture constitue l'une des principales activités de production et est essentiellement pluviale et saisonnière. Elle repose à la fois sur des cultures de rente, des cultures vivrières de subsistance et la culture du riz (Anonyme, 2008). Le maïs est la deuxième céréale la plus produite dans le pays. Son niveau de production représente 22% de la production céréalière nationale (Ndiaye & Niang, 2010).

Dans le Bassin arachidier, principale région à vocation agricole pluviale du Sénégal, la culture du maïs était une culture dite « de case ». Cette culture entre de plus en plus dans une polyculture où elle est combinée à d'autres cultures vivrières. Toutefois, la zone connaît depuis plusieurs années des baisses de productions et des rendements de céréales d'une année à l'autre, dues aux changements climatiques, aux techniques agricoles utilisées, aux facteurs biotiques tels que les maladies et les parasites, à un appauvrissement des sols suite aux difficultés d'accès aux intrants et à la forte pression foncière (absence de jachère), mais aussi et surtout à une importante pression des adventices (Noba, 2002 ; Mbaye, 2013).

Au Sénégal, la gestion de l'enherbement est donc une préoccupation majeure des agriculteurs (Fonanel, 1987a; Wade *et al.*, 1999; Bâ, 1983 ; Samb *et al.*, 1992 ; Noba, 2002 ; Mbaye, 2013). Or, pour bien raisonner la lutte contre les adventices, il est impératif de connaître la flore adventice (Noba, 2004 ; Mbaye, 2013), la biologie et la nuisibilité des espèces

Il est donc important d'envisager la production du maïs dans un système où les adventices sont maintenues à des niveaux inférieurs à leurs seuils de nuisibilité (Caussanel, 1989 ; Noba, 2004 ; Mbaye, 2013).

Les recherches envisagées dans le cadre de ce travail visent à réunir des informations utiles pour mettre à la disposition du paysan un ensemble d'informations pour améliorer l'itinéraire technique du maïs par une meilleure gestion de l'enherbement afin d'améliorer la production en graines de maïs dans le sud du Bassin arachidier. Les résultats de ces recherches ont permis de : 1-étudier la flore adventice dans la culture de maïs, 2-étudier la concurrence des adventices vis-à-vis du maïs, 3-établir les relations entre les paramètres de croissance, de rendement et le rendement du maïs, 4- déterminer la période critique de concurrence des adventices et 5- de proposer un calendrier de désherbage.

### 5-1- La flore adventice

L'étude de la flore adventice, à partir des inventaires floristiques effectués en 2009, 2010 et 2011, a montré que cette flore est pauvre en espèces. Cette pauvreté en espèce peut être due à la pauvreté des sols et à la conduite des pratiques culturales, en particulier les désherbages répétitifs (Marnotte, 2000 ; Noba, 2002). La structure de la flore peut changer en fonction de la fréquence des désherbages (Noba, 2002). Au stade de développement de la plante cultivée, un contrôle efficace des infestations suppose qu'on puisse réduire ou empêcher la germination et la production des graines des adventices dominantes par des désherbages précoces réguliers par des sarclages, sarclo-binages ou par les herbicides de synthèse ou naturelles (Lavabre, 1988 ; Bennett & Shaw, 2000 ; Clay & Griffin, 2000).

A partir des 236 relevés réalisés dans les champs de maïs dans la station et en milieu paysan, 128 espèces ont été inventoriées, réunies dans 65 genres et 25 familles. Les Dicotylédones dominent cette flore et constituent 3/4 des espèces, tandis que les Monocotylédones représentent environ 1/4 de l'effectif total de la flore. Cette répartition des espèces de la flore, est similaire aux observations faites par Le Bourgeois (1993) au nord du Cameroun, Boraud (2000) en Côte d'Ivoire, Traoré et Maillet (1992) au Burkina Faso. Au Sénégal, ces résultats sont comparables à ceux obtenues dans la flore vasculaire du Sénégal par Ba & Noba (2001), la flore du Bassin arachidier par Noba (2002) et l'association mil/niébé (Mbaye, 2013), du centre d'application des techniques d'agriculture de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de Thiès par Bâ (2005), des Niayes par Sarr *et al.* (2007) et de Mlomp par Bassène (2008). Le niveau de similitude des Dicotylédones de la composition floristique du centre-nord du Burkina Faso, du nord du Cameroun et des Niayes, du sud du Bassin arachidier et de Mlomp montrent une certaine homogénéité dans la diversité floristique et la composition des communautés des adventices des régions soudano-sahéliennes d'Afrique (Le Bourgeois & Guillerm, 1995). Sur les 25 familles, les 5 familles les mieux représentées, constituent plus de la moitié de cette flore. Il s'agit des *Poaceae*, des *Fabaceae*, des *Malvaceae*, des *Convolvulaceae* et des *Cyperaceae*. Cette flore présente une similarité dans la hiérarchisation des familles observées dans les cultures du mil et de l'arachide (Noba, 2004) et dans l'association mil/niébé (Mbaye, 2013). Les mêmes observations ont été faites par Kranz *et al.* (1981) sur le sorgho et aussi par Traoré et Maillet (1992) sur les cultures céréalières annuelles. La répartition aux grands niveaux taxonomiques (classes) et la hiérarchisation des familles montrent une certaine similitude dans la diversité floristique au sein des adventices en Afrique tropicale (Marnotte, 2000). Ceci indique qu'il n'existe pas de flore adventice spécifique à une culture donnée, mais plutôt à des paramètres édapho-climatiques et des facteurs agronomiques comme l'a observé Déat (1976).

Le spectre biologique établi à partir de la flore adventice globale du champ d'expérimentation et des exploitations paysannes fait apparaître l'existence de 6 types biologiques. Ce spectre est nettement dominé par les thérophytes avec plus des 3/4 de l'effectif total de la flore. L'importance de ce type biologique trouve son explication par le fait que ces espèces annuelles, à cycle court sont bien adaptées à la conduite des pratiques culturales (Kazi-Tani *et al.*, 2010). Elles se multiplient par des graines produites en très grande quantité. Ces dernières peuvent être dispersées par le vent, l'eau, les animaux et l'homme. Ce spectre est semblable à celui trouvé par Noba (2002) dans les cultures du mil et de l'arachide dans le sud du Bassin arachidier. La répétition des mêmes pratiques culturales, la préparation du sol ou l'entretien des cultures au cours des années, a probablement entraîné une évolution de cette flore adventice en enrichissant ou en épuisant le stock semencier de certaines espèces. Ce stock semencier des différentes espèces adventices peut être réduit par les rotations culturales ou l'intensification du système de culture (Noba, 2002, 2004 ; Candy, 2008). C'est ainsi que le maïs est considéré comme un précédent culturale important, car il laisse le terrain propre (Zan, 2009). Ainsi, les adventices les plus adaptés aux pratiques agricoles dans ces agrosystèmes vont de plus en plus dominer au détriment des moins résistants (Kazi-Tani *et al.*, 2010).

Les Hémicryptophytes et géophytes occupent respectivement les deuxième et troisième rangs. Ces deux types biologiques s'adaptent bien à l'aridité du climat (Maillet, 1981). L'importance des Hémicryptophytes pourrait être en rapport avec leur possibilité de se multiplier de façon végétative comme *Cynodon dactylon* (Marnotte, 2000). Cette multiplication végétative se caractérise par la disparition des parties aériennes et leur remplacement par des bourgeons situés au ras du sol et protégés par une rosette de feuilles. L'importance des géophytes semble liée au fait que leurs parties souterraines sont souvent difficiles à désherber. Il s'agit des rhizomes, des stolons, des bulbes, des tubercules, des drageons ou des racines tubérisées (Marnotte, 2000). Ces deux types biologiques paraissent être favorisés comparés aux parasites, chaméphytes et phanérophytes, dans le cas des cultures de céréales, à la faveur probablement des formes de pratiques culturales (Kazi-Tani *et al.*, 2010). Le genre *Striga* constitue le seul parasite signalé dans cette culture. Cette espèce est connue au Sénégal comme des espèces les plus infestantes et les plus redoutables aux cultures de mil (Bâ, 1983 ; Samb & Chammel, 1992 ; Wade *et al.*; 1999) et de maïs (Brink & Belay, 2006). Les chaméphytes, sont peu adaptées aux cultures annuelles sarclées (Maillet, 1981), par une réduction de leur appareil de reproduction végétative (Maillet, 1981 ; Koita, 1998). La faible proportion de phanérophytes s'explique par les coupes de ces dernières, permettant de dégager les champs pour éviter les ombrages des cultures (Bassène, 2008). Ainsi les quelques phanérophytes répertoriées sont essentiellement constituées de rejets ou des pieds laissés volontairement par les paysans pour se reposer (Noba, 2002).

Au plan de la répartition géographique des espèces, la flore adventice des cultures du maïs dans le sud du Bassin arachidier se caractérise par un ensemble hétérogène d'espèces d'origines diverses. En effet, les 128 espèces de la liste floristique proviennent de 9 régions biogéographiques. Les résultats révèlent une dominance des espèces africaines et pantropicales qui représentent plus de la moitié des espèces de la flore. La dominance des espèces africaines semble liée à la position continentale de la zone d'étude. Par contre, l'importance des espèces pantropicales pourrait s'expliquer par l'introduction de nouvelles cultures vivrières qui viennent avec leurs semences d'adventices. Elles entraînent une modification de la flore (Noba, 2002).

En ce qui concerne l'importance agronomique des adventices, 43 espèces sont considérées comme étant les plus nuisibles vis-à-vis du maïs. Ces espèces sont réparties en 3 groupes avec une prédominance des thérophytes annuelles.

Le premier groupe est composé des adventices à IPN > 1000 qui rassemble les espèces considérées comme les plus nuisibles. Dans ce groupe 4 espèces ont été répertoriées comme les plus importantes. Leur importance pourrait être liée à la chronologie de levée des différentes espèces. On note ainsi des espèces à levée précoces et persistantes jusqu'au milieu de la saison (*Dactyloctenium aegyptium*), d'autres à 2 pics de germination, un en début et en fin de la saison (*Mitracarpus villosus* et de *Kyllinga squamulata*) et en fin les espèces comme *Digitaria ciliaris* à levée irrégulières (Noba, 2002).

En plus de ces espèces, il serait important de citer le cas spécifique de *Spermacoce chaetocephalla* et *Striga hermonthica* qui causent aussi des problèmes dans la zone. L'importance de *Spermacoce chaetocephalla* est liée à sa levée étalée durant toute la saison

due à sa facilité de germination (Noba, 2002). Quant à la présence de *Striga hermonthica*, son infestation s'expliquerait par la production en grand nombre de graines avec une longue durée de vie dans le sol (Bâ, 1983 ; Dembélé, 1988).

Le second groupe est constitué des adventices à IPN compris entre 500 et mille ( $500 < \text{IPN} < 1000$ ). Ce groupe est dominé par les *Fabaceae* et *Commelinaceae* dans lesquelles, certaines espèces sont considérées comme espèces difficiles à éliminer. C'est le cas par exemple des espèces du genre *Commelina*, considéré comme un genre difficile à contrôler du fait de leur possibilité de régénération à partir de fragment de tige laissé au sol. Il s'agit donc souvent des plantes stolonifères qui émettent des racines à partir des tiges et continuent leur développement (Traoré & Maillet, 1992).

Le troisième groupe constitué des adventices à  $\text{IPN} < 500$  correspondent aux espèces supposées les moins nuisibles. Ce groupe est constitué principalement des *Poaceae* et les *Convolvulaceae*. Dans ce groupe, certaines familles, quoique peu représentées, présentent des espèces difficiles à éliminer telles que *Ipomoea senegalensis*, *Scilla sudanica* qui sont des plantes à bulbes et les *Cyperaceae* continuent à se développer lorsque les racines sont recouvertes de sable.

## **5-2 - La concurrence**

### **5-2-1 - L'effet de la concurrence des adventices sur les paramètres de croissance du maïs**

Les résultats obtenus sur les paramètres de croissance montrent qu'à l'exception de la production des feuilles de plantes de maïs, les effets de l'année, de la fertilisation azotée et des traitements de binage sont positifs. Ces résultats révèlent que quel que soit le niveau de l'enherbement et l'apport d'azote, le nombre de feuilles de la plante est constant même s'il existe de variations en nombre de feuilles entre certaines plantes. Les résultats de Warrington & Kanemasu (1983) corroborent ces observations. L'auteur constate que le rythme d'initiation des feuilles est constant de la levée à l'initiation de la panicule. Il apparaît donc aussi que le nombre de feuilles chez le maïs est une variable agromorphogénétique qui n'est pas affectée par l'apport d'azote, les différents niveaux d'enherbement des traitements de binage et de l'année. Ce nombre de feuilles est donc une quantité prédéfinie génétiquement. Toutefois, ce nombre peut varier suivant la variété de 12 à 20 feuilles (Bâ, 2005). Selon Bonhomme (1983), le rythme d'apparition des feuilles est très influencé par la température.

En revanche la hauteur des plantes, la circonférence au collet des tiges, la longueur avant l'insertion de l'épi et la longueur de la feuille porte épi sont positivement affectées par les effets de l'année, des traitements du binage et de la fertilisation azotée.

Les paramètres de croissance du maïs sont plus ou moins élevés d'une année à l'autre. Ces variations pourraient s'expliquer principalement par les aléas climatiques, les degrés d'infestation des parcelles et aussi la maîtrise des opérations de désherbages (Noba, 2002 ; Mbaye, 2013). Ces résultats corroborent ceux de Retta *et al.*, (1991), de Sattin *et al.*, (1992) et de Mclahlan *et al.*, (1993) qui révèlent que les facteurs environnementaux affectent positivement ou négativement les paramètres de croissance. Parmi ces facteurs on peut citer

l'eau qui est une des ressources importantes indispensables à la croissance des cultures (Kropff, 1993a ; Bâ, 2005).

L'analyse des résultats obtenus dans les conditions azotées montre un effet positif sur les paramètres de croissance du maïs. Cet effet positif se traduit par l'augmentation des paramètres de croissance dans les traitements de binage qui ont reçu de l'azote comparé à ceux qui n'en ont pas reçu. Ce résultat montre l'importance de l'azote dans la nutrition et la croissance du maïs. Ces observations reportent celles de Bâ (2005) qui montrent que la fertilisation azotée chez le maïs doit permettre d'assurer une alimentation minérale satisfaisante. Selon Sanchez (1976), le maïs a besoin d'une bonne quantité d'éléments nutritifs pour sa croissance et son développement notamment l'azote et le phosphore. En effet, l'azote assure le bon développement de l'appareil végétatif, et le phosphore celui des racines et des graines (Sanchez, 1976). Le prélèvement de ces derniers, en début du cycle cultural par les adventices affecte plus la culture pendant la phase d'accumulation des assimilats (Ahanchédé, 2000).

Dans les traitements de binage, les paramètres de croissance augmentent lorsque les parcelles sont de plus en plus maintenues propres et diminuent lorsque les parcelles sont laissées de plus en plus enherbées. Ceci montre la nécessité de maintenir propre le maïs durant une période bien déterminée pour éviter le retard de la croissance et le développement de la plante. Ainsi, les traitements qui ont subi trois désherbages successifs en début de cycle du maïs présentent les plantes les plus vigoureuses. Il s'agit souvent des plantes vigoureuses avec de grandes circonférences au collet des tiges, des hauteurs et des niveaux d'insertion des épis élevés, avec de grandes feuilles sous épi. Pendant cette période de développement, la culture peut souffrir sévèrement de la compétition des adventices pour les éléments minéraux lorsque la culture n'est pas désherbée (Kropff, 1993c). Ainsi, les paramètres de croissance sont réduits. Ces résultats rejoignent ceux de Swinton *et al.* (1994) ; Zimdahl (1988) qui signalent la réduction des paramètres de croissance d'une culture située dans les traitements qui sont de plus en plus enherbés. La période et la durée de présence des adventices dans les traitements de binage, prolonge la compétition entre le maïs et les adventices. Ces observations corroborent celles de Ruyet (2006) qui révèlent que le manque d'éléments nutritifs augmente la compétition entre les adventices et le maïs, ce qui a vraisemblablement empêché un bon développement de la plante dans les traitements enherbés. Selon Akobundu & Poku, (1987) plus les adventices restent longtemps dans les parcelles, plus la compétition est élevée et plus leur contrôle est difficile.

Les résultats montrent aussi que, pour obtenir des paramètres de croissance élevés, il est important de réaliser 3 désherbages successifs au 15<sup>ème</sup>, au 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour ou 2 binages au 45<sup>ème</sup> jour après le binage-démariage du 15<sup>ème</sup> jour après semis. Aux environs du 15<sup>ème</sup> jour après les semis, le maïs est sensible à la concurrence du fait de la mise en place de son système racinaire qui lui permet de tirer les nutriments dans le sol et assurer sa croissance. Au voisinage du 45<sup>ème</sup> jour, le maïs comme certains adventices à levées précoces et échelonnées arrivent en phase de reproduction qui nécessite un grand besoin de réserves en éléments nutritifs pour assurer le remplissage de leurs graines. Certaines adventices à levées échelonnées et celles à levée tardive sont en phase de croissance végétative. La succession de ces différentes phases de levée des adventices prolonge leur compétition vis-à-vis du maïs

pour les éléments nutritifs durant sa phase de croissance. C'est ainsi qu'il est important de désherber le maïs pendant ces phases végétatives et de reproduction.

### **5-2-2 – L'effet de la concurrence des adventices sur les paramètres de rendement du maïs**

Les analyses des résultats sur les paramètres de rendement tels que la longueur de l'épi, la circonférence de l'épi, le poids de l'épi avec la rafle, le nombre de graines de l'épi, le poids des graines de l'épi et le poids de 100 graines de l'épi, ont montré des différences significatives entre les années et les traitements de binage dans les conditions azotée ou non azotée.

Les résultats de l'effet de l'année sur les paramètres de rendement sont différents d'une année à l'autre. Ces différences pourraient être attribuées aux facteurs de l'environnement (Retta *et al.*, 1991 ; Mclahlan *et al.*, 1993 a,b et Ahmadvand *et al.*, 2009).

Il ressort de ces résultats que la fertilisation azotée entraîne une augmentation des paramètres de rendement. Ces observations confirment celles de Ritchie *et al.* (1993) et de Badiane & Ganry, (1989).

Les résultats obtenus dans les traitements de binage montrent que les paramètres de rendements diminuent de manière proportionnelle avec la durée d'installation des adventices au sein de la culture. Cette diminution est due à la durée de compétition des adventices vis-à-vis de la culture (Candy, 2008). Ces observations montrent clairement que les pratiques culturales qui permettent de maintenir les parcelles indemnes des adventices entraînent une augmentation de façon considérable les paramètres de rendement de maïs. Ainsi, les traitements qui ont subi 3 désherbages successifs au 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jour après semis présentent des composantes de rendements les plus élevées. Ces Résultats révèlent la nécessité de maintenir propre le maïs en début de cycle à partir du 15<sup>ème</sup> jour qui correspond au stade 4<sup>ème</sup> feuille et le 45<sup>ème</sup> jour qui coïncide avec la fin de la phase végétative et le début de la floraison du maïs. Ces résultats rejoignent ceux de Ngouajio *et al.* (1997) qui montrent que l'infestation en début de cycle du niébé et à la fin de la phase végétative affecte les paramètres de son rendement.

### **5-2-3 – L'effet de la concurrence des adventices sur les rendements en graines du maïs**

Les résultats obtenus au cours des 3 années d'expérimentation, montrent que l'année, la fertilisation azotée et les traitements de binage ont des effets sur le rendement en graines de maïs. Les rendements en graines de maïs varient avec les conditions climatiques de la zone de production des cultures (Bhan & Kukula, 1986 ; CRAAQ, 2003 et Tépe *et al.*, 2011).

Le maïs est une plante exigeante en eau (Bâ, 2005). Une culture de maïs a besoin d'environ 50 cm d'eau pour produire des rendements élevés (MAAARO, 2002). Ses besoins en eau sont faibles pendant les premiers stades de développement, augmentent ensuite rapidement jusqu'à la floraison puis diminuent jusqu'à la maturité (Bâ, 2005). Un stress hydrique peut avoir des répercussions sur le rendement en graines de maïs. Un manque d'eau au moment de la formation de la panicule mâle et celui de l'apparition des soies peuvent occasionner des pertes de rendement en graines de maïs (Diouf *et al.* 2001 ; Robelin, 1963). Quant au manque d'eau

après le stade d'apparition des soies elle peut nuire le remplissage des graines (MAAARO, 2002).

Le rendement en graines de maïs peut aussi varié en fonction de la dose d'azote (urée) apportée. La majeure partie de l'azote est prélevée durant la période qui couvre la floraison et l'apparition de l'épi, plus précisément à l'apparition des fleurs mâles (Oost, 1993).

Les résultats indiquent que le rendement du maïs a une aptitude décroissante sous l'influence de la durée de la compétition des adventices. Cet effet de compétition des adventices observé sur les rendements est reporté par Candy (2008) sur la culture du poivron. Selon Brassard (2007) ; Ziadi *et al.* (2007) ; Ruyet (2006), les rendements en graines de maïs varient en fonction de la communauté et de la densité des adventices. Ces observations sont comparables à celles de Bhan & Kukula (1986) ; Tépe *et al.* (2011) qui montrent que les pertes de rendements observées dépendraient aussi du degré de l'infestation des adventices, du type de sol et de l'humidité.

### **5-3- Les relations entre paramètres de croissance, de rendement et le rendement**

Les résultats des relations entre paramètres de croissance, de rendement et le rendement montrent une corrélation négative entre les 12 variables sur l'axe 1 aussi bien en condition non azotée qu'en condition azotée. Suivant l'axe 2, des liaisons positives et très significatives entre les variables appartenant au même groupe ont été identifiées. Les paramètres de croissance et les paramètres de rendements et le rendement forment chacun un groupe bien constitué. Ces résultats montrent l'existence de forte corrélation entre les composants d'un même groupe. Ces observations sont comparables à celles de Sine, (2009) qui révèlent que les relations entre variables constitutives d'un même groupe restent très fortes. Le premier groupe rassemble les paramètres de croissance corrélés positivement tandis que les composants du rendement et le rendement constituent le second groupe corrélés négativement suivant l'axe 2. Ces observations montrent qu'une grande production de biomasse ne favorise pas la production de rendements élevées.

Les résultats obtenus de la distribution des traitements de binage sur l'axe 1 défini par l'ACP en N0 et N1 font ressortir des regroupements de traitements selon leur similitude en fonction des types de paramètres. Ces résultats montrent qu'aussi bien en N0 qu'en N1, la répartition de ces groupes est fonction de la période et de la durée de l'enherbement. Les traitements qui sont de plus en plus maintenus propres sont négativement corrélés et ceux laissés de plus en plus enherbés sont positivement corrélés suivant l'axe 1. Ces observations rendent compte de façon explicite les effets positifs des traitements de binage sur la croissance, le développement et la production en graines de maïs. Ainsi, 3 désherbages successifs aux 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jours ou à défaut 2 binages alternatifs aux 15<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jours après semis peuvent permettre d'obtenir une croissance et un rendement élevés du maïs.

### **5-4- La période critique de concurrence**

Les résultats montrent que la période critique de concurrence se situe entre le 15<sup>ème</sup> jour et le 45<sup>ème</sup> jour après les semis. La meilleure pratique permettant d'éviter les pertes de rendement

du maïs de façon considérable est de maintenir les parcelles de maïs indemnes des adventices entre le 15<sup>ème</sup> et le 45<sup>ème</sup> jour ou à défaut au 45<sup>ème</sup> jour après le binage-démariage réalisé au 15<sup>ème</sup> jour. Cette période critique n'est pas adaptée à tous les environnements pour une culture. Selon Ahmadvand *et al.* (2009) une période critique de concurrence varie en fonction des conditions du milieu. Ces observations corroborent celles de nombreuses études qui montrent que les facteurs tels que la densité des adventices (Beckett *et al.*, 1988 ; Sattin *et al.*, 1992 ; Wilson & Westra, 1991), le temps d'émergence des adventices (Mclahlan *et al.*, 1993 a,b ; Wilson & Westra, 1991), la compétition des adventices (Swinton *et al.*, 1994 ; Zimdahl, 1988) ainsi que les dates de semis (Zimdahl, 1988) peuvent affecter la période critique de concurrence des adventices. Ces facteurs exercent une compétition pour la lumière (Retta *et al.*, 1991), l'humidité du sol (Mclahlan *et al.*, 1993 a,b ; Retta *et al.*, 1991) et la fertilité des sols (Evans *et al.*, 2003 ; Papamichail *et al.*, 2002).

Le seuil de concurrence précoce est situé au stade 4<sup>ème</sup> feuille (environ 15<sup>ème</sup> jour après semi). Ces observations rejoignent celles de Halford *et al.* (2001) ; Zan (2009) et de MAAARO (2002). Le sarclage précoce évite à la culture de subir la nuisibilité des adventices qui exercent leur concurrence même à des stades jeunes. Un désherbage réalisé à cette période permettra à la culture de compenser les effets dépressifs des adventices. Après ce stade, cette compensation par rapport à une culture désherbée à ce stade (4<sup>ème</sup> feuille) n'est plus possible. (Kheddam *et al.*, 1988).

Le seuil de concurrence tardive est situé au stade fin feuillaison et début floraison aux environs du 45<sup>ème</sup> jour après semis. A cette période, le maïs est très vulnérable au stress hydrique et à la carence minérale plus particulièrement l'azote (Rajcan *et al.*, 2004).

Ces résultats suggèrent de maintenir exempt le maïs des adventices jusqu'aux environs de 45 jours après semis (pendant 30 jours après le désherbage du 15<sup>ème</sup> jour après semis) afin d'éviter la perte considérable de rendement de maïs. La période critique située entre les 15<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jours après semis est semblable à celle de CIRAD (2001) et de Mahmoodi & Rahimi (2009). Ainsi, 2 ou 3 désherbages sont proposés. Ces résultats sont semblables à ceux de Zan (2009) qui indiquent que les entretiens du maïs se limitent à un démariage à la levée et à 2 ou 3 sarclages.

## CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES

Dans le but de réunir les informations utiles permettant une lutte raisonnée contre les adventices dans une culture de maïs dans le sud du Bassin arachidier, le présent travail a cherché à : 1-étudier la flore adventice dans la culture de maïs, 2-étudier la concurrence des adventices vis-à-vis du maïs, 3-établir les relations entre les paramètres de croissance, de rendement et le rendement du maïs, 4-déterminer la période critique de concurrence des adventices et 5-proposer un calendrier de désherbage.

La flore adventice du maïs du sud du bassin arachidier est riche de 128 espèces appartenant à 65 genres et 25 familles. Cinq familles dominent nettement la flore et totalisent à elles seules 64,06 % de la flore. Ces familles sont : les *Poaceae*, les *Fabaceae*, les *Malvaceae*, les *Convolvulaceae* et les *Cyperaceae*. Cette flore est dominée par les Dicotylédones avec 67,19% des espèces contre 32,81% pour les Monocotylédones.

Les thérophytes, plus adaptés à l'agrosystème, représentent le type biologique dominant avec 89,06% suivies des hémicryptophytes et des géophytes avec respectivement 4,69% et 3,13% des espèces de la flore.

Les espèces africaines et pantropicales, en raison de la position continentale de la zone d'étude (espèces africaines) et de l'introduction de nouvelles cultures vivrières dans la zone qui viennent avec leurs semences d'adventices (espèces pantropicales), dominent la flore avec respectivement 36,72% et 30,47%.

Concernant l'importance agronomique de cette flore, cette étude a montré que 43 espèces sont considérées comme potentiellement nuisibles dans la culture du maïs. Parmi ces espèces, 10 espèces sont estimées les plus nuisibles. Ces espèces appartiennent à 6 familles : les *Cyperaceae* (3 espèces), les *Poaceae* (2 espèces), les *Rubiaceae* (2 espèces), les *Scrophulariaceae* (1 espèce), les *Malvaceae* (1 espèce) et les *Acanthaceae* (1 espèce). Parmi ces espèces 4 sont les plus redoutables quant à leur nuisibilité ; il s'agit par ordre d'importance *Mitracarpus villosus*, *Kyllinga squamulata*, *Digitaria ciliaris* et *Dactyloctenium aegyptium*. En outre, *Striga hermonthica* constitue également une préoccupation majeure pour les paysans de la zone.

Les paramètres de croissance à l'exception de la production du nombre de feuilles ainsi que les paramètres de rendement et le rendement en graines de maïs sont variables selon l'année, la fertilisation azotée et les traitements de binage. Ces paramètres sont plus ou moins élevés d'une année à l'autre. La fertilisation azotée augmente la croissance du maïs. La croissance et le rendement du maïs sont inversement proportionnels à l'enherbement du maïs. Ainsi, il est nécessaire de réaliser des binages en début de cycle pour favoriser la croissance et le développement du maïs afin d'obtenir un bon rendement.

La période critique de concurrence se situe entre le 15<sup>ème</sup> et le 45<sup>ème</sup> jour après les semis. La meilleure pratique permettant d'éviter les pertes de rendement du maïs de façon considérable est de maintenir les parcelles de maïs indemnes des adventices entre le 15<sup>ème</sup> et le 45<sup>ème</sup> jour ou bien de désherber les parcelles au 45<sup>ème</sup> jour après le binage démariage réalisé au 15<sup>ème</sup> jour.

A la suite de ce travail, le calendrier de désherbage suivant est proposé pour améliorer l'itinéraire technique du maïs.

- **La saison de culture :**

Saison des pluies, qui s'étend des mois de juin-juillet aux mois de septembre-octobre.

- **Semences**

Maïs (*Zea mays* var. early thai synonyme Nioro 96).

- **Préparation du sol**

Labour et hersage

- **Semis**

- Semis effectué sur une terre labourée suffisamment humide environ 25 mm avant 25Juillet;
- Ecartement (60 cm x 25 cm).

- **Fertilisation**

L'épandage ne doit pas se réaliser suivi ou pendant une pluie.

Epandage à volet engrais de fond (NPK), avant ou après semis (A0) ;

- Epandage localisé et enfoui d'urée après le binage aux environs du 30<sup>ème</sup> jour après semis (A1), en pleine phase végétative;
- Epandage localisé et enfoui d'urée après le binage aux environs du 45<sup>ème</sup> jour après semis (A2), au début de la floraison.

- **Désherbage**

1<sup>ère</sup> date de binage (Binage-démariage) au stade 4<sup>ème</sup> feuille ou 15<sup>ème</sup> jour après semis

2<sup>ème</sup> date de binage aux environs du 30<sup>ème</sup> jour après semis

3<sup>ème</sup> date de binage aux environs du 45<sup>ème</sup> jour après semis

- **Récolte**

A partir du moment que les plantes entrent en sénescence

La figure suivante représente le résumé du calendrier de désherbage proposé pour permettre d'améliorer l'itinéraire technique proposé pour le maïs (*Zea mays* Var. early thai).

Les différentes étapes sont matérialisées dans la figure suivante :

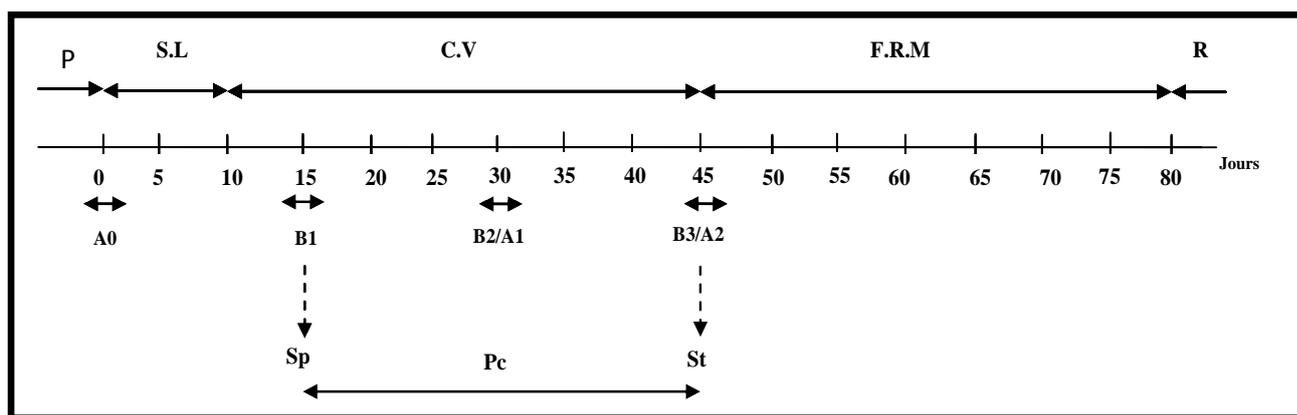


Figure 66 : Calendrier de désherbage du maïs (*Zea mays* Var. early thai syn. Nioro 96)

**P** = Préparation du sol (Labour, Hersage)

**S. L** = Semis et Levée

**C.V** = Croissance végétative

**F.R.M** = Floraison, Remplissage et Maturation des graines

**R** = Récolte

**A0** = Apport engrais de fond (N.P.K)

**A1, 2** = Premier apport et Second apport d'azote (urée)

**B1, B2, B3** = Dates de binage

**Sp** = Seuil de concurrence précoce

**St** = Seuil de concurrence tardif

**Pc** = Période critique de désherbage

la flore, de la concurrence et de la détermination de la période critique.

**Au plan de la flore**, cette étude devrait être poursuivie en s'intéressant :

- au comportement germinatif et à la viabilité des semences des espèces les plus nuisibles qui conditionnent leur présence dans les agrosystèmes,
- à la dynamique de levée de ces adventices pour mieux comprendre leurs chronologies et leurs densités aux champs.

**Au plan de la concurrence**, ce travail mérite d'être poursuivi pour :

- établir la concurrence de chacune de ces espèces nuisibles vis-à-vis du maïs et pour déterminer leur effet sur les paramètres de croissance, des composantes du rendement et le rendement du maïs.
- compléter l'étude par une analyse agroéconomique qui permettrait d'évaluer les coûts de production afin d'orienter le choix de la méthode de contrôle des adventices dans une culture de maïs.
- étendre cette étude dans d'autres régions du pays où les conditions sont différentes de celles qui sont rapportées en station afin de confirmer la période critique de concurrence de cette variété par les adventices,
- déterminer les périodes critiques sur d'autres variétés de maïs au Sénégal pour augmenter la production de cette céréale.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGPM., 2010-** La plante la plus cultivée au monde, aux multiples applications. 12 p.
- Ahanchédé A., 1994-** Etude biologique et variabilité génétique chez une adventice importante au Bénin: *Commelina benghalensis* L. Thèse de doctorat INPT, Toulouse. 183 p.
- Ahmadvand G., Mondani F., Golzardi F., 2009-** Effect of crop plant density on critical period of weed competition in potato. *Scientia Horticulturae* **121**: 249–254.
- Akobundu I. O. et Poku J. A., 1987-** Weed control in soybean in the tropics: research, production and utilisation. John Wiley and Sons Ltd, Chishester. pp: 69-77.
- Akobundu I. O., 1987-** Weed science in the tropics. Principles and practices. John Wiley and Sons, Chishester. 552 p.
- Akobundu I.O. 1979-** Weed control in Nigeria *Pans*, **25 (3)** 287-298.
- Akobundu I.O., 1991-** Weeds in human affairs in sub-saharian Africa : implications for sustainable food production. *Weed Technology* **5**: 680-690.
- Akpo L.E., 1998-** Effet de l'arbre sur la végétation herbacée dans quelques phytocénoses au Sénégal : variation selon un gradient climatique. Thèse de Doctorat d'état en Sciences Naturelles 131p
- Andersson, T., Milberg, P., 1998-** Weed flora and the relative importance of site, crop, crop rotation and nitrogen. *Weed Science* **46**, 30–38.
- Ange A. & Fontanel P., 1986-** La contrainte enherbement et sa gestion dans le sud Saloum au Sénégal. Une analyse du travail et des ses résultats agronomiques.
- Angonin C. Caussanel J.P. et Meynard J.M., 1996-** Compétition between winter wheat and *Veronica hederifolia* L. Influence of weed density and the amount and timing of nitrogen application. *Weed research* **36**. 175-187.
- Angonin C., 1995-** Compétition de quelques adventices annuels dans un blé d'hiver : influence de la conduite de la fertilisation azotée. Thèse de Doctorat. INA-PG. 143 p.
- Anonyme., 2008-** État des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde : Contribution du Sénégal au second rapport. 57 p.
- Bâ A.T. & Noba K., 2001-** Flore et Biodiversité végétale au Sénégal. *Sécheresse* **12 (3)**: 149-155.
- Bâ A.T., 1983-** Biologie du parasitisme chez deux Scrophulariaceae : *Striga hermonthica* (Del.) Benth. et *Striga gesnesrioides* (Will.) Vatke. Thèse de Doctorat d'Etat, Dakar. 139p.
- Bâ H.S., 2005-** Itinéraire technique du désherbage du maïs (*Zea mays* L.) en zone sahélo-soudanienne : alternative à l'atrazine. Mémoire de fin d'études. ENSA, Thiès (Sénégal). 76 p.
- Badiane A.N., Khouma M., Séné M., 2000-** Gestion et transformation de la matière organique. Synthèse des résultats de recherches menées au Sénégal depuis 1945. ISRA. 115 p.
- Bairamkenga R. & Leroux G.D., 1994-** Critical period of quak grass (*Elytrigia repens*) removal in potatoes (*Solanum tuberosum*). *Weed Sci.* **42**, 528–533.

- Baker H.G., 1986-** Patterns of plant invasion in North-america. *In. Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaiï* (éds H.A. Mooney & J.A. Drake). pp. 44-57.
- Baron C., 1991-** Exploitation d'enquêtes en milieu paysan pour une approche agroclimatique du rendement du mil-Base de données Produclim. Projet Espace. Rapport d'évaluation, pp. 73-95.
- Basseler N., 2000** - Le maïs et ses avenir. Cahier du *LIPS* n°13. 47 p.
- Bassène C., 2008-** *Hyptis suaveolens* L. Poit. (*Lamiaceae*) dans les systèmes agropastoraux de la communauté rurale de Mlomp: Etude de quelques aspects de la biologie, de l'écologie et proposition de méthodes de contrôle. Mémoire de DEA. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. FST/BV. 108 p.
- Baudoin J.P., Demol J., Louant B.P., Marechal R., Mergeai G. & Otoul E., 2002-** Amélioration des plantes : Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. 553 p.
- Baye Y. & Bouhach M., 2007-** Etude de la compétition entre la morelle jaune (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) et le maïs de printemps (*Zea mays* L.). EPPO Bulletin. Volume **37** : 129-131.
- Beckett, T.H., Stoller, E.W.& Wax L.W., 1988-** Interference of four annual weeds in corn (*Zea mays* L.). *Weed Sci.* **36**, 762–769.
- Bennet A.C. & Shaw D.R., 2000-** Effect of preharvest desiccants on weed seed production and viability. *Weed technology* **14** (3): 530-538.
- Berhaut J., 1967-** Flore du Sénégal. 2ème Ed. Dakar, Clairafrique. 485 p.
- Berhaut J., 1971- 1979-** Flore illustrée du Sénégal. Gouvernement du Sénégal, Dakar.
- Berti A., Dunan C., Maurizio S., Zannin G. & Westra P. 1996-** A new approach to determine when to control weeds. *Weed Science* **44**: 496-503.
- Bhan V.M. & Kukula S., 1986-** Weeds and their control in chickpea. *In the chickpea* (Eds. MC Saxena, KB singh), CAB International, Wallingford, Oxon Ox 10 8DE, UK, pp. 319-329.
- Blondel D., 1979-** Contribution à la connaissance de la dynamique de l'azote minéral en sol sableux (dior) au Sénégal. *Agron.Trop.*, **26** : 13031-1333.
- Bonhomme R., 1983-** Mise en place des l'appareil foliaire et racinaire, 63-87. *IN «Physiologie du maïs* », communication au colloque, INRA, Paris (France), 573 p.
- Boraud N.K.M., 2000-** “Etude floristique et phytoécologique des adventices des complexes sucriers de Ferké 1 et 2, de Borotoukoro et de Zuénoula, en Côte d'Ivoire”, Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle U.F.R. Biosciences Univ. Cocody, Côte d'Ivoire. 181 p.
- Bouhache M. & Boulet C., 1984-** Étude floristique des adventices de la tomate dans le Souss. *Hommes Terre Eaux*, **14(57)**, 37-49.
- Brassard M. 2007-** Développement d'outils diagnostiques de la nutrition azotée du maïs grain pour une gestion optimale de l'engrais azoté. Mémoire de maître. Université de Laval. 105 p.

- Braun-Blanquet J., 1952-** Phytosociologie appliquée. *SIGMAT* **116** : 157-161.
- Brink M. & Belay G., 2006-** Céréales et légumes secs. Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1. 329 p.
- Camara K.M., Payne W.A., Rasmussen P.E. 2003-** Long-term effects of tillage, nitrogen, and rainfall on winter wheat yields in the Pacific Northwest. *Agronomy Journal* **95**:828-835.
- Candy J., 2008-** Effet de la durée de compétition des mauvaises herbes sur la culture du poivron (*Capsicum annuum*). Mémoire d'Ingénieur Agronome. Université Notre Dame d'Haïti. 51 p.
- Cardwell K. F., 1995 -** Workshop on Mycotoxines in food in Africa. IITA. Bénin. 77 p.
- Caussanel J. P., Barralis G., Vacher C., Fabre E., Mori C. & Branthome X., 1986-** La variation des seuils de nuisibilité des mauvaises herbes. Résultats expérimentaux. L'évaluation des effets de nuisibilité directe des mauvaises herbes. *Perspectives Agricoles-n° 109* : 22-28.
- Caussanel J.P & Kafiz B., 1986-** Une méthode de détermination des seuils de nuisibilité d'une espèce adventice dans une céréale (*Avena sp* x Ble de printemps).*Proc. Ewrs symposium, Economic weed contro.* pp. 83-90.
- Caussanel J.P., 1989-** Nuisibilité et seuil de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle : Situation de concurrence bispécifique. *Agronomique*, **9** : 219- 240.
- Caussanel J.P., Angonin C., Meynard J.M., 1995-** Compétition de quelques espèces adventices dans un blé d'hiver, en relation avec des contraintes de production. 16<sup>ème</sup> Conférence du Columa, pp. 337-346.
- Caussanel J.P., Kafiz B., Carteron A., 1988-** Analyse expérimentale des effets de concurrence d'une graminée adventice dans un blé de printemps en relation avec le désherbage. *Weed research* **28**. 309-322.
- Caussanel J.P., Kafiz B., Carteron A., 1993-** Yield response of spring wheat to increasing densities of spring oats and various forms of post- emergence weed control. *Agronomie* **13**: 815-827.
- Charreau C. & Nicou R., 1971-** Amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques. *Agron. Trop. Bull, Agron*, n°23.
- Chauvel B., Guillemin J.P., Colbach N., Gasquez J., 2001a-** Evaluation of cropping systems for management of herbicide resistant populations of blackgrass (*Alopecurus myosuroides* Huds.). *Crop Prot*, **20** : 127-137.
- Christensen S., 1994-** Crop weed competition and herbicide performance in cereal sopeciesvand varieties. *Weed Research* **34** : 29-36.
- CIRAD -ca., 2001-** Site internet :<http://malherbologie.cirad.fr/InfoLegal.html> (consulté le 21 juin 2010)
- CIRAD -Gret., 2006-** Momento de l'agronome. Ed. Jouve. Paris. 1691 p.

- CIRAD., 2001-** La maîtrise de l'enherbement des cultures. Lutte mécanique : Sarclage manuel. Malherbologie tropicale. <http://malherbologie.cirad.fr>.
- Clarence F. A., 1958-** Les mauvaises herbes du Canada. 45 p.
- Clay P.A. & Griffin J.L., 2000-** Weed seed production and seedling emergence responses to late- season glyphosat applications. *Weed science* **48** (4): 481-486.
- Come D., 1970-** Les obstacles à la germination ; Masson Paris, 162 p.
- Coopération sénégallo-allemande. Projet Maïs sd-** Fiche d'information n 3. La culture du maïs. 5 p.
- Cornet A., 1981-** Le bilan hydrique et son rôle dans la production de la strate herbacée de quelques phytocénoses sahéliennes au Sénégal. Thèse Doctorat Ingénieur, USTL Montpellier. 353p.
- CRAAQ., 2003 -** Guide de référence en fertilisation. ISBN 2-7649-0034-1. 294 p.
- Dale, M.R.T., Thomas, A.G., John, E.A., 1992-** Environmental factors including management practices as correlates of weed community composition in spring seeded crops. *Can. J. Bot.* **70**, 1931–1939.
- Dancette C., 1979-** Agroclimatologie appliquée à l'économie de l'eau en zone soudano-sahélienne. *Agron.Trop.*, **34** (4) 331-355.
- Dawson J. H., 1986-** The concept of period thresholds. Proc E.W.R.S. Sympos., Econ.Weed Control, Hohenheim (RFA), pp. 327-331.
- Déat M., 1976-** Les adventices des cultures cotonnières en Côte d'Ivoire", *Cot. Fib.Trop.* **31**(4): 419-427.
- Dembélé B., 1988-** Aspects biologique et agronomique de deux *Scrophulariaceae* parasites Tropicales : *Striga hermonthica* (Del) Benth. et *Striga gesneroides* (Will) Varke. Thèse Docteur Ingénieur. Option : protection des végétaux, ENSA-Montpellier. 100 p.
- Dewaminou M.P., 2004-** Test de comportement de quelques variétés de maïs (*Zea mays* L.) par rapport à l'infestation par *Fusarium verticillioides* (Nirenberg). Mémoire d'Ingénieur agronome. U A.C. de Benin. 66 p.
- Diallo S., 1986-** Etude et lutte contre les mauvaises herbes du maïs, ISRA.
- Dione M., Diop M., Dieye P.N. & Ndao B., 2008-** Caractérisation et typologie des exploitations agricoles familiales du Sénégal (bassin arachidier). *ISRA Etudes et Documents-* Tome 3, volume 8. 44 p.
- Diouf M., 1990-** Analyse de l'élaboration du rendement du mil (*Penicetum typhoides* Staph et Hubb.). Mise au point d'une méthode de diagnostic en parcelles paysannes. Thèses de Doctorat, INAPG, Paris, 227 p.
- Doebley J, Goodman M.M. & Struber C.W., 1987-** Patterns of isozyme variation between maize and Mexican annual teosinte. *Economic Botany* **41**: 234-246.

- Dôgan N., Ünay A., Boz Ö., & Albay F., 2004-** Détermination of optimum weed control timing in maize (*Zea mays* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry **28**:349-354.
- Evans S.P., Knezevic S.Z., Lindquist J.L., Shapiro C.A., and Blankenship E.E., 2003-** Nitrogen application influences the critical period for Weed control in corn. *Weed Sci.*, **51**: 408-417.
- Fageiry K.A. 1987-** Weed control in soybean (*Glycine max* L.) in vertisols of Sudan, Trop. Bayer: **20**: 524p.
- Fall M., Hernandez S., Pirot R., Pothier G. & Tchakerian E., 1978-** Utilisation des herbicides au Sénégal: principales contraintes et possibilités d'introduction en milieu paysan. *3<sup>ème</sup> symposium sur le désherbage des cultures tropicales*, Dakar. pp. 31-45.
- FAO, 1987 -** Amélioration et production du maïs, du sorgho et du mil. Vol 2 : sélection agronomique et production des semences, Rome (Italie). 559 p.
- Fao., 1993-** Le maïs dans la nutrition humaine. *IN* : Collection FAO : Alimentation et nutrition. **25**, 174 p.
- FAO., 2004-** Réseau du système des nations unies sur le développement rural et la sécurité alimentaire. 5 p.
- Fontanel P., 1987a-** Effet sur la végétation des adventices du sud-saloum (Sénégal) des fumures minérales, du travail du sol et des précédentes culturaux. Rapport CIRAD/IRAT, DSP/87/n°3, Montpellier, Multigraphié, 43 p.
- Fontanel P., 1987c-** Bilan des recherches malherbologiques et phytoécologiques au Sine saluom, Sénégal. Proposition DSP/87/N°1.
- Forcella F., 1997-** My view. *Weed Science* **45**: 327.
- FRAB., 2007-** Seuil de nuisibilité direct des adventices du maïs. Action N°4. 6 p.
- Gay J.P., 1983-** Le cycle du maïs. AGPM, 122,1-11. In : « Physiologie du maïs », Communication au colloque, INRA, Paris (France), 573p.
- Gay J.P., 1984-** Fabuleux maïs – histoire et avenir d'une plante, AGPM, Pau, France, 295 p.
- Gay J.P., 1999-** Maïs, mythe et réalité, éd. Atlantica, 619 p.
- Gaye J.P. 1980-** Le cycle du maïs cultivar (*spécial maïs*) **133** : 37-44.
- Goebel R., 1993-** Les recherches en entomologie sur le fleuve Sénégal : bilan et perspectives dans le contexte des cultures irriguées au Sahel. 22 p.
- Gould, F.W., 1968-** Grass systematic. Mc Graw Hill; N.Y. 1-382 p.
- Gounot M., 1969-** Méthode d'étude quantitative de la végétation. Masson, Paris. 314 p.
- Grime J.P., 1974-** Vegetation classification by reference to strategies. *Nature*, **250**, 26-31.
- Guèye M., 2004-** Etude des effets de la densité de semis et de la dose de fumure minérale chez deux variétés hybrides de maïs (*Zea mays* L.) dans trois zones agro écologiques du Sénégal. Mémoire de fin d'étude. ENSA. 87 p.

- Halford C., Hamill A.S., Zhang J., & Doucet C., 2001-** Critical period of weed control in no-till soybean (*Glycine max*) and corn (*Zea mays*). *Weed Technology* **15**:737-744.
- Hauprich P., 2010-** Fertilisation et désherbage du maïs : quelle stratégie adopter. Fiche technique N°2. 3 p.
- Hedrick U.P., 1919.-** Sturtevant's edible plants of the world. The southwest school of botanical medicine. 775p.
- Hitchcock, A.S. & Chase A., 1971-** Manual of the grasses of the United States. Dover Publications: N.Y. Volume **2**. 790-796.
- <http://www.au-senegal.com>-** L'agriculture sénégalaise (consulté le 13/06/ 2010).
- <http://www.gnis-pedagogie.org>-** Un "ensemble pédagogique" consacré à une plante cultivée : le maïs (consulté le 14/08/2010).
- <http://www.syngenta-agro.fr>-** Les maladies du maïs (Consulté le 29/07/ 2010).
- Hutchinson J., Daziel J. M., & Hepper F.N., 1968-** Flora of West Tropical Africa 2nd Ed. Revised by F.N. Hepper. C.A.O.G.A. The whitefriars Press L.T.D. London and Trombrige.Vol. III. part 1. 276 p.
- Hutchinson J., Daziel J. M., & Hepper F.N., 1972-** Flora of West Tropical Africa 2nd Ed. Revised by F.N. Hepper. C.A.O.G.A. The whitefriars Press L.T.D. London and Trombrige.Vol. III. part 2. 298 p.
- Hutchinson J., Daziel J. M., & Keay R.W.J., 1954-** Flora of West Tropical Africa 2nd Ed. Revised by R.W.J. Keay. C.A.O.G.A. The whitefriars Press L.T.D. London and Trombrige.Vol. I part 1. 295 p.
- Hutchinson J., Daziel J. M., & Keay R.W.J., 1958-** Flora of West Tropical Africa 2nd Ed. Revised by R.W.J. Keay. C.A.O.G.A. The whitefriars Press L.T.D. London and Trombrige.Vol. II part 2. 533 p.
- ISRA, 1996-** Rapport annuel d'activités. ISRA Centre-Nord Bassin arachidier.
- Jauzein P., 1995-** Flore des champs cultivés. SOPRA/INRA. 11 p.
- Just E., Mary B., Meynard J.M., Machet J.M. & Thelier-Huche L., 1994-**Determination of critical nitrogen curve for winter wheat crops. *Annal of botany* **74**: 394-407.
- Kazi Tani, C., Le Bourgeois T. & Munoz F., 2010-** Aspects floristiques de la flore des champs dudomaine phytogéographique oranais (Nord-Ouest algérien) et persistance d'espèces rares etendémiques. *Fl. Medit.* **20**: 5-22.
- Kheddam M., LE Clerch J. & Caussanel j.P., 1988-** Période critique de compétition des mauvaises herbes dans une culture de maïs en Bretagne. *C.R. VIIIème Coll Inter. Sur la Biologie, l'Ecologie et la systématique des mauvaises herbes* : pp. 563-572.
- Koch W., Beshir M.E. & Unterladstatter R. 1982-** Crop losses due to weeds. Improving weed management. *Fao Plant Production and Protection Paper, Rome*, **44**, 153-165.

- Koita B., 1998-** Végétation post culturale en zone soudanienne. Influence des pratiques culturales et des facteurs anthropiques sur la reconstitution végétale après abandon cultural. Thèse de doctorat, Université de Corse. 169 p.
- Kranz J., Schmutterer H., Koch N., 1981-** Maladies, ravageurs et mauvaises herbes des cultures tropicales, Verlag Paul parey, Berlin et Hambourg. 717 p.
- Kropff M. J., 1993a-** General introduction. *In*: Kropff M. J. et H. H. van Laar (Eds) Modelling Crop weed interactins. CAB International, Wallingford. pp 1-7.
- Lagoke, S.T.O. 1988-** Striga in Nigéria., *In*: Proceedings of the FAO/OAU All African Government Consultation on striga control, 20-24 October 1986. Maroua, Cameroun. Pages 68-75.
- Lavabre E. M., 1988-**Le désherbage des cultures tropicales. Maisonneuve et Larose, Paris. 127p.
- Le Bourgeois T. & Merlier H., 1995-** Adventrop : les adventices d'Afrique soudano-sahélienne. CIRAD-CA Montpellier, 637 p.
- Le Bourgeois T., & Guillerm J. L., 1995-** Etendue de distribution et degré d'infestation des adventices dans la rotation cotonnière au nord-Cameroun. *Weed Research* **35**, 89-98.
- Le Bourgeois T., Marnotte P., 2002-** Modifier les itinéraires techniques : la lutte contre les mauvaises herbes. In : Mémento de l'agronome. Montpellier, France, CIRAD. Pp. 663-684.
- Le Bourgeois, T. 1993-** "Les mauvaises dans la rotation cotonnière au Nord Cameroun (Afrique)", Amplitude d'habitat et degrés d'infestation. Phénologie. Thèse de doctorat USTL, Montpellier. 204 p.
- Lebrun J. P. & Stork A., 1991- 1997-** Enumération des plantes à fleurs d'Afrique Tropicale. Vol I, Vol II, Vol III, Vol IV. Edition des conservatoires et jardin botaniques de la ville de Genève.
- Lebrun J., 1966-** Les formes biologiques dans les végétations tropicales. *Bull. Sco. Bot.* France : pp.164- 175.
- Lebrun J., 1973-** Enumération des plants vasculaires du Sénégal. Ed. *Maisons Alfort, IEMVT, Et. Bot.* 209 p.
- Lemaire G. & Salette J., 1984-** Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. *Etude du milieu agronomique* **4 (5)** : 423-430.
- López-Ovejero, R.F., Garcia A. Garcia y. de Carvalho S.J.P. Christoffoleti P.J., Dourado Neto D, Martins F. et Nicolai M., 2005-** Using thermal units for estimating critical period of weed competition in off-season maize crop. *Journal of Environmental Science and Health* **40**:1-11.
- MAAARO, 2002-** Autres problèmes liés à la culture du maïs. In. Guide agronomique de grandes cultures. Chapitre 3. 7p

- Mahamat Silaye O & Ndiaye A. M., 1981-** Considération alimentaire et nutritionnelle sur le maïs. Séminaire sur le maïs. CNRA- Bambey. 14 p.
- Mahmoodi S. & Rahimi A., 2009-** The critical period of weed control in corn in Birjand region, Iran. *International Journal of Plant Production* **3** (2): 91-96.
- Maillet J., 1981-** Evolution de la flore adventice dans les Montpelliérais sous la pression des techniques culturales. Thèse de Docteur Ingénieur. USTL-Montpellier. 200p.
- Marnotte P., 2000-** La gestion de l'enherbement et l'emploi des herbicides dans les systèmes de culture en zone soudano - sahéenne en Afrique de l'Ouest et du Centre Formation du CIRAD-CA - G.E.C. - AMATROP. pp 11-16.
- Marty P., 1992-** Fiches techniques d'agriculture à usage de l'enseignement agricole d'Afrique sub-saharienne, BDPA éd., Paris (France). 23 p.
- Mbaye M., S. 2013-** Association mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br] et niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] : arrangement spatiotemporel des cultures, structures, dynamique et concurrence de la flore adventice et proposition d'un itinéraire technique. Thèse de Doctorat d'état. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 236 p.
- Mbaye M.S., Noba K., Sarr R.S., Kane A., Sambou J.M., & Ba A.T., 2001-** Caractères spécifiques d'identification au stade jeune plant d'adventices Sénégalaises du genre *Corchorus* L. (Tiliaceae). *Ann. Bot. Afr. O.* **00**(1) : 35-42.
- Mclachlan, S.M., Tollenaar, M., Swanton, C.J., Weise, S.F., 1993a-** Effect of corninduced shading on dry matter accumulation, distribution, and architecture of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Weed Sci.* **41**, 568–573.
- Mclachlan, S.M., Tollenaar, M., Swanton, C.J., Weise, S.F., 1993b-** Effect of corninduced shading and temperature on rate of leaf appearance in redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Weed Sci.* **41**, 590–593.
- Medd R.W., Auld B.A., Kemp D.R. & Murison R.D., 1985-** The influence of wheat density and spatial arrangement on annual ryegrass, *Lolium rigidum* Gaudin competition. *Austr. J. Agric. Res* **36**: 361-371.
- Merlier H. et Montegut., 1982-** Adventices tropicales. *ORSTOM- GERDAT- ENSH.* 490 p.
- Miracle, M.P., 1966,** Maize in tropical Africa, Univ. of Wisconsin Press, Madison, 346 p.
- Mondragon G., Caussanel J.P., Aujus C., Carteron A. & Schiex J., 1989-** Sensibilité variétale d'un blé d'hiver à la concurrence d'une avoine adventice : influence sur le seuil biologique de nuisibilité. *Agronomie* **9** : 809-818.
- Ndiaye A., 1997-** Effet de la température et de la photopériode sur le développement du maïs en zone sahéenne : modélisation de la durée de semis. Floraison. *IN : Strategy for sustainable maize production in west and central Africa : Proceeding of a regional maize workshop. IITA, Cotonou,* 182-193.

- Ndiaye M. & Niang M., 2010-** Etude sur la transmission des fluctuations et le calcul de prix de parité à l'importation/exportation dans la sous région : cas pratique du Sénégal. Rapport final. 50 p.
- Ndiaye W., 1994-** Etude des interactions génotypes-milieus sur la tolérance au stress hydrique du maïs (*Zea mays* L). Mémoire d'ingénieur agronome, ENSA, Thiès (Sénégal).110 p.
- Ndiaye M., 1987-** Rapport de stage du 14 septembre au 4 décembre 1987 à l'IITA, Abidjan-Nigéria, 36 p.
- Ngouajio M., Foko J., Fouejio D., 1997-** The critical period of weed control in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Cameroon. *Crop Protection*. Volume **16** N° **2**. 127- 123.
- Niane A.B. et Ganry F. 1989-** Etude comparative de l'efficacité des différents modes d'application d'une fumure azotée sur le maïs (*Zea mays* L.). *Revue Sénégalaise des Recherches Agricoles et Halieutiques* Vol. **2** n° **1** : 77-83.
- Nicou R., 1981-** Les techniques culturales du maïs en Afrique de l'ouest- *Agronotrop* : **35** (4). 356-366.
- Nielsen R.L., 2005a-** Silk Emergence, Corny News Network, Université Purdue. <<http://www.kingcorn.org/news/articles.05/RefrigCorn-0429.html>> (consulté le 12/06/2010).
- Niéto J.H., Brondon M. A. & Gonzales J.T., 1968-** Critical periods of the crop growth cycle for competition from weeds. *Pans* **14**, 159-166.
- Noba K. & Ba A.T., 1998-** La végétation adventice du mil (*Pennisetum typhoides* Staf. et Hubbard) dans le centre ouest du Sénégal : étude floristique et phytoécologique. *AAU Reports* **39** : 113-125.
- Noba K., 2002-** La flore adventice dans le sud du bassin arachidier (Sénégal): Structure, dynamique et impact sur la production du mil et de l'arachide. Thèse de Doctorat d'état. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 137 p.
- Noba K., Ba A.T., Caussanel J.P., Mbaye M.S., Barralis G., 2004-** Flore adventice des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal). *Webbia* **59** (2) : 293-308.
- Noba K., Samb P.I., Ba A.T., 1994-** Sur quelques caractères macro et micro-morphologiques du jeune plant dans la systématique de trois espèces du genre *Boerhavia* L. (Nyctaginaceae). *Bull. Inst. Fond. Afr. Noire* C. A. Diop, Dakar, sér. A, **47**: 51-62.
- Norsworthy, J.K., & Oliveira M. 2004-** Comparison of the critical period for weed control in wide- and narrow-row corn. *Weed Science* **52**:802-807.
- Nyabyenda P.,2007-** Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique. 238 p.
- Oost J.Fr., 1993-** La fertilization en culture de maïs. Centre Indépendant de Promotion Fouragère (C.I.P.F). 9 p.
- Paolini R., Principi M., Froud-williams R.J., Del Puglia S. & Biancardi E., 1999-** Competition between sugarbeet and *Sinapsis arvensis* and *Chenopodium album*, as affected by timing of nitrogen fertilization. *Weed Research* **39**: 425-440.

- Papamichail, D., Eleftherohorinos, I., Froud-Williams, R., Gravanis, F., 2002-** Critical periods of weed competition in cotton in Greece. *Phytoparasitica* **30**, 105–111.
- Paulette V., 2006-** Le maïs au fil du temps, Usages culinaires, Conservation, Jardinage biologique, Écologie et environnement. Santé Canada. *Fichier canadien sur les éléments nutritifs*, 2005. 3p.
- Paulette V., 2006-** Le maïs au fil du temps, Usages culinaires, Conservation, Jardinage biologique, Écologie et environnement. 8 p.
- Poilecot P., 1995-** Les Poaceae de Côte d'Ivoire. Edition des Conservatoires et jardin botaniques de la ville de Genève, Boissiera. Volume. **50** : 734 p.
- Poilecot P., 1999-** Les Poaceae du Niger. Edition des conservatoires et jardin botaniques de la ville de Genève, Boissiera. Volume. **56** : 766 p.
- Rajcan, L & Swanton C.J. 2004.-** Red-far-red ratio of reflected light : a hypothesis of why early-season weed control is important in corn *Weed Science* **52**, 774-778.
- Raun W.R & Johnson G.V., 1999-** Improving Nitrogen Use Efficiency for Cereal Production; *Agronomy Journal*. Vol. 91 N°3 : 357-363.
- Raunkier C., 1934-** The life forms of plants and statistical Plants Geography. Clarendon, Press, Oxford. 623 p.
- Retta, A., Vanaderlip, R.L., Higgins, R.A., Moshier, L.J., Feyerherm, A.M., 1991-** Suitability of corn growth models for incorporation of weed and insect stresses. *Agron. J.* **83**, 757–765.
- Richie, S. W., Hanway J.J. & Benson G.O. 2005.-** How a Corn Plant Develops. Iowa State University Cooperative Extension Service. Ames. Special Report No. **48**. 21 p.
- Ritchie, S.W, Hanway J.J., & Benson G.O., 1993-** How a Corn Plant Develops, Iowa State Univ. Sp. Rpt. No. **48**. 16 p.
- Rivest R., 2006-** Analyse des résultats de réseau d'essais sur l'azote dans le cadre du programme PAGES : confirmation des besoins d'azote du maïs réalisés avec les équipements de formes sous divers précédents. 43p.
- Robelin M., 1963-** Contribution à l'étude du comportement du maïs grain vis-à-vis à la sécheresse. *IN «journée interne. Irrig. AGPM-Pan» AGPM, Paris.* 69-76.
- ROCAFREMI, 2002-** Sélection et Mise à Disposition des Paysans de Variétés et de Semences Appropriées. Des Résultats du Projet P1 : 1991-1996.
- Rouanet G., 1984-** Le maïs. Ed maisonneuve et larose. Paris. 142p.
- Rouanet G., 1997-** Le maïs. Le technicien de l'agriculture. Maisonneuve et Larouse éd. 142 p.
- Ruget F., 1990-** Origine des assimilats pour le remplissage des grains : importance des remobilisations 233-238. *IN : « Physiologie et production du maïs », INRA, Pau (France)* Paris, 501 p.

- Ruyet F. 2006-** La période critique de désherbage et l'effet des adventices sur la morphologie du maïs-grain (*Zea mays* L.) au Québec. Mémoire de maîtrise en biologie végétale pour l'obtention du grade de maître es sciences (M. Se.). Université Laval. 111 p.
- SAED 2009-** Fiche itinéraire technique du maïs fiche itinéraire. 2p.
- Samb P.I. &Chamel A., 1992–** Foliar absorption and translocation of <sup>14</sup>C-dicamba into host (pearl millet and cowpea) and parasite plants of the genus striga. *Weed research* **32**: 129-139;
- Sambou J. M., 2000-** Contribution à l'étude biosystématique de quatre espèces du genre *Eragrostis* Wolf au Sénégal. D.E.A de Biologie Végétale, UCAD, Dakar. 74 p.
- Sanchez, P.A., 1976-** Properties and Management of Soils in the Tropics. Wiley, New York Syst. **47**, 3–12.
- Sarr R.S., Mbaye M.S., Ba A.T., 2007-** La flore adventice des cultures d'oignon dans la zone péri-urbaine de Dakar (Niayes) Sénégal. *Webbia* **62** (2) : 205-216.
- Sattin, M., Zanin, G., Berti, A., 1992-** Case history for weed competition population ecology: Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) in corn (*Zea mays*). *Weed Technol.* **6**, 213–219.
- Saxena M.C, Subramaniyam K.K, Yadav D.S., 1976-** Chemical and mechanical control of weeds in gram. *Pantnagar Journal of Research* **1**: 112-116.
- Schmidt W., Dossekou M., Walker H., 1983-** Aspect de modification et de nuisibilité de la flore adventice dans les systems de production au Togo *In* «Compte rendu de la 2<sup>ème</sup> conférence bisannuelle SOAM/WASS ». Abidjian, Côte d'Ivoire. 1993 p.
- Sène M., 1999-** Analyse des systèmes de culture sur la variabilité des rendements du sorgho (*Sorghum bicolor* L.) et son effet allélopathique dans le Sine Saloum. Thèse de Doctorat INRA Paris Grignon. 186 p.
- Simard R.R., Ziadi N., Nolin M.C. et Tambouris A.N., 2001a-** The scientific world **1** (2): 135-141.
- Sine B., 2009-** Evaluation agro-morphologique d'un core collection de sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) et caractérisation racinaire de variétés contrastées pour la détermination de critères racinaire d'adaptation à la sécheresse. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle : FST/ UCAD. 155p.
- Soni P. & Ambasht RS., 1977-** Effect of crop-weed competition on the mineral structure of wheat crop. *Agro Ecosystems* **3**: 325-326.
- Soule B. G. & Gansari S., 2010-** La dynamique des échanges régionaux des céréales en Afrique de l'ouest. Rapport final. 111 p.
- Swinton, S.M., Buhler, D.D., Forcella, F., Gunsolus, J.L., King, R.P., 1994-** Estimation of crop yield loss due to interference by multiple weed species. *Weed Sci.* **42**, 103–109.
- Tépe I., Ernan M., Yergin R.,Bukun B., 2011-** Critical period of Weed control. In chickpea under non-irrigated condition. *Turk j Agric for*, **35** : 525-534.
- Terry J.P. 1981-** Weeds and their control in the Gambia. *Tropical Pest Management*, **27**, 44-52.

- Terry, P.J. 1983-** Some common crop weeds of West Africa and their control, Oxford, Agric. Res. C. / Weed Res. Org. 132 p.
- Traoré H. & Maillet J., 1992-** Flore adventice des cultures céréalières annuelles du Burkina Faso. *Weed Research*, Volume **32**, 279-293.
- Traoré H., 1991-** Influences des facteurs agro-écologiques sur la constitution des communautés adventices des principales cultures céréalières (Sorgho, Mil, maïs) du Burkina-Faso. Thèse de Doctorat, USTL, Montpellier II. 180 p.
- Traoré S., Bagayoko M., Coulibaly B. S., Coulibaly A., 2001-** Amélioration de la gestion de la fertilité des sols et celle des cultures dans les zones sahéliennes de l’Afrique de l’Ouest: une condition sine qua none pour l’augmentation de la productivité et de la durabilité des systèmes de culture a base de mil. 25p.
- Tremblay G. 2006a-** Azote et maïs-grains. Quelle est la dose optimale? Le coopérateur agricole, pp. 50-53.
- Trochain J., 1940-** Contribution à l’étude de la végétation du Sénégal. Mémoires de l’IFAN, **2** : 433 p.
- Trochain J.L., 1966-** Types biologiques chez les végétaux intertropicaux (Angiospermes). *Bull. Soc. Bot. de France* : 188-196.
- Trouche G., Da S. Pale G., Sohero A., Ouedraogo O., Den Gosso G., 2001-** Evaluation participative de nouvelles variétés de sorgho au Burkina. Sélection participative, Montpellier. pp 36-55.
- Valantin-Morison.M., Guichard L., Jeuffroy M.H., 2008-** Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l’itinéraire technique. *Innovations Agronomiques* **3** : 27-41.
- Valdez V. S., 1994-** Cultivo de Aji, Edition: Centro de Información de FDA. 17 p.
- Wade M., Dieye I. & Mbodji A.S., 1999-** Noms en langues national des principales plantes spontanées et subspontanées rencontrées dans le Bassin arachidier du Sénégal. MW/AD, République du Sénégal, Ministère de l’agriculture, ISRA. CNRA, 57 p.
- Warrington I.J., Kanemasu E.T., 1983-** Corn growth response to temperature and photoperiod. *Agron; J.* **75**, 755-761.
- Weaver S., 1984-** Critical period of weed competition in three vegetable crops in relation to management practices. *Weed Res.* **24**, 317-325
- Wilson, R.G., Westra, P., 1991-** Wild-proso millet (*Panicum miliaceum*) interference in corn (*Zea mays*). *Weed Sci.* **39**, 217–220.
- Zan C.E., 2009-** Le maïs dans les systèmes de culture irriguée dans la vallée du Sourou SOFITEX, Ouagadougou, Burkina Faso. 6 p.
- Ziadi N., 2007.-** Utilisation des engrais minéraux azotés en grandes cultures : description des différentes formes et leurs impacts en agroenvironnement. 29 p.

**Ziadi N., Bélanger G., Cambouris A.N., Tremblay N., Nolin M.C. & Claessens A., 2007-** Relationship between P and N concentrations in corn. *Agron. J.* Vol. **99**, 8 p.

**Ziadi N., Gagnon B., Rochette P., Angers & Chantigny M. 2006-** Nitrogen use efficiency and N<sub>2</sub>O emission reduction in corn receiving mineral fertilizers. *Rapport de projet*. 12 p.

**Zimdahl R.L., 1988-** The concept and application of the critical weed-free period. In: Altieri, M.A., Eibman F M.L., (Eds.), *Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches*. CRC, Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 145–155.





## Flore adventice du maïs (*Zea mays* L.) dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal) : structure et nuisibilité des espèces

Bassene C., Mbaye M.S., Kane A., Diangar S., Noba K.

Laboratoire de Botanique et Biodiversité, Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, B P 5005 Dakar-Fann, Sénégal.

Auteur correspondant : [cesar.bassene@yahoo.fr](mailto:cesar.bassene@yahoo.fr) ; [msmbaye@yahoo.fr](mailto:msmbaye@yahoo.fr)

Original submitted in on 25<sup>th</sup> September 2012. Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on 30<sup>th</sup> November 2012.

### RESUME

**Objectif :** Cette étude a été réalisée dans le sud du Bassin arachidier du Sénégal dans le but de caractériser la flore adventice du maïs. Elle se propose d'établir les spectres taxonomique, biologique et chorologique et d'apprécier la nuisibilité des espèces.

**Méthodologie et résultats :** Des relevés phytosociologiques ont été réalisés au cours des campagnes culturales 2009, 2010 et 2011 dans des champs de maïs de la station de l'Institut Sénégalaise de Recherche Agricole (ISRA) et en milieu paysan autour de Nioro du Rip. Ces travaux ont permis de répertorier 128 espèces réparties dans 65 genres et 25 familles. Ces dernières sont dominées par les *Poaceae* (20,31%), *Fabaceae* (17,19%), *Malvaceae* (9,38%), *Convolvulaceae* (8,59%) et les *Cyperaceae* (8,59 %). Les Dicotylédones sont dominantes avec 67,19% espèces. Sur le plan biologique, les thérophytes dominent nettement cette flore avec 89,06% suivies des hémicryptophytes (4,69%) et des géophytes (3,13%). Les espèces d'origine africaines (36,72%) sont dominantes suivies des espèces pantropicales (30,47%), des espèces australiennes (8,59%), des espèces afro-asiatiques (6,25%) et des espèces cosmopolites (6,25%). Cette étude révèle que 43 espèces peuvent être potentiellement nuisibles vis-à-vis du maïs avec 10 espèces considérées comme les plus nuisibles dans la zone.

**Conclusion et application :** Ce travail a permis de déterminer la structure de la flore adventice du maïs. En effet, les spectres taxonomiques, biologique et chorologique sont déterminés et les espèces potentiellement nuisibles sont connues. Ces informations sont utiles et importantes pour une maîtrise de la concurrence des adventices vis à vis du maïs à travers une lutte raisonnée. En effet, la connaissance des taxa (espèces, genres et familles) cibles, est primordiale pour l'élaboration de moyens de lutte performants.

**Mots clés :** Flore, adventices du maïs, Bassin arachidier, nuisibilité, Sénégal.

### ABSTRACT

**Objective:** This study was conducted in the South of "Bassin arachidier" of Senegal to characterize the weed flora of maize crop. It aims to establish the taxonomical, life form and chorological spectra and to appreciate the injurious effects of weed species.

**Methodology and results:** Phytosociological surveys were carried out in maize fields of the station of Senegalese Institute of Agricultural Research (ISRA) and of rural areas around Nioro du Rip (Senegal). This study showed that the weed flora of maize crop is composed by 128 species belonging to 65 genera and 25 families. The flora is dominated by *Poaceae* (20, 31%), *Fabaceae* (17, 19%), *Malvaceae* (9,38%),

Convolvulaceae (8,59%) and Cyperaceae (8,59%). Concerning life forms, most of the species are Therophytes representing 89,06% of the flora followed by Hemicryptophytes (4,69%) and Geophytes (3,13%). The flora is dominated by African (36,72%) and cosmopolitan (30,47%) species. This study showed that 43 species can be potentially harmful towards the corn with 10 species considered as the most harmful in the zone.

**Conclusion and application:** This work allowed pointing out the structure of the weed flora of maize crop. Indeed, taxonomical, life form and chorological spectra of the flora but also, the potentially injurious species are known. This information is useful and important for mastering weed competition against maize crop through a rational control. Indeed, knowing the target taxa (species, genera and families) is essential for the development of effective weed management strategies.

**Key words:** Flora, weed, maize, "Bassin arachidier", injurious, Senegal.

## INTRODUCTION

Le Sénégal est un pays sahélien où l'agriculture occupe près de 80% de la population et constitue l'une des principales activités de production. Cette agriculture Sénégalaise repose à la fois sur des cultures de rente (arachide, coton), sur des cultures vivrières de subsistance (mil, sorgho, maïs) et la culture du riz (ISRA, 2008). Les cultures céréalières occupent plus de 85% des surfaces cultivées avec trois spéculations majeures : mil, maïs et le sorgho qui sont pratiquées sur environ 78% des surfaces et fournissent près de 77% de la production céréalière pluviale (ANSD, 2010). La production du maïs prend de l'ampleur en rapport avec les multiples usages dont il est l'objet : consommation humaine, consommation animale et biocarburant et les incitations directes ou indirectes dont il a bénéficié (Soule & Gansar, 2010). Le maïs est devenu la deuxième céréale la plus produite dans le pays. Son niveau de production représente 22% de la production céréalière nationale (Ndiaye & Niang, 2010). Aujourd'hui, dans le Bassin arachidier la culture du maïs qui était une culture dite « de case » entre dans une polyculture où elle est combinée à d'autres cultures vivrières. Toutefois la zone connaît depuis plusieurs années

des fluctuations des rendements des céréales d'une année à l'autre (Noba 2002). Les causes de la baisse de la production céréalière sont multiples. En dehors des conditions climatiques sévères reconnues pour la zone, les pressions parasitaires et les pertes de produits dues à la concurrence des adventices sont importantes. Ces adventices des cultures sont responsables de 5% des pertes de récolte en zone tempérée et généralement de plus de 25% en zone tropicale (Le Bourgeois & Marnotte, 2002). Dans cette zone, des études ont été entreprises sur la flore adventice des cultures vivrières par Noba (2002) ; Noba et al., (2004) alors que la structure, la nuisibilité des espèces de la flore adventice du maïs n'ont jamais fait l'objet d'étude. C'est ainsi que la connaissance de la structure de la flore adventice et de son évolution avec les pratiques culturales est nécessaire pour la mise au point de stratégies efficaces de lutte. Le présent travail envisage d'étudier la flore adventice du maïs dans le sud du bassin arachidier et se propose d'analyser la composition de la flore adventice, d'établir le spectre biologique, d'indiquer la distribution géographique et d'apprécier la nuisibilité des espèces inventoriées.

## MATERIEL ET METHODES

**Analyse de la flore :** Les études ont été effectuées de 2009 à 2010 dans le Département de Nioro du Rip au sud du Bassin arachidier (14° 08 de latitude et 16° 04 de longitude ouest). Les études sur la flore ont consisté à faire des inventaires dans la station expérimentale de l'Institut Sénégalaise de Recherche

Agricole (I.S.R.A.) et en milieu paysan sur les exploitations paysannes sur un rayon d'environ de 25 km autour de Nioro du Rip. Cette zone est caractérisée par des sols à pH plutôt acide et comprise entre 5 et 5,2, sableux avec une faible capacité d'échange cationique (1,15 à 1,34) et pauvre en azote (0,14 à

0,21) et phosphore assimilable (20,6 à 27,5) (Noba, 2002). La liste de la flore a été établie à partir de 291 relevés dont 156 ont été réalisés dans le champ

d'expérimentation et les 135 dans les exploitations paysannes avec des pratiques culturales variées, dues aux moyens de chaque paysan.

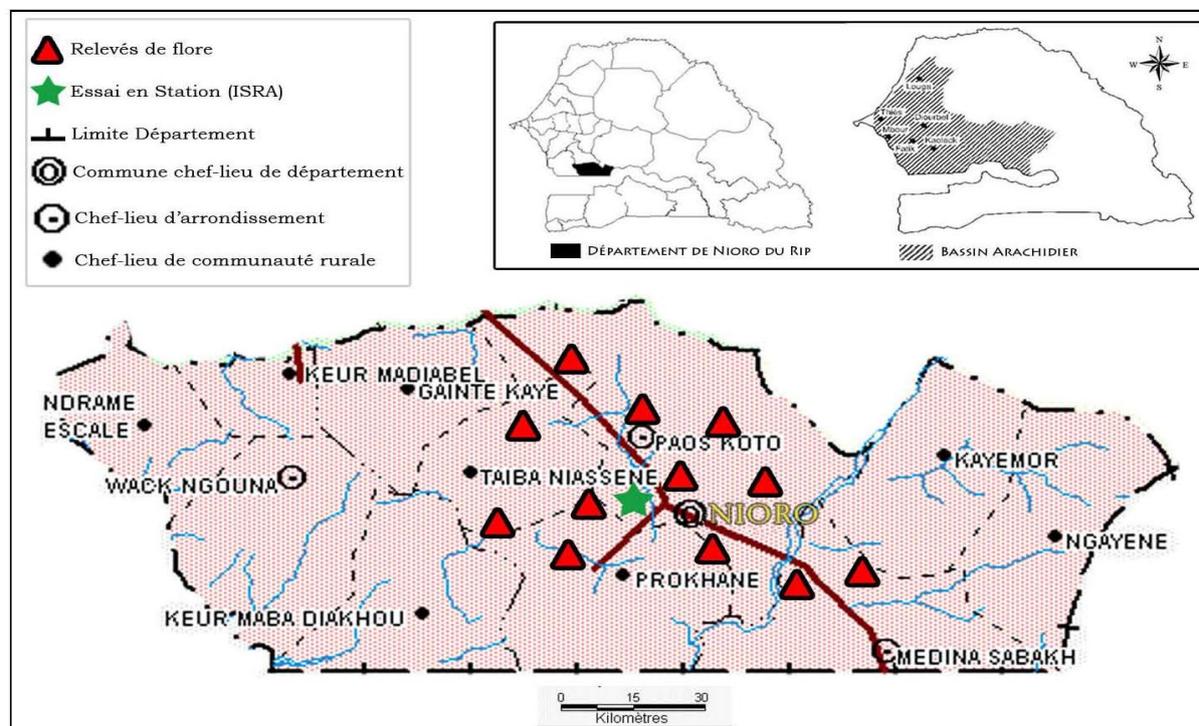


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (département de Nioro du Rip /Kaolack –Sénégal)

Les inventaires ont démarré 15 jours après le semis et se sont poursuivis tous les 15 jours jusqu'à la récolte. La technique du « tour de champs » a été choisie. Elle consiste à inventorier toutes les espèces dans une surface d'observation définie en fonction de l'hétérogénéité des milieux, en la parcourant dans différentes directions (Noba, 2002 ; Noba *et al.*, 2004). Le relevé floristique consiste à noter la présence de chaque espèce et son abondance dominance selon l'échelle de Braun-Branquet (1952).

- Les identifications des espèces ont été effectuées à l'aide :
- des Flores (Hutchinson *et al.*, 1954, 1958, 1968, 1972; Berhaut 1967, 1971, 1974, 1975, 1976, 1979 ; Merlier et Montegut, 1982; LE Bourgeois et Merlier, 1995);
- des travaux de Noba *et al.*, 2004 ; Sarr *et al.*, 2007 ;
- d'échantillons de l'herbier du Département de Biologie Végétale de la Faculté de Sciences et

Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

La nomenclature employée est celle de Lebrun (1973) et Lebrun & Stork (1991, 1992, 1995, 1997).

Les types biologiques ont été déterminés à partir de la classification de Raunkier (1934) adaptée à la zone tropicale (Trochain 1966); Lebrun, (1966). Pour la répartition géographique, les informations proviennent de la Flore de Hutchinson *et al.* (1954, 1958, 1968, 1972), des travaux de Traoré & Maillet (1992) et des travaux de Poilecot (1995, 1999). Cette classification distingue 6 formes biologiques : les phanéropytes (P), les chaméphytes (C), les hémicryptophytes (H), les géophytes (G), les Térophytes (T) et les plantes parasites (Par.).

**Etude de la nuisibilité :** Pour évaluer la nuisibilité exercée par les adventices sur le maïs, nous avons noté, pour chaque espèce, l'indice de l'abondance-dominance et la fréquence absolue.

Ces paramètres ont permis d'attribuer à chaque espèce un indice partiel de nuisibilité (I.P.N.) (Bouhache *et al.*, 1984). Dans cette étude, les espèces ayant une

fréquence relative inférieure 20% ne sont pas prises en compte.

= (somme des recouvrements moyens / F.A.) \*100  
F.A. = fréquence absolue (nombre de relevés où l'espèce est présente).

Indice partiel de nuisibilité (I.P.N.)

## RESULTATS

### Analyse de la flore

**Structure globale de la flore :** Le tableau 1 représente la liste globale des espèces rencontrées au cours de cette étude. Chaque espèce est définie par sa

présence, son type biologique et sa répartition géographique. Cette liste nous a permis d'établir la structure de la flore des adventices de culture du maïs au sud du Bassin arachidier (tableau 2).

**Tableau 1 :** Liste des espèces recensées avec des indications sur leur type biologique (T.B), leur répartition géographique (R.G)

Famille	Espec	T.B	R.G
<i>Acanthaceae (D)</i>	<i>Peristrophe bicalyculata</i> (Retz) Nees.	T	AS
<i>Aizoaceae (D)</i>	<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	T	Pt
<i>Amaranthaceae (D)</i>	<i>Achyranthes aspera</i> L.	T	Cosm
	<i>Alternanthera repens</i> (L.) Link	T	Amu
	<i>Amaranthus hybridus</i> subsp. <i>Cruentus</i> (L.) Thell.	T	Pt
	<i>Amaranthus viridis</i> L.	T	Pt
	<i>Celosia trigyna</i> L.	T	As
<i>Pandiaka involucrata</i> (Moq.) Hook.	T	Af	
<i>Apocynaceae-Asclepiadoideae (D)</i>	<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne.	T	Af
<i>Asteraceae (D)</i>	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	T	Pt
	<i>Blainvillea gayana</i> Cass.	T	Af
<i>Commelinaceae (M)</i>	<i>Commelina benghalensis</i> L.	T	As
	<i>Commelina forskoalii</i> Vahl.	T	Mas
	<i>Commelina gambiae</i> (C.B. Clarke)	T	Mas
<i>Convolvulaceae (D)</i>	<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk.	T	Mas
	<i>Ipomoea coptica</i> (L.) Roth.	T	Asu
	<i>Ipomoea eriocarpa</i> R. Br.	T	Masu
	<i>Ipomoea heterotricha</i> F. Didr	T	Asu
	<i>Ipomoea pes-tigridis</i> L.	T	Asu
	<i>Ipomoea vagans</i> Bak.	T	Af
	<i>Jacquemonthia tamnifolia</i> (L.) Griseb.	T	Am
	<i>Merremia aegyptiaca</i> (L.) Urban.	T	Af
	<i>Merremia kentrocaulos</i> (C.B.Cl.) Rendle.	T	Af
	<i>Merremia pinnata</i> (Hochst.) Hallier.	T	Af
<i>Merremia tridentata</i> (L.) Hall.	T	Af	
<i>Cucurbitaceae (D)</i>	<i>Citrilus lanatus</i> (Thunb.) Matsumara	T	Cosm
	<i>Ctenolepis cerasiformis</i> (Stocks) Naud.	T	As
	<i>Cucumis melo</i> L.	T	As
	<i>Mukina maderaspatana</i> (L.) Roem.	T	Asu
<i>Cyperaceae (M)</i>	<i>Cyperus amabilis</i> Vahl.	T	Pt
	<i>Cyperus cuspidatus</i> Kunth.	H	Pt
	<i>Cyperus esculentus</i> L.	G	Cosm
	<i>Cyperus iria</i> L.	T	Pt
	<i>Cyperus pustulatus</i> Vahl.	T	Af
	<i>Cyperus sphacelatus</i> Rottb.	T	Pt
	<i>Fimbristylis exilis</i> (Kunth) Roem.&Schult.	T	Pt

		<i>Fimbristylis hispidula</i> (Vahl) Kunth	T	Af
		<i>Kyllinga pumilla</i> Mich.	H	Af
		<i>Kyllinga squamulata</i> Thon. et Vahl.	T	AmAs
		<i>Mariscus squarrosus</i> (L.) C.B. Clarke	T	Pt
	<i>Dioscoreaceae - Taccoideae (M)</i>	<i>Tacca involucreta</i> Schum. & Thonn.	G	Af
	<i>Euphorbiaceae (D)</i>	<i>Chrozophora senegalensis</i> (Lam.) A. Juss.	T	Af
		<i>Euphorbia hirta</i> L.	T	Pt
<i>Fabaceae (D)</i>	<i>Caesalpinioideae</i>	<i>Cassia absus</i> L.	T	Af
		<i>Cassia obtusifolia</i> L.	T	Pt
		<i>Cassia occidentalis</i> L.	T	Pt
	<i>Faboideae</i>	<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schumach.) Léonard	T	Pt
		<i>Crotalaria glaucoides</i> Bak.	T	Af
		<i>Crotalaria goreensis</i> Guill. et Perr.	T	Af
		<i>Crotalaria perrottetii</i> Guill. et Perr.	T	Af
		<i>Crotalaria retusa</i> L.	T	Pt
		<i>Indigofera astragalina</i> DC.	T	Af
		<i>Indigofera dendroides</i> Jacq.	T	Af
		<i>Indigofera hirsuta</i> L.	T	Amu
		<i>Indigofera pilosa</i> Poir.	T	Af
		<i>Indigofera priureana</i> G. et Perr.	T	Af
		<i>Indigofera senegalensis</i> Lam.	T	Af
		<i>Indigofera stenophylla</i> G. et Perr.	T	Af
		<i>Indigofera tinctoria</i> L.	T	Asu
		<i>Sesbania pachycarpa</i> DC.	P	Asu
		<i>Stylosanthes fruticosa</i> (Retz.) Alton	T	Af
		<i>Tephrosia bracteolata</i> Guill. et Perr.	T	Af
		<i>Tephrosia linearis</i> (Willd) Pers	T	Af
	<i>Tephrosia pedicellata</i> Back.	T	Af	
		<i>Zornia glauchildiata</i> Reichb. ex DC	T	Pt
	<i>Icacinaceae (D)</i>	<i>Icacina senegalensis</i> A. Juss	G	Af
	<i>Lamiaceae (D)</i>	<i>Hyptis spicigera</i> Lam.	T	AmAs
		<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.	T	AmAs
		<i>Leucas martinicensis</i> (Jacq.) R. Br.	T	Pt
		<i>Ocimum canum</i> Sims.	T	Amu
	<i>Liliaceae (M)</i>	<i>Scilla sudanica</i> A. Chev.	G	Af
<i>Malvaceae (D)</i>	<i>Malvoideae</i>	<i>Hibiscus asper</i> Hook. F.	T	Af
		<i>Hibiscus diversifolius</i> Jacq.	T	Af
		<i>Hibiscus physaloides</i> G. et Perr.	T	Af
		<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	T	Af
		<i>Sida alba</i> L.	T	Pt
		<i>Sida rhombifolia</i> L.	T	Pt
		<i>Sida stipulata</i> Cav.	T	Pt
		<i>Sida urens</i> L.	T	Pt
	<i>Sterculioideae</i>	<i>Walteria indica</i> L.	C	Pt
	<i>Tilioideae</i>	<i>Corchorus tridens</i> L.	T	Asu
	<i>Triumfetta pentandra</i> A. Rich.	T	Pt	
	<i>Corchorus olitorus</i> L.	T	Pt	
<i>Nyctaginaceae (D)</i>	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	T	Pt	
	<i>Boerhavia erecta</i> L.	T	Pt	
<i>Pedaliaceae (D)</i>	<i>Ceratotheca sesamoides</i> Endl.	T	Af	

	<i>Sesamum indicum</i> L.	T	Af
	<i>Sesamum radiatum</i> Schum. Et Thonn.	T	Af
Poaceae (M)	<i>Andropogon gayanus</i> Kunth.	H	Af
	<i>Brachiaria deflexa</i> (Schumach.) Hubb.	T	Mas
	<i>Brachiaria lata</i> (Schumach.) Hubb.	T	Pt
	<i>Brachiaria ramosa</i> (L.) Stapf	T	Asu
	<i>Brachiaria stigmatifera</i> Stapf.	T	Af
	<i>Brachiaria villosa</i> (Lam.) A. Camus	T	Pt
	<i>Brachiaria xantholeuca</i> (Hack) Stapf	T	Pt
	<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	T	As
	<i>Chloris pilosa</i> Schum. Et Thonn	T	As
	<i>Cynodon dactylon</i> Pers.	H	Cosm
	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> Beauv.	T	Pt
	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	T	Pt
	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	T	Pt
	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	T	Pt
	<i>Eragrostis cilianensis</i> Lutati.	T	Pt
	<i>Eragrostis ciliaris var. ciliaris</i> (L.) R. Br.	T	Pt
	<i>Eragrostis pilosa</i> (L.) P. Beauv.	T	Cosm
	<i>Eragrostis tenella</i> Roem. et Sch.	T	Af
	<i>Eragrostis tremula</i> Steud.	T	As
	<i>Eragrostis turgida</i> De Wild.	T	Asu
	<i>Hackelochloa granularis</i> O. Kze	T	Pt
<i>Panicum laetum</i> Kunth.	T	Af	
<i>Paspalum scrobiculatum</i> L.	H	Mas	
<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.	T	Asu	
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult.	T	Asu	
<i>Sporobolus microprotus</i> Stapf	T	Af	
Portulacaceae (D)	<i>Portulaca oleracea</i> L.	T	Cosm
Rubiaceae (D)	<i>Kohautia senegalensis</i> Cham. & Sch.	T	Af
	<i>Mitracarpus villosus</i> (Sw.) DC.	T	AmAs
	<i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	T	Pt
	<i>Spermacoce chaetocephala</i> DC.	T	Af
	<i>Spermacoce radiata</i> (DC.) Sieb. Ex Hiern.	T	Af
	<i>Spermacoce ruellie</i> DC.	T	Af
<i>Spermacoce stachydea</i> (DC.) Hutch. Et Dalz.	T	Af	
Scrophulariaceae (D)	<i>Striga gesnerioides</i> (Willd) Vatke.	Par	Pt
	<i>Striga hermonthica</i> (Del.) Benth.	Par	Mas
Solanaceae (D)	<i>Physalis angulata</i> L.	T	Cosm
	<i>Physalis micrantha</i> Link.	T	Pt
Vitaceae (D)	<i>Ampelocissus pentaphylla</i> (Guill. & Perr.).	H	Af
Zygophyllaceae (D)	<i>Tribulus terrestris</i> L.	T	Cosm

D = Dicotylédones ; M = Monocotylédones

Tableau 2 : Structure de la flore des adventices de culture de maïs

Classe	Familles		Genres		Espèces	
	N	%	N	%	N	%
Dicotylédones	20	80	49	75,38	86	67,19
Monocotylédones	5	20	16	24,62	42	32,81
TOTAL	25	100	65	100,00	128	100,00

La flore adventice du maïs au sud du Bassin arachidier est représentée par un seul sous embranchement, celui des Spermaphytes, et un seul sous embranchement, celui des Angiospermes (tableau 1). Cette flore est riche de 128 espèces appartenant à 65 genres et 25

familles. Les Dicotylédones sont dominantes avec 67,19% espèces (tableau 2).

**Spectre taxonomique :** Le tableau 3 donne des indications sur l'importance relative des différentes familles répertoriées dans la zone d'étude (tableau 3).

Tableau 3 : Importance des familles dans la flore adventice du maïs au sud du bassin arachidier

Familles	Nombre d'espèces	%
<i>Poaceae (M)</i>	26	20,31
<i>Fabaceae (D)</i>	22	17,19
<i>Malvaceae (D)</i>	12	9,38
<i>Convolvulaceae (D)</i>	11	8,59
<i>Cyperaceae (M)</i>	11	8,59
<i>Rubiaceae (D)</i>	7	5,47
<i>Amaranthaceae (D)</i>	6	4,69
<i>Cucurbitaceae (D)</i>	4	3,13
<i>Lamiaceae (D)</i>	4	3,13
<i>Commelinaceae (M)</i>	3	2,34
<i>Pedaliaceae (D)</i>	3	2,34
<i>Asteraceae (D)</i>	2	1,56
<i>Euphorbiaceae (D)</i>	2	1,56
<i>Nyctaginaceae (D)</i>	2	1,56
<i>Scrophulariaceae (D)</i>	2	1,56
<i>Solanaceae (D)</i>	2	1,56
<i>Acanthaceae (D)</i>	1	0,78
<i>Aizoaceae (D)</i>	1	0,78
<i>Apocynaceae (D)</i>	1	0,78
<i>Dioscoreaceae (M)</i>	1	0,78
<i>Icacinaceae (D)</i>	1	0,78
<i>Liliaceae (M)</i>	1	0,78
<i>Portulacaceae (D)</i>	1	0,78
<i>Vitaceae (D)</i>	1	0,78
<i>Zygophyllaceae (D)</i>	1	0,78
TOTAL	128	100,00

Sur les 25 familles rencontrées (tableau 3), 5 familles sont nettement dominantes et totalisent 64,06% des espèces de la flore. Ces familles sont : les *Poaceae*, les *Fabaceae*, les *Malvaceae*, les *Convolvulaceae* et les *Cyperaceae*. Elles sont représentées chacune de 11 à 26 espèces. Les autres familles contribuent pour 35,94% de la flore. Parmi elles, 9 ne sont représentées que par une seule espèce : les *Acanthaceae*, les

*Aizoaceae*, les *Apocynaceae-Aclepiadoideae*, les *Dioscoreaceae-Taccoideae*, les *Icacinaceae*, les *Liliaceae*, les *Portulacaceae*, les *Vitaceae* et les *Zygophyllaceae*.

**Spectre biologique :** Les proportions des types biologiques des espèces recensées sont illustrées dans la figure 2.

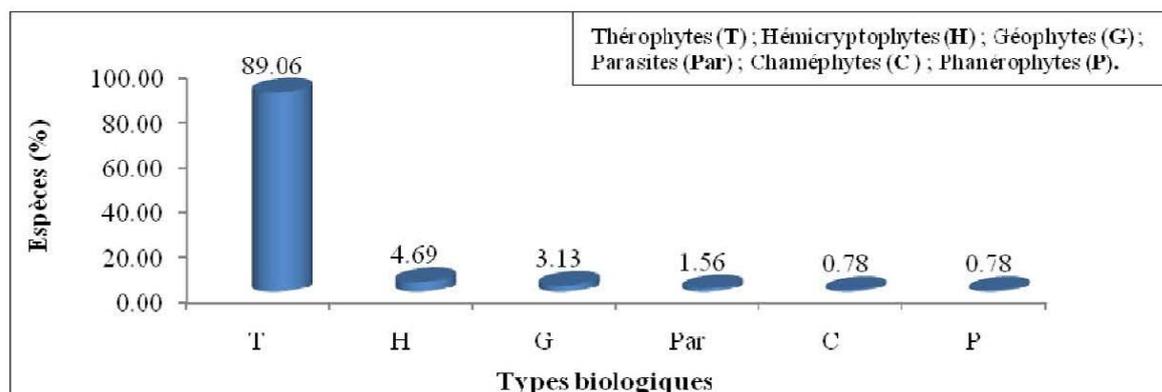


Figure 2 : Types biologiques des espèces répertoriées

Dans cette flore, tous les types biologiques y sont présentes (Chaméphytes, Géophytes, Hémicryptophytes, Parasites, Phanérophytes et Thérophytes) figure 1. Toutefois, elle est nettement

dominée par les thérophytes avec 89,06%, les autres types y étant faiblement représentés.

**Spectre chorologique :** Les proportions des répartitions géographiques des espèces recensées sont représentées dans la figure

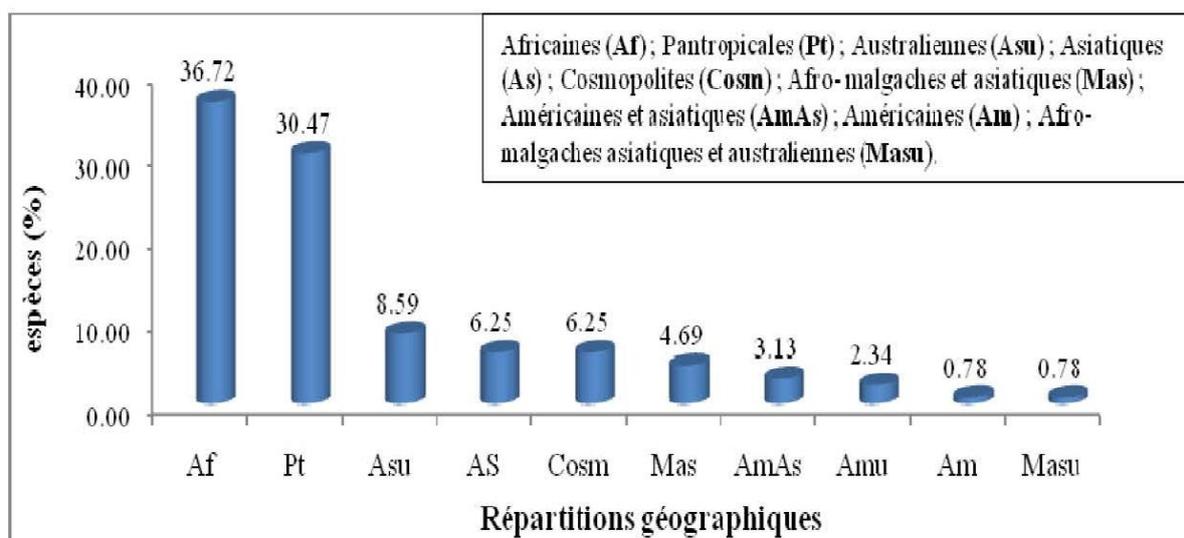


Figure 3 : Répartition géographique des espèces recensées

L'essentiel de cette flore (67,19%) est constitué d'espèces d'origines africaines (36,72%) et pantropicales (30,47%). Les espèces australiennes, afro-asiatiques, cosmopolites, afro-malgaches et asiatiques, américaines et asiatiques, afro-américaines et australiennes, américaines et afro-malgaches

asiatiques et australiennes, sont très peu représentées dans cette flore.

**Nuisibilité des adventices :** Le tableau 4 présente les résultats obtenus de l'étude de la nuisibilité des différentes espèces de la flore adventice du maïs et la figure 4, les proportions des groupes d'adventices selon leur I.P.N.

**Tableau 4 :** Indice Partiel de Nuisibilité (I.P.N.), les fréquences absolues (Fa) et relative (Fr) des espèces adventices dominantes.

ESPECES	Fa	I.P.N	Fr
<i>Acanthospermum hispidium</i>	43	1050	54,4
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	18	650	22,8
<i>Andropogon gayanus</i>	25	366	31,6
<i>Brachiaria villosa</i>	38	439,5	48,1
<i>Cassia obtusifolia</i>	74	766,2	93,7
<i>Celosia trigyna</i>	20	620,0	25,3
<i>Cenchrus biflorus</i>	47	320,2	59,5
<i>Chlorus pilosa</i>	30	290,0	38,0
<i>Citrillus lanatus</i>	36	575,0	45,6
<i>Commelina benghalensis</i>	70	828,6	88,6
<i>Commelina forskalii</i>	73	784,2	92,4
<i>Commelina gambiae</i>	73	991,8	92,4
<i>Corchorus tridens</i>	73	623,3	92,4
<i>Crotalaria goreensis</i>	29	205,2	36,7
<i>Cucumis melo</i>	51	230,4	64,6
<i>Cyperus amabilis</i>	75	1196,0	94,9
<i>Cyperus cuspidatus</i>	73	1159,3	92,4
<i>Cyperus esculentus</i>	17	108,8	21,5
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	79	2095,6	100,0
<i>Digitaria ciliaris</i>	79	2228,5	100,0
<i>Eragrostis ciliaris var. ciliaris</i>	35	235,7	44,3
<i>Eragrostis tremula</i>	67	823,1	84,8
<i>Euleusine indica</i>	36	338,9	45,6
<i>Fimbristylis exilis</i>	22	50,0	27,8
<i>Fimbristylis hispidula</i>	48	162,5	60,8
<i>Hibiscus asper</i>	79	1091,8	100,0
<i>Icacina senegalensis</i>	28	332,1	35,4
<i>Indigofera astragalina</i>	25	962,0	31,6
<i>Indigofera hirsuta</i>	18	444,4	22,8
<i>Ipomoea eriocarpa</i>	70	834,3	88,6
<i>Ipomoea heterotricha</i>	40	175,0	50,6
<i>Ipomoea vagans</i>	28	253,6	35,4
<i>Kyllinga squamulata</i>	79	2310,8	100,0
<i>Mariscus squarrosus</i>	75	1414,0	94,9
<i>Merremia pinnata</i>	30	606,7	38,0
<i>Mitracarpus villosus</i>	79	2644,3	100,0
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	69	635,5	87,3
<i>Physalis micrantha</i>	33	162,1	41,8
<i>Scilla sudanica</i>	22	50,0	27,8
<i>Sesbania pachycarpa</i>	45	623,3	57,0
<i>Sida rhombifolia</i>	76	734,2	96,2
<i>Spermacoce chaetocephalla</i>	73	1047,3	92,4
<i>Striga hermonthica</i>	23	1667,4	29,1

Le classement des adventices selon leur indice de nuisibilité et leur fréquence relative (Tableau 4) a révélé l'existence de 43 espèces potentiellement nuisibles vis-à-vis du maïs dans la zone. Ces espèces se

répartissent en 3 groupes : un groupe d'espèces à I.P.N. supérieur 1000, un groupe d'espèces à I.P.N. compris entre 500 et 1000 et un groupe d'espèces à I.P.N. inférieur ou égal 500 (Fig 4).

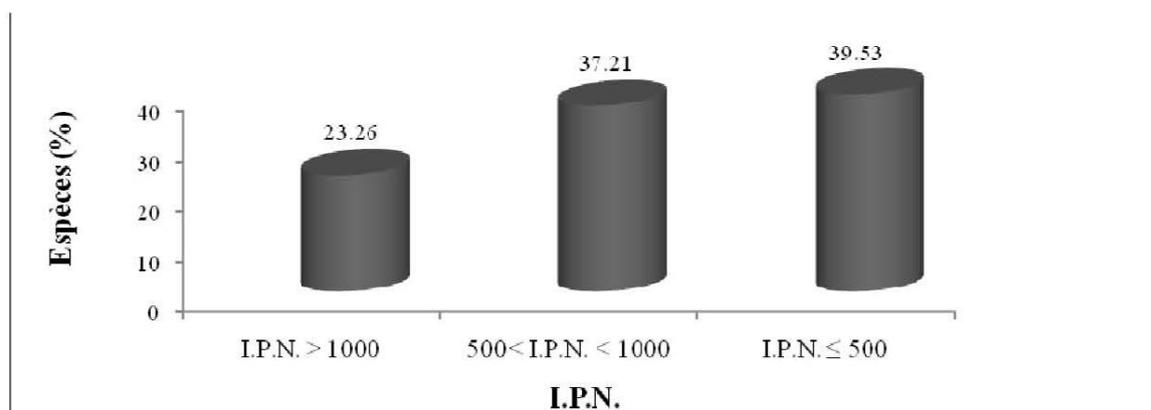


Figure 4 : Les proportions des groupes d'adventices selon leur I.P.N

Il ressort de l'analyse de la figure 4 que les adventices à I.P.N. inférieur à 1000 représentent 76,74% soit 33 espèces contre 23,26% pour les adventices à I.P.N. supérieur à 1000 au nombre de 10 espèces. Ces 10 espèces regroupent des adventices à I.P.N. supérieur à 1000, qui peuvent être considérées comme les espèces les plus nuisibles et appartiennent à 6 familles : les *Cyperaceae* (3 espèces), les *Poaceae* (2 espèces), les *Rubiaceae* (2 espèces), les *Scrophulariaceae* (1 espèce), les *Malvaceae* (1 espèce) et les *Acanthaceae* (1 espèce). Parmi ces espèces seules 4 ont un I.P.N. supérieur à 2000 avec une même fréquence relative de 100%. Ces espèces sont par ordre d'importance *Mitracarpus villosus* (2644,3), *Kyllinga squamulata* (2310,8), *Digitaria ciliaris* (2228,5) et *Dactyloctenium aegyptium* (2095,6). *Striga hermonthica* qui a une fréquence relative de 29,11%

#### DISCUSSION

Comparée à la flore des adventices des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier (Noba et al., 2004), la flore adventice du maïs présente une diversité spécifique quasi similaire avec respectivement 128 espèces contre 125. Toutefois, dans la culture de maïs, les genres sont moins diversifiés avec 65 genres contre 81 pour la flore adventice globale du sud du bassin arachidier. En ce qui concerne le nombre de famille également, la flore du maïs est moins diversifiée avec 25 familles contre 31 pour l'ensemble du sud du bassin arachidier (Noba et al., 2004). Les familles répertoriées uniquement dans la flore adventice du maïs sont les *Aizoaceae* (1 espèces) et les *Portulacaceae* (1espèces) alors que certaines familles absentes de cette flore sont rencontrées dans la flore globale des adventices au sud du Bassin les familles ; ce sont les

occupe la cinquième position avec un IPN d'environ 1667 (tableau IV). Dans le groupe des adventices à I.P.N. inférieur ou égal à 500, considérées comme étant les moins nuisibles, 7 familles sont répertoriées : les *Poaceae* avec 7 espèces, les *Convolvulaceae* (3 espèces), les *Cyperaceae* et les *Fabaceae* avec pour chacune 2 espèces et enfin les *Icacinaceae*, les *Solanaceae* et les *Liliaceae* avec une espèce pour chacune d'elles. Les adventices à I.P.N. compris entre 500 et 1000 constituent le groupe intermédiaire. Il est composé de 8 familles notamment les *Fabaceae* (4 espèces) les *Commelinaceae* (3 espèces), les *Poaceae* (2 espèces), les *Malvaceae* (2 espèces), les *Convolvulaceae* (2 espèces) les *Amaranthaceae* (1 espèce), les *Cucurbitaceae* (1 espèce), et les *Cyperaceae* (1 espèce).

*Combretaceae* (3 espèces), les *Mimosaceae* (3 espèces), les *Araceae* (1espèce), les *Caryophyllaceae* (1 espèce) et les *Verbenaceae* (1 espèces). Pour les familles présentes dans les deux flores, 35 espèces sont recensées uniquement dans la flore adventice du maïs contre 24 espèces recensées seulement dans la flore globale des adventices. Vingt trois familles renferment 88 espèces communes aux deux flores avec 6 familles dominantes : les *Poaceae* (18 espèces), les *Fabaceae* (12 espèces), les *Malvaceae* (10 espèces), les *Convolvulaceae* (7 espèces), les *Cyperaceae* (6 espèces) et les *Rubiaceae* (6 espèces). La différence entre les nombres de familles s'expliquerait d'une part par l'utilisation de la classification APGIII qui déverse les *Tiliaceae* et les *Sterculiaceae* dans la famille des *Malvaceae* et les

*Fabaceae*, les *Mimosaceae* et les *Caesalpiniaceae* dans la famille des *Fabaceae* et d'autre part par la présence dans la flore adventice globale du sud du bassin arachidier (Noba et al., 2004) de familles constituées de phanérophtes (*Combretaceae* et *Caryophyllaceae*) qui n'ont pas été pris en compte dans cette présente étude. L'absence de ces familles dans la présente étude entraîne ainsi, une réduction du nombre de genres.

Cette présente étude, comparée à la flore vasculaire du Sénégal (Bâ et Noba, 2001) et à celle des adventices des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier (Noba et al., 2004), montre des proportions comparables entre les dicotylédones et les monocotylédones. En effet, les dicotylédones y représentent 67,19%, contre 69,5% et 68,8% respectivement pour la flore vasculaire et la flore adventice de cultures vivrières alors que les monocotylédones y sont représentées à 32,81% contre 28,8% et 31,2% respectivement. La flore adventice du maïs est dominée par 5 grandes familles qui représentent 64,06%. Ces familles sont les *Poaceae* (20,31%), les *Fabaceae* ou Légumineuses (17,19%), les *Malvaceae* (9,38%), les *Convolvulaceae* (8,59%) et les *Cyperaceae* (8,59%). Ces 5 grandes familles sont également dominantes dans la flore adventice des cultures vivrières du Bassin arachidier (Noba et al., 2004) avec toutefois des proportions différentes. En fait, dans la flore adventice du maïs, la famille des *Malvaceae* vient à la troisième position après celle des *Fabaceae* parce que les *Tiliaceae* et les *Sterculiaceae* sont déversées dans la famille des *Malvaceae* selon la classification APGIII.

La ressemblance de la structure de la flore adventice du maïs à celle de la flore adventice des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier (Noba et al., 2004) pourrait être expliquée par le fait que ces deux études ont été réalisées dans la même zone et que la flore ne dépendrait pas exclusivement de la culture pratiquée mais des conditions plus générales de l'agrosystème.

Il ressort de l'étude du spectre biologique que la majorité des espèces sont annuelles. Ces espèces thérophytes ont un cycle de vie très court, parfois de quelques semaines, comme chez les espèces du genre *Boerhavia* (Noba et al., 2007), *Amaranthus* (Sarr et al., 2007), *Eragrostis* (Sambou, 2000) et *Corchorus* (Mbaye et al., 2001). Elles sont adaptées aux variations de conditions climatiques et aux perturbations culturales (Grime, 1974 ; Noba et al., 2004). En culture annuelle, les travaux agricoles réalisés manuellement ou à

l'attelé, laissent peu de chance au développement des espèces vivaces et favorisent les espèces annuelles (Maillet, 1981 ; Traoré, 1991). Ces espèces thérophytes constituent 89,06% de la flore adventice de maïs au sud du Bassin arachidier et ont pratiquement la même représentativité dans la flore adventice des cultures vivrières dans la même zone (Noba et al., 2004) avec 85,6% des espèces. La présence des espèces appartenant aux géophytes et aux parasites est à signaler. Ces géophytes ont des modes de reproduction végétative sous forme de tubercule (*Ipomoea senegalensis*) ou de bulbe (*Scilla sudanica*) qui leur permet de se maintenir dans les champs même après les opérations culturales. Les espèces parasites comme *Striga gesneroides* et *S. hermonthea*, constituent une contrainte majeure à l'agriculture dans les pays de la zone semi-aride. Elles produisent de nombreuses graines qui restent viables très longtemps dans le sol (Dembélé, 1988) ce qui explique leur présence dans la flore de cette zone.

Au plan de la répartition géographique, les espèces africaines et pantropicales constituent plus de la moitié de la flore. Les espèces d'origine africaines sont plus nombreuses et représentent plus du quart (36,72%). Cette proportion est comparable à celle de la flore adventice des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier 32,00% (Noba et al., 1988). La dominance de ces espèces africaines pourrait s'expliquer par la position continentale et probablement par l'adaptation de ces espèces aux conditions bioclimatiques de la zone. L'importance des espèces pantropicales semble être liée à la position géographique du Sénégal qui est occidentale et océanique (Noba et al., 2004). Les espèces australiennes, afro-asiatiques, cosmopolites, afro-malgaches et asiatiques sont à signaler compte tenu de leurs proportions. Ces proportions pourraient s'expliquer du fait que, le biotope culturel est un milieu très ouvert, régulièrement perturbé, accueillant de nombreuses espèces introduites accidentellement lors des introductions de nouvelles cultures comme ou de variétés améliorées (Baker, 1986). Selon Noba et al., (2004), les autres espèces à faibles proportions ont dû être éliminées progressivement d'une part par les techniques culturales et les désherbages et d'autre part à cause de leur inadaptation aux conditions de la zone. Le classement des adventices selon leur indice partiel de nuisibilité a montré l'existence de 43 espèces pouvant être plus nuisibles et agressives vis-à-vis du maïs avec 10 adventices à I.P.N. supérieur à 1000, 16 adventices à I.P.N. compris entre 500 et 17 adventices à I.P.N. inférieur ou égal à 500. Dans les 43 espèces

nuisibles, les 10 espèces principales (*Mitracarpus villosus*, *Kyllinga squamulata*, *Digitaria ciliaris*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Striga hermonthica*, *Hibiscus asper*, *Mariscus squarrosus*, *Cyperus amabilis*, *Cyperus cuspidatus*, *Spermacoce chaetocephalla*) signalées par Noba (2002) sont retrouvées. Ces espèces sont majoritairement représentées par des thérophytes, caractérisées par leur grande production de semences. Les espèces à I.P.N. supérieur à 1000 sont généralement celles qui provoquent les infestations les plus importantes et seraient les plus redoutables. Parmi ces espèces 4 espèces sont plus importantes *Mitracarpus villosus*, *Kyllinga squamulata*, *Digitaria ciliaris* et *Dactyloctenium aegyptium*. L'importance de *Mitracarpus villosus* et *Kyllinga squamulata* pourrait s'expliquer par leur chronologie de levée présentant 2 pics de germination, un précoce et un tardif (Noba, 2002). En plus, nos observations montrent que, *Kyllinga squamulata* est difficile à éliminer puisque lorsque ses racines sont couvertes de sol, elle reprend son développement. *Digitaria ciliaris* présente un comportement de levée très irrégulier selon les situations tandis que *Dactyloctenium aegyptium* présente une levée précoce (Noba, 2002). En plus de ces 4 espèces, il est important de signaler la *Spermacoce chaetocephalla* qui est retrouvée au stade plantule durant toute la saison. Sa présence à ce stade suggérerait sa facilité de germination qui pourrait être due à une absence d'inhibition tégumentaire qui favoriserait sa levée

## CONCLUSION

Cette étude a permis de recenser 128 espèces appartenant à 65 genres réparties dans 25 familles. Cette flore est caractérisée par la prédominance des *Poaceae* (20,31%), des *Fabaceae* (17,19%), des *Malvaceae* (9,38%), des *Convolvulaceae* (8,59%) et des *Cyperaceae* (8,59). Sur le plan biologique, les thérophytes dominent nettement la flore adventice du maïs avec 89,06%. Toutefois, les hémicryptophytes et les géophytes sont présentes dans les cultures du maïs même si elles sont faiblement représentées avec respectivement 4,69% et 3,13%. Sur le plan chorologique, cette flore est dominée par les espèces

échelonnée conduisant son infestation des champs. La dominance de ces espèces est certainement liée aux conditions climatiques, à la pratique culturale et/ou à l'élargissement des zones de prospectées. L'espèce *Striga hermonthica* demeure une préoccupation majeure des paysans dans cette zone. Son infestation rapide s'explique par sa production de nombreuses graines qui restent viables très longtemps dans le sol (Dembélé, 1988). Pour les espèces à I.P.N. compris entre 500 et 1000, 8 familles sont représentées parmi lesquelles, les *Fabaceae* (4 espèces) et les *Commelinaceae* (3 espèces) sont les plus importantes. Dans ce groupe, quelques espèces peuvent être considérées comme difficile à éliminer telles que *Brachiaria lata*, *Commelina benghalensis*, *C. forskoalii*, *C. gambiae*, *Eragrostis tremula*, *Sida alba*, (Traoré et Maillet, 1992). Le genre *Commelina* est très difficile à éliminer dans les champs car lors du sarclage, lorsqu'un fragment de la tige est laissé au sol, il émet des racines et continue son développement. Les espèces à I.P.N. inférieur ou égal 500, sont regroupées dans 7 familles parmi lesquelles, les *Poaceae* avec 7 espèces et les *Convolvulaceae* avec 3 espèces sont les plus dominantes. Ce groupe renferme des familles qui ne sont pas bien représentées mais qui ont des espèces difficiles à éliminer à savoir les plantes à bulbes (*Icacina senegalensis*, *Scilla sudanica*), les *Cyperaceae* et certaines géophytes comme *Tacca involucrata*.

africaines (36,72%) et pantropicales (30,47%). Cependant, les espèces australiennes (8,59%), afro-asiatiques (6,25%) et cosmopolites (6,25%) y sont représentées. Les estimations de la nuisibilité ont permis de répertoriées 43 espèces potentiellement nuisibles vis-à-vis du maïs dans la zone avec 10 espèces considérées comme pouvant être les plus nuisibles ; il s'agit de *Mitracarpus villosus*, *Kyllinga squamulata*, *Digitaria ciliaris*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Striga hermonthica*, *Hibiscus asper*, *Mariscus squarrosus*, *Cyperus amabilis*, *Cyperus cuspidatus*, *Spermacoce chaetocephalla*.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'ISRA, qui à travers l'assistance financière et l'octroi d'une parcelle d'expérimentation dans leur station expérimentale de Nioro du Rip, a facilité la réalisation de ce travail.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD), 2010. Situation économique et sociale du Sénégal en 2009. Ministère de l'économie et des finances. 298 p
- Institut Sénégalaise de Recherche Agricole (ISRA), 2008. État des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde : Contribution du Sénégal au second rapport. 57 p
- Ba AT & Noba K, 2001. Science et changements planétaires/sécheresse. 12 (3), 149-55.
- Baker H.G, 1986. Patterns of plant invasion in North-america. In. Ecology of Biological Invasions of North America and Hawai (éds H.A. Mooney & J.A. Drake). 44-57.
- Berhaut J, 1967. Flore du Sénégal. 2ème Ed. Dakar, Clairafrique. 485 pp.
- Berhaut J, 1971, 1975, 1979 et 1979. Flore illustrée du Sénégal. Tome I, II, III, IV, V et VI. Gouvernement du Sénégal, Dakar.
- Bouhache M. & Boulet C, 1984. Étude floristique des adventices de la tomate dans le Sous. Hommes Terre Eaux. 14 (57), 37-49.
- Braun-Blanquet J, 1952. Phytosociologie appliquée. SIGMA 116: 157-161.
- Dembele B, 1988. Aspects biologique et agronomique de deux *Scrophulariaceae* parasites Tropicales : *Striga hermonthica* (Del) Benth. et *Striga gesneroides* (Will) Varke. Thèse Docteur Ingénieur. Option: protection des végétaux, ENSA-Montpellier. 100 p.
- Grime J.P, 1974. Vegetation classification by reference to strategies. Nature. 250: 26-31.
- Hutchinson J., Daziel J. M., & Hepper F.N, 1968, 1972. Flora of West Tropical Africa 2nd Ed. Revised by F.N. Hepper. C.A.O.G.A. The whitefriars Press L.T.D. London and Trombrige.
- Hutchinson J., Daziel J. M., & Keay R.W.J. 1954, 1958. Flora of West Tropical Africa 2nd Ed. Revised by R.W.J. Keay. C.A.O.G.A. The whitefriars Press L.T.D. London and Trombrige.
- Le Bourgeois T. & Merlier H, 1995. Adventrop: les adventices d'Afrique soudano-sahélienne. CIRAD-CA Montpellier. 637 p.
- Lebrun J, 1966. Les formes biologiques dans les végétations tropicales. Bull. Sco. Bot. France. 164- 175.
- Lebrun J, 1973. Enumération des plants vasculaires du Sénégal. Ed. Maisons Alfort, IEMVT, Bot. 2. 209 p.
- Lebrun J. P. & Stork A, 1991, 1992, 1995 et 1997. Enumération des plantes à fleurs d'Afrique Tropicale. Vol I, II, III, IV. Edition des conservatoires et jardin botaniques de la ville de Genève.
- Maillet J, 1981. Evolution de la flore adventice dans le Montpelliérais sous la pression des techniques culturales. Thèse de Docteur Ingénieur. USTL. Montpellier. 200 p.
- Mbaye M.S., Noba K., Sarr R.S., Kane A., Sambou J.M., & Ba A.T, 2001. Caractères spécifiques d'identification au stade jeune plant d'adventices Sénégalaises du genre *Corchorus* L. (Tiliaceae). Ann. Bot. Afr. 00 (1): 35-42.
- Merlier H. & Montegut J, 1982. Adventices tropicales. ORSTOM-GERDAT-ENSH. 490 p.
- Noba K., Ba A.T., Caussanel J-P., Mbaye M.S., Barralis G, 2004. Flore adventice des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal). *Webbia*. 59 (2): 293-308.
- Noba K., Samb P.I., BA A.T, 1994. Sur quelques caractères macro et micro-morphologiques du jeune plant dans la systématique de trois espèces du genre *Boerhavia* L. (Nyctaginaceae). Bull. Inst. Fond. Afr. Noire C. A. Diop, Dakar, sér. A. 47: 51-62.
- Noba. K, 2002. La flore adventice dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal): Structure, dynamique et Impact sur la production du mil et de l'arachide. Thèse de Doctorat d'Etat. UCAD/FST. 137 p.
- Poilecot P, 1995, 1999. Les Poaceae de Côte d'Ivoire. Vol. 50 et 56. Edition des Conservatoires et jardin botaniques de la ville de Genève, Boissiera.
- Raunkier C, 1934. The life forms of plants and statistical Plants Geography. Clarendon, Press, Oxford. 623 p.
- Sambou J. M, 2000. Contribution à l'étude biosystématique de quatre espèces du genre *Eragrostis* Wolf au Sénégal. D.E.A de Biologie Végétale, UCAD, Dakar. 74 p.
- Sarr R.S., Mbaye M.S, 2007. La flore adventice des cultures d'oignon dans la zone péri-urbaine de Dakar (Niayes) Sénégal. *Webbia*, 62 (2): 205-216.
- Traore H. & Maillet J, 1992. Flore adventice des cultures céréalières annuelles du Burkina-Faso. *Weed research*, 32. 279-293.

- Traore H, 1991. Influences des facteurs agro-écologiques sur la constitution des communautés adventices des principales cultures céréalières (Sorgho, Mil, maïs) du Burkina- Faso. Thèse de Doctorat, USTL, Montpellier II. 180 p.
- Trochain J.L, 1966. Types biologiques chez les végétaux intertropicaux (Angiospermes). *Bull. Soc. Bot. de France*. 188-196.