



UNIVERSITE  
JEAN LOROUGNON GUEDE  
UFR AGROFORESTERIE

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

-----  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et  
de la Recherche Scientifique

ANNEE: 2022-2023

N° D'ORDRE: 083

CANDIDAT

Nom : KOUADIO

Prénom : Akessé Blaise

# THÈSE DE DOCTORAT

**Mention : Agriculture et Foresterie Tropicale**

**Spécialité : Amélioration et Physiologie  
Végétale**

**Caractérisation agronomique de quarante nouvelles lignées de maïs jaune (*Zea mays* L.) issues des grains irradiés au rayonnement gamma de la variété EV8728 à Daloa, Côte d'Ivoire.**

## JURY

**Président : M. BAKAYOKO Sidiky, Professeur Titulaire, Université Jean  
Lorougnon Guédé, Daloa**

**Directeur : M. AYOLIE Koutoua, Professeur Titulaire, Université Jean  
Lorougnon Guédé, Daloa**

**Rapporteur : M. SOKO Dago Faustin, Maître de Conférences, Université Jean  
Lorougnon Guédé, Daloa**

**Examineur : M. DIBI Konan Evrard, Maître de Recherche, Centre National  
de Recherche agronomique, Bouaké**

**Examineur : M. KOFFI N'Goran Mathurin, Professeur Titulaire, Université  
Jean Lorougnon Guédé, Daloa**

**Soutenue publiquement  
le : 25 / 11 / 2023.....**

## TABLE DE MATIÈRE

DÉDICACES .....	VII
REMERCIEMENTS .....	VIII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS .....	XII
LISTE DES TABLEAUX.....	XIII
LISTE DES FIGURES.....	XIV
INTRODUCTION.....	1
PREMIÈRE PARTIE: .....	5
GÉNÉRALITÉS.....	5
1.1. GÉNÉRALITÉS SUR LE MAÏS .....	6
1.1.1. ORIGINE, DOMESTICATION ET DISTRIBUTION DU MAÏS .....	6
1.1.1.1. Origine et domestication .....	6
1.1.1.2. Distribution dans le monde .....	7
1.1.2. TAXONOMIE ET SYSTÉMATIQUE.....	8
1.1.3. DESCRIPTION BOTANIQUE.....	9
1.1.3.1. Appareil végétatif.....	9
1.1.3.1.1. Tige.....	10
1.1.3.1.2. Racines .....	10
1.1.3.1.3. Feuilles .....	10
1.1.3.2. Appareil reproducteur .....	11
1.1.4. CYCLE DE DÉVELOPPEMENT .....	11
1.1.4.1. Phase de germination et levée .....	11
1.1.4.2. Phase de croissance .....	12
1.1.4.3. Phase de floraison et formation des grains.....	12
1.1.4.4. Phase de remplissage des épis .....	13
1.1.4.5. Phase de dessiccation des grains .....	13
1.1.5. DESCRIPTION DE L'ÉPI DU MAÏS .....	13
1.1.6. ÉCOLOGIE DU MAÏS.....	14
1.1.6.1. Climat.....	14
1.1.6.2. Sol.....	15
1.1.6.3. Température .....	15

1.1.6.4. Besoin en eau .....	15
1.1.7. IMPORTANCE DU MAÏS .....	16
1.1.7.1. Importance nutritionnelle du maïs.....	16
1.1.7.2. Importance industrielle du maïs .....	17
1.1.7.3. Importance socio-économique du maïs .....	17
1.2. GENERALITE SUR LES LIGNEES DE MAÏS .....	18
1.2.1. CONCEPT ET DÉFINITION D'UNE LIGNÉE.....	18
1.2.2. MÉTHODE DE CRÉATION D'UNE LIGNÉE .....	19
1.2.3. IMPORTANCE AGRONOMIQUE D'UNE LIGNÉE .....	20
1.2.4. OBTENTION DES VARIÉTÉS À PARTIR D'UNE LIGNÉE .....	20
1.2.4.1. Définition d'une variété .....	20
1.2.4.2. Création variétale .....	21
1.2.4.2.1. Sélection phénotypique, lignées pures et hybrides.....	21
1.2.4.2.2. Types d'hybrides .....	22
1.2.4.2.3. Méthodes et techniques de sélection .....	22
1.2.4.3. Importance de la création variétale .....	23
1.2.4.3.1. Variétés résistantes .....	24
1.2.4.3.2. Variétés productives .....	24
1.2.4.4. Mutation intra-variétale .....	24
1.3. GENERALITE SUR LA CARACTERISATION DES PLANTES DE MAÏS .....	26
1.3.1. CARACTÉRISATION AGRO-MORPHOLOGIQUE .....	26
1.3.1.1. Diversité phénotypique .....	27
1.3.1.2. Influence du climat sur la morphologie des cultivars .....	27
1.3.1.3. Influence des maladies sur la morphologie des cultivars .....	27
1.3.1.4. Rendement des cultivars.....	28
1.3.2. PARAMÈTRES DE CARACTÉRISATION AGRO-MORPHOLOGIQUE DES VARIÉTÉS DE MAÏS ....	28
1.3.2.1. Descripteurs végétatifs du maïs.....	28
1.3.2.2. Descripteurs de l'épi du maïs .....	29
1.3.2.3. Descripteurs des grains.....	31
1.4. GENERALITE SUR LA ZONE D'ÉTUDE .....	32
1.4.1. PRÉSENTATION DU DÉPARTEMENT DE DALOA .....	32
1.4.2. CARACTÉRISTIQUES BIOPHYSIQUES DE DALOA .....	32

1.4.2.1. Climat.....	32
1.4.2.2. Végétation .....	33
1.4.2.3. Faune .....	34
1.4.2.4. Relief .....	34
1.4.2.5. Sol et géologie.....	34
1.4.2.6. Hydrographie.....	35
1.4.2.7. Population.....	35
1.4.2.8. Activités agricoles et économiques .....	36
<b>DEUXIÈME PARTIE: MATÉRIEL ET MÉTHODES .....</b>	<b>37</b>
<b>2.1. SITE D'ÉTUDE .....</b>	<b>38</b>
<b>2.2. MATÉRIEL.....</b>	<b>39</b>
2.2.1. MATÉRIEL VÉGÉTAL .....	39
2.2.2. MATÉRIEL TECHNIQUE .....	43
<b>2.3. MÉTHODES .....</b>	<b>44</b>
2.3.1. CHOIX ET MISE EN PLACE DE LA PARCELLE EXPÉRIMENTALE.....	44
2.3.1.1. Installation du système d'irrigation.....	44
2.3.1.2. Dispositif Expérimental.....	45
2.3.2. MISE EN PLACE DE LA CULTURE.....	47
2.3.2.1. Semis des grains de maïs.....	47
2.3.2.2. Fertilisation de la parcelle .....	47
2.3.2.3. Désherbage et traitement des plants de maïs.....	47
2.3.3. COLLECTE DES DONNÉES .....	48
2.3.3.1. Données climatiques .....	48
2.3.3.2. Données agronomiques .....	48
2.3.4. MÉTHODES DE DÉTERMINATION DES VARIABLES .....	50
2.3.4.1. Variables de germination .....	50
2.3.4.2. Variables de croissance .....	50
2.3.4.2.1. Variables quantitatives .....	50
2.3.4.2.2. Variables qualitatives .....	52
2.3.4.3. Variables de floraison.....	53
2.3.4.3.1. Variables quantitatives .....	53
2.3.4.3.2. Variables qualitatives .....	53

2.3.4.4. Variables de production .....	54
2.3.4.4.1. Variables quantitatives .....	54
2.3.4.4.2. Variables qualitatives .....	55
2.3.5. ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES .....	56
2.3.5.1. Analyse de variance .....	56
2.3.5.2. Test post-ANOVA.....	56
2.3.5.3. Test de corrélation.....	57
2.3.5.4. Analyse en composante principale .....	57
2.3.5.5. Classification hiérarchique ascendante .....	57
<b>TROISIÈME PARTIE: RÉSULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>58</b>
<b>CHAPITRE 1 : ÉVALUATION DE QUELQUES PARAMÈTRES CLIMATIQUES DU SITE D'ÉTUDE AU COURS DES DEUX ANNÉES DE CULTURE .....</b>	<b>59</b>
1.1. RÉSULTATS.....	59
1.1.1. Evolution de la température et de la pluviométrie au cours de l'année 2020 .....	59
1.1.2. Évolution de la température et de la pluviométrie au cours de l'année 2021 .....	60
1.1.3. Variation de la durée d'insolation au cours des années 2020 et 2021.....	61
1.2. DISCUSSION.....	63
1.3. CONCLUSION PARTIELLE .....	65
<b>CHAPITRE 2 : ÉVALUATION AGRONOMIQUE DES LIGNÉES DE MAÏS EN FONCTION DES CYCLES DE CULTURE.....</b>	<b>66</b>
2.1. RÉSULTATS.....	66
2.1.1. Évaluation de la germination des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture	66
2.1.1.1. Délai moyen de germination .....	66
2.1.1.2. Taux de germination.....	67
2.1.2. Caractérisation des variables de croissance des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture .....	68
2.1.2.1. Diamètre moyen .....	69
2.1.2.2. Hauteur moyenne .....	69
2.1.2.3. Hauteur d'insertion de l'épi.....	70
2.1.2.4. Indice d'insertion de l'épi .....	70
2.1.2.5. Nombre de feuilles .....	71
2.1.2.6. Surface foliaire .....	72

2.1.2.7. Longueurs des panicules .....	72
2.1.2.8. Nombre d'épillets.....	73
2.1.3. Caractérisation des paramètres de floraison des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture .....	80
2.1.3.1. Délai d'apparition de l'épi.....	80
2.1.3.2. Délai d'apparition de la panicule .....	81
2.1.3.3. Délai d'apparition de pollen.....	81
2.1.3.4. Délai d'apparition de la soie.....	82
2.1.3.5. Intervalle de jours entre l'apparition de la panicule et l'apparition de l'épi .....	83
2.1.3.6. L'intervalle de jours entre l'apparition des pollens et l'apparition de la soie .....	83
2.1.4. Caractérisation des paramètres de production des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture. ....	89
2.1.4.1. Diamètre des épis .....	89
2.1.4.2. Longueur des épis.....	89
2.1.4.3. Nombre moyen de grains par épi .....	90
2.1.4.4. Nombre de rangées de grains par épi .....	91
2.1.4.5. Poids moyen des grains par épis .....	91
2.1.4.6. Poids de 1000 grains .....	92
2.1.4.7. Poids des épis .....	92
2.1.4.8. Rendement.....	93
2.1.5. Caractérisation des paramètres qualitatifs des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture .....	100
2.2. DISCUSSION.....	106
2.3. CONCLUSION PARTIELLE .....	119
 CHAPITRE 3 : STRUCTURATION DES LIGNÉES EN FONCTION DE LEURS CARACTÈRES AGRONOMIQUES .....	 120
3.1. RÉSULTATS.....	120
3.1.1. Classification des lignées de maïs au cours du premier cycle de culture.....	120
3.1.1.1 Analyse en Composantes Principales des paramètres de germination et de floraison des lignées de maïs du premier cycle de culture .....	120
3.1.1.2. Analyse en Composantes Principales des paramètres de croissance des lignées de maïs du premier cycle de culture .....	124

3.1.1.3. Analyse en Composantes Principales des paramètres de production des lignées de maïs du premier cycle de culture .....	127
3.1.2. Classification des lignées de maïs au cours du second cycle de culture .....	130
3.1.2.1. Analyse en Composantes Principales des paramètres de germination et de floraison des lignées de maïs du second cycle de culture.....	130
3.1.2.2. Analyse en Composantes Principales des paramètres de croissance des lignées de maïs du second cycle de culture .....	133
3.1.2.3. Analyse en Composantes Principales des paramètres de production des lignées de maïs du second cycle de culture .....	136
3.1.3. Analyse des matrices de corrélations des différents paramètres agronomiques des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture .....	140
3.1.3.1. Corrélacion entre les variables de germination-floraison et les variables de croissance du premier cycle de culture. ....	140
3.1.3.2. Corrélacion entre les variables de germination-floraison et les variables de production du premier cycle de culture. ....	142
3.1.3.3. Corrélacion entre les variables de croissance et les variables de production du premier cycle de culture.....	143
3.1.3.4. Corrélacion entre les variables de germination-floraison et les variables de croissance du second cycle de culture. ....	145
3.1.3.5. Corrélacion entre les variables de germination-floraison et les variables de production du second cycle de culture. ....	146
3.1.3.6. Corrélacion entre les variables de croissance et les variables de production du second cycle de culture.....	148
3.2. DISCUSSION.....	150
3.3. CONCLUSION PARTIELLE .....	151
CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	152
RÉFÉRENCES.....	152
PUBLICATION .....	152

## DÉDICACES

Au terme de cette étude, je tiens d'abord à remercier Dieu pour la santé, la force, le courage et la protection dont il m'a fait grâce afin de me permettre de mener à bien ces travaux.

Je dédie ce modeste travail à ma mère EHUI Kôkô Marie qui est mon soutien, ma source de vie, de tendresse et de courage. Que tu ais longue vie afin de bénéficier des grâces que Dieu nous réserve.

A feu mon père KOUADIO Amelaman ;

A mon oncle KACOU André ;

A mes frères AMELAMAN Brou Mermose et AMELAMAN Assoman Lazard ;

A mes sœurs KASSI Ahou Colette et AMELAMAN Adjo Chantalle ;

A ma très bien aimée TEHOUA Brou Béatrice pour son soutien inestimable ;

A mes filles KOUADIO Akessé Juliana Ehouman et AKESSE Kôkô Marie Grâce ;

A l'équipe des doctorants du projet AIEA. Merci pour vos conseils, vos encouragements, votre aide, joie et humour qui m'ont aidé à surmonter la fatigue et le découragement.



## REMERCIEMENTS

Le présent travail de thèse a été exécuté dans le cadre d'un projet de recherche. L'objectif de ce projet était de caractériser de façon agronomique des nouvelles lignées de maïs obtenues après irradiation de la variété de base très prisée EV8728. Ce projet a été financé par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA). Le principal investigateur en Côte d'Ivoire est le Professeur KOUADIO Yatty Justin, Professeur Titulaire en physiologie végétale, responsable du projet AIEA maïs à l'Université Jean Lorougnon Guédé. Ce projet a été réalisé à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa dans le laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole.

Mes premiers mots de remerciements sont adressés à la première responsable de cette prestigieuse institution Madame **ADOHI Krou Viviane**, Professeur Titulaire en Physique moléculaire et Spectroscopie électronique, Présidente en exercice de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG), pour l'autorisation de ma soutenance publique de thèse et sa contribution à l'amélioration de la formation des étudiants et au développement de la recherche qu'elle apporte à cette institution.

J'adresse particulièrement, mes sincères remerciements à Madame **TIDOU Abiba Sanogo** épouse KONE, Professeur Titulaire en Hydrobiologie, Ex-Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé, d'avoir autorisé mon inscription en Thèse dans ladite Université, pour son esprit scientifique et sa contribution à la formation des étudiants.

Je témoigne ma profonde gratitude à Monsieur **SORO Dogniméton**, Professeur Titulaire en agro-pédologie, Vice-président en exercice chargé de la pédagogie, de la vie universitaire, de la recherche et de l'innovation technique de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, d'avoir accordé une attention particulière à ce travail. Il a été pour moi une source de motivation, de courage et d'ambition. Sa disponibilité, sa rigueur scientifique, son ardeur au travail et surtout la confiance placée en moi ont contribué efficacement à mener ce travail à terme et dans de bonnes conditions.

J'exprime ma gratitude à l'Ex-Vice-président chargé de la pédagogie, de la vie universitaire, de la recherche et de l'innovation technique de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Monsieur **KONE Tidiani**, Professeur Titulaire en Hydrobiologie, pour son soutien, ses encouragements, ses conseils et pour avoir été toujours attentif à nos préoccupations. Je lui suis infiniment reconnaissant pour sa sollicitude.

Je remercie vivement le Vice-Président en exercice chargé de la planification, de la programmation et des relations extérieures de l'Université Jean Lorougnon Guédé, Monsieur **KONE Issiaka**, Professeur Titulaire en Sociologie Anthropologie des organisations, pour sa contribution à l'amélioration de la formation des étudiants et au développement de la recherche qu'il apporte.

J'exprime ma profonde reconnaissance à l'Ex-Vice-Président chargé de la planification, de la programmation et des relations extérieures de l'Université Jean Lorougnon Guédé, Monsieur **AKAFFOU Doffou Sélastique**, Professeur Titulaire en génétique, pour ses conseils, ses encouragements depuis le début de ce travail de recherche.

Je remercie la Directrice de l'UFR-Agroforesterie Madame **TONESSIA Dolou Charlotte**, Maître de conférences en physiologie végétale, pour ses conseils et encouragements.

Je remercie Monsieur **KOUADIO Yatty Justin**, Professeur Titulaire en physiologie végétale, responsable du projet AIEA maïs à l'Université Jean Lorougnon Guéde, qui m'a accepté dans son laboratoire pour mon inscription en thèse. Qu'il reçoive du fond du cœur ma gratitude pour sa disponibilité, son humilité, ses encouragements, ses critiques, sa rigueur dans le travail et ses suggestions pertinentes qui ont guidé le succès de ce travail. Aussi, pour le soutien moral, financier, matériel et sa présence inestimable apportés comme un père auprès de ses fils.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance et mon respect sans limite à mon directeur scientifique de cette thèse, Monsieur **AYOLIE Koutoua**, Professeur Titulaire en physiologie végétale, Directeur du Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole (LPA) de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa d'avoir accepté de diriger cette thèse. Sa rigueur, son dévouement, sa grande disponibilité, son ouverture d'esprit, son dynamisme, son optimisme, ses multiples et précieux conseils scientifiques, professionnels ou simplement humains et son humilité ont été pour moi des moments bénéfiques et d'apprentissage. Aussi, soucieux de l'état d'avancement des travaux et son acharnement à vite terminer les travaux, m'ont remonté le moral dans mes moments de peines et de difficultés.

Sincère remerciement au Monsieur **BAKAYOKO Sidiky**, Professeur Titulaire, secrétaire général Adjoint de de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, pour votre dévouement à la formation des étudiants et au développement de cette Université. Malgré vos nombreuses tâches administratives, cher Maître, vous avez encore montré votre intérêt pour la

recherche en acceptant de présider ce jury. Vos observations et critiques sont les bienvenues, car elles permettront d'améliorer ce travail de recherche afin de le rendre plus compréhensif.

Je remercie Monsieur **KOFFI N'Goran Mathurin**, Professeur Titulaire en génétique à l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG), pour les motivations, conseils et encouragements qu'il a exprimé à mon égard. Aussi, sa rigueur scientifique dont j'ai pu m'inspirer pour mener à bien ce travail de recherche. Merci d'avoir accepté de juger et d'apporter ta précieuse contribution à l'amélioration de ce travail.

J'exprime ma profonde reconnaissance à Monsieur **SOKO Dago Faustin**, Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon Guéde de Daloa, Rapporteur de cette thèse de Doctorat. Je vous remercie pour avoir accepté de juger ce travail malgré votre programme très chargé. Vos observations, critiques et pertinences scientifiques ont contribué énormément à cette soutenance publique. Merci de toujours être disponible pour l'amélioration et la formation scientifique. Vos apports permettront de parfaire ce travail scientifique.

Je remercie Monsieur **DIBI Konan Evrard Brice**, Maître de Recherche au Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Bouaké, Examineur de cette thèse de Doctorat. Je vous exprime ma profonde reconnaissance pour avoir accepté de juger ce travail malgré vos nombreuses charges scientifiques et administratives. Vos observations et critiques ont été les bienvenues car elles ont permis d'améliorer le sens de ce travail de recherche afin de le rendre plus compréhensif.

Je remercie vivement Monsieur **KONAN Olivier**, Maître de Conférences en génétique à l'UJLoG. Je vous remercie pour votre disponibilité, vos conseils avisés, votre implication dans ce travail ainsi que vos remarques pertinentes ont permis d'enrichir mes compétences et d'approfondir mes recherches pour la réussite de ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à Madame **YAPO Sopie Edwige Salomé**, Maître de Conférences en physiologie végétale à l'UJLoG. Son assistance et sa présence au cours des travaux, ses encouragements, ses conseils et sa grande disponibilité ont été pour moi un soutien indéfectible. Je vous exprime toute ma profonde reconnaissance.

Mes sincères remerciements s'adressent particulièrement à Monsieur **KOUASSI N'dri Jacob**, Maître de Conférences en physiologie végétale à l'UJLoG. Sa collaboration, ses explications, sa grande disponibilité et ses conseils lors de la rédaction du manuscrit ont été pour moi un soutien inoubliable. Qu'il trouve ici ma profonde gratitude.

Je voudrais remercier Madame **KANGA Ahou Nadia**, Attaché de recherche en physiologie végétale à l'UJLoG, pour ses conseils, ses critiques, sa joie, sa fraternité et ses encouragements.

Je remercie vivement Monsieur **ABE Allépo Innocent**, Assistant en génétique à l'UJLoG, pour son soutien inestimable, sa collaboration, sa grande disponibilité et son apport lors de la réalisation des tests statistiques. Qu'il trouve ici ma profonde gratitude.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les doctorants, **KOUADIO Kouamé Léonard**, **KONE Sié Kissomanbien**, **SORO Chigata Lohona**, **Néné Bi**, **KOFFI Tahia Jean Yves**, **Kouadio N'gbé Ange Emmanuella**, pour leurs aides, disponibilité, courages, conseils, amitié, fraternité et soutien durant tous les travaux.

Je tiens à remercier **EHOUMAN Jean Charles** pour son soutien sans faille tant sur le terrain que lors de la rédaction. Que Dieu te bénisse.

À mes parents qui m'ont soutenu sans relâche et à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué aux travaux sur le terrain ou par leurs conseils, leurs encouragements et leurs prières à l'aboutissement de ce travail, je voudrais vous traduire ma reconnaissance filiale et amicale. Que seul l'éternel vous le rende.

## **LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS**

ACP : Analyse en Composantes Principales

ADN : Acide Désoxyribonucléique

AIEA : Agence Internationale de l'Energie Atomique

ANOVA : Analyse de Variance

CNRA : Centre National de Recherche Agronomique

FAO : Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)

FAOSTAT : The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Data base (La base de données statistique de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)

IBPGR: International Board for Plant Genetic Resources

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

INS : Institut National de la Statistique

N P K : Azote, Phosphore, Potassium

OGM : Organismes génétiquement modifiés

SODECI: Société de distribution d'eau de Côte d'Ivoire

SODEXAM: Société d'Exploitation des Aérodrômes et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique

UFR : Unité de Formation et de Recherche

UJLoG : Université Jean Lorougnon Guéde

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I:</b> Matériel de désherbage, d'entretien de la parcelle et de mesure.....	43
<b>Tableau II:</b> Liste des variables quantitatives et qualitatives déterminées au cours de cette expérimentation.....	49
<b>Tableau III :</b> Valeurs moyennes du délai et du taux de germination des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture .....	67
<b>Tableau IV:</b> Valeur moyenne des variables de croissance des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture.....	74
<b>Tableau V:</b> Valeurs moyennes des variables de floraison des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture .....	85
<b>Tableau VI:</b> Valeurs moyennes des variables de production des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture .....	94
<b>Tableau VII :</b> Caractéristiques des variables qualitatives des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture .....	102
<b>Tableau VIII :</b> Valeurs propres des variances des axes des variables de germination et de floraison du cycle 1 .....	120
<b>Tableau IX :</b> Valeurs propres des variances des axes des variables de croissance du cycle 1 de culture.....	124
<b>Tableau X:</b> Valeurs propres des variances des axes des variables de production du cycle 1 de culture.....	127
<b>Tableau XI :</b> Valeurs propres des variances des axes des variables de germination et de floraison du cycle 2 de culture .....	130
<b>Tableau XII :</b> Valeurs propres des variances des axes des variables de croissance du cycle 2 de culture.....	133
<b>Tableau XIII :</b> Valeurs propres des variances des axes des variables de production du cycle 2 de culture .....	136

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1:</b> Différentes étapes de l'évolution de la téosinte, l'ancêtre du maïs .....	7
<b>Figure 2:</b> Différentes parties d'un épi de maïs .....	14
<b>Figure 3:</b> Hybridation et fécondation croisée du maïs .....	22
<b>Figure 4:</b> Types de ramification de la panicule de maïs .....	29
<b>Figure 5:</b> Descripteurs de l'épi du maïs .....	30
<b>Figure 6:</b> Types de forme d'épi.....	30
<b>Figure 7:</b> Types de disposition des rangées de grains sur l'épi.....	30
<b>Figure 8:</b> Types de forme des grains de maïs .....	31
<b>Figure 9 :</b> Diagramme ombro-thermique de la station de Daloa de 2000 à 2019 .....	33
<b>Figure 10:</b> Localisation géographique du site d'étude .....	39
<b>Figure 11:</b> Semences des différentes lignées étudiées .....	42
<b>Figure 12:</b> Mise en place de la parcelle expérimentale .....	44
<b>Figure 13:</b> Installation du système d'irrigation .....	45
<b>Figure 14:</b> Organisation d'un bloc du Dispositif expérimental de type randomisé .....	46
<b>Figure 15:</b> Plants de maïs âgés de quatre (4) semaines .....	48
<b>Figure 16:</b> Méthode de mesure du diamètre de la plante à l'aide d'un pied à coulisse .....	51
<b>Figure 17:</b> Méthode de mesure des hauteurs (plante et insertion de l'épi).....	51
<b>Figure 18:</b> Position des épillets de la panicule .....	54
<b>Figure 19:</b> Diagramme ombro-thermique de la station de Daloa de l'année 2020. ....	60
<b>Figure 20:</b> Diagramme ombro-thermique de la station de Daloa de l'année 2021 .....	61
<b>Figure 21:</b> Évolution de la durée d'insolation en heures dans la zone d'étude en 2020 et 2021 .....	62
<b>Figure 22:</b> Cercle de corrélation des variables de germination et de floraison des lignées de maïs du premier cycle de culture.....	121
<b>Figure 23:</b> Classification des lignées dans le plan factoriel en fonction des variables de germination et de floraison du cycle 1 .....	122
<b>Figure 24:</b> Dendrogramme de la distribution des lignées de maïs en fonction des variables de germination et de floraison du cycle 1 .....	123
<b>Figure 25:</b> Cercle de corrélation des variables de croissance des lignées du cycle 1 .....	125
<b>Figure 26:</b> Classification des lignées dans le plan factoriel en fonction des variables de croissance du cycle 1.....	126

<b>Figure 27:</b> Dendrogramme de la distribution des lignées de maïs en fonction des variables de croissance du cycle 1.....	126
<b>Figure 28:</b> Cercle de corrélation des variables de production des lignées du cycle 1.....	128
<b>Figure 29:</b> Classification des lignées dans le plan factoriel en fonction des variables de production du cycle 1 .....	129
<b>Figure 30:</b> Dendrogramme de classification ascendante hiérarchique des variables de production du cycle 1. ....	129
<b>Figure 31:</b> Cercle de corrélation des variables de germination et de floraison des lignées de maïs du cycle 2.....	131
<b>Figure 32:</b> Classification des lignées dans le plan factoriel en fonction des variables de germination et de floraison du cycle 2 .....	132
<b>Figure 33:</b> Dendrogramme de la distribution des variables de germination et de floraison des lignées du cycle 2 .....	133
<b>Figure 34:</b> Cercle de corrélation des variables de croissance des lignées du cycle 2 .....	134
<b>Figure 35:</b> Classification des lignées dans le plan factoriel en fonction des variables de croissance du cycle 2.....	135
<b>Figure 36:</b> Dendrogramme de la distribution des lignées de maïs en fonction des variables de croissance du cycle 2.....	136
<b>Figure 37:</b> Cercle de corrélation des variables de production des lignées du cycle 2.....	137
<b>Figure 38:</b> Classification des lignées dans le plan factoriel en fonction des variables de production du cycle 2 .....	138
<b>Figure 39:</b> Dendrogramme de classification ascendante hiérarchique des variables de production du cycle 2 .....	139
<b>Figure 40:</b> Corrélation entre les variables de germination-floraison et les variables de croissance du premier cycle de culture .....	141
<b>Figure 41:</b> Corrélation entre les variables de germination-floraison et les variables de production du premier cycle de culture.....	143
<b>Figure 42:</b> Corrélation entre les variables de croissance et les variables de production du premier cycle de culture .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 43:</b> Corrélation entre les variables de germination-floraison et les variables de croissance du second cycle de culture.....	146
<b>Figure 44:</b> Corrélation entre les variables de germination-floraison et les variables de production du second cycle de culture .....	148



**Figure 45:** Corrélation entre les variables de croissance et les variables de production du second cycle de culture..... 149

# **INTRODUCTION**

Le maïs (*Zea mays*) est une herbacée annuelle monoïque (fleurs mâles et femelles sur le même pied) pouvant atteindre 4 m de hauteur pour les variétés tropicales. Le maïs appartient à la famille des graminées. Il possède une morphologie caractéristique avec de larges feuilles et un développement autour d'une tige unique, en suivant un arrangement distique alterné (Maël, 2019). Il est cultivé en Amérique depuis des milliers d'années et serait originaire du Mexique. Son ancêtre, le Téosinte, était une sorte d'épi avec un seul rang de grains. En 1492, les européens découvrent cette culture à Cuba et la rapportent en Espagne. Son expansion géographique est ensuite spectaculaire. Un siècle plus tard, sa culture se retrouve en Chine, en Indonésie et aux Philippines. À partir du XVI<sup>e</sup> siècle, la culture du maïs est diffusée sur l'ensemble des continents, dans les zones tropicales comme tempérées (Revilla *et al.*, 2022 ; Singh, 2023) et faisant de lui la céréale la plus répandue. La domestication a permis de sélectionner les meilleurs plants et d'obtenir avec le temps le maïs que l'on connaît de nos jours. Il est apprécié pour son rendement plus élevé et ses qualités nutritionnelles et gustatives (Gauthier, 2016). Le maïs est aujourd'hui la céréale la plus produite à travers le monde devant le blé, riz, sorgho et le mil avec une production de 1.162.352.997 tonnes, pour une surface de 201.645 ha (Faostat, 2020). Il est suivi par le blé avec 760.925.831 tonnes, le riz 756.743.722 tonnes, le sorgho (58.705.915 tonnes) et le mil (30.463.642 tonnes) (Faostat, 2020). Les cinq principaux pays producteurs de maïs dans le monde en 2021 sont les Etats-Unis, la Chine, le Brésil, l'Union européenne et l'Argentine avec des productions respectives 383 millions de tonnes, 272 millions de tonnes, 115 millions de tonnes, 69 millions de tonnes et 54 millions de tonnes (Statista, 2021). Les États-Unis et la Chine assurent à eux seuls quasiment la moitié de la production mondiale. Le maïs est aussi une culture vitale pour la France car premier producteur de l'Union Européenne, il est la deuxième production céréalière avec 10 % de la surface agricole utile (FAO, 2016). Par ailleurs, la production du maïs en Afrique est de 90 millions de tonnes devant le riz (37 millions de tonnes), le sorgho (27 millions de tonnes), le blé (25 millions de tonnes) et le mil (13 millions de tonnes) et (Faostat, 2020). Au cours de l'année 2021, l'Afrique du Sud, le Nigéria et l'Éthiopie ont été les plus grands producteurs avec respectivement 17.000 de tonnes, 11.000 de tonnes et 9.000 de tonnes (Statista, 2021). En outre, en Côte d'Ivoire, la culture céréalière est dominée par le riz, le maïs, le sorgho et le mil (N'da *et al.*, 2014). Le maïs est la céréale la plus cultivée après le riz avec une production nationale estimée à 1.176.000 tonnes, pour une superficie totale de 558406 ha (Faostat, 2020).

Le rendement moyen national est estimé à 2,11 t/ha (Faostat, 2020). Ainsi, le maïs occupe une place de choix aussi bien dans l'alimentation des populations ivoiriennes que dans la nutrition animale (volailles, porcs, bovins) (Dronne, 2018). Il sert également de matière première de certaines industries (brasserie, savonnerie et huilerie). Aussi, est-il utilisé pour la confection de plastiques biodégradables,

de biocarburants et même de l'alcool (Hoopen & Maïga, 2012 ; Amoin *et al.*, 2015). Au point de vue nutritionnelle, le maïs est très riche en sucre, en amidon, en polysaccharides hydrosolubles, en eau, en protéines, en vitamine A et en potassium, en antioxydants tels que les polyphénols, les flavonoïdes et les caroténoïdes (Swapna *et al.*, 2020 ; Bae *et al.*, 2021 ; Yan *et al.*, 2022). Longtemps considéré comme un simple produit de subsistance, le maïs est aujourd'hui une spéculation agricole indéniable entraînant l'intensification de sa culture en Côte d'Ivoire avec un enjeu économique de plus en plus important. Ainsi, près de 50 % de sa production est localisée dans la région des savanes située au Nord du pays (FAO, 2018). Cependant, malgré ses multiples intérêts, sa culture reste confrontée à de nombreuses contraintes telles que la baisse de la fertilité des sols, la dégénérescence génétique des variétés existantes, ainsi que leur grande sensibilité à la sécheresse (N'da *et al.*, 2013). Ces contraintes sont en partie responsables de la baisse considérable de la productivité (Bamba *et al.*, 2019) en agissant sur tous les stades de développement de la plante (Tshiabukole, 2018 ; Siéné *et al.*, 2020). Aussi, l'adoption à grande échelle de variétés traditionnelles à très faible potentielle de production diminue-t-elle le rendement du maïs (N'da *et al.*, 2013). Pour contribuer à l'amélioration des rendements, il est nécessaire de lever ces différentes contraintes en mettant au point des variétés améliorées à haut potentiel de rendement par des méthodes conventionnelles (Moussa *et al.*, 2019 ; Siéné *et al.*, 2020) ou par la voie de la mutation induite.

La performance de la production des plantes est l'un des critères le plus recherché par les agriculteurs et sélectionneurs. Cette performance s'exprime par l'augmentation du rendement en fonction des différents gènes intéressants que possèdent les plantes (Matova *et al.*, 2022). Les études sur l'ADN ont permis aux scientifiques de modifier au laboratoire ou au champ, le patrimoine génétique des plantes à travers des technologies telles que l'irradiation ionisante des semences (Bamboré, 2016 ; Hernandes-Lopes *et al.*, 2022). Cette technique qui permet de modifier le patrimoine génétique conduit à l'obtention des gènes de résistance aux facteurs biotiques ou abiotiques. C'est de ces modifications génétiques que sont nés les organismes génétiquement modifiés (OGM) ayant des performances élevées (Krishna *et al.*, 2021 ; Sao *et al.*, 2022). Ces organismes génétiquement modifiés ont permis d'augmenter le rendement des cultures grâce à leur résistance à la sécheresse et en diminuant les attaques des ravageurs (Gauthier, 2016 ; Matova *et al.*, 2022). Le maintien au niveau mondial d'une certaine compétitivité, nécessite en permanence la création de variétés nouvelles, améliorées pour différents caractères. Ces variétés appelées hybrides sont constituées de lignées complémentaires très fortement homozygotes, issues de plusieurs cycles de sélection et manifestant une bonne "aptitude à la combinaison". Pour que les lignées soient considérées comme "fixées" d'un point de vue agronomique, au moins 8 à 10 générations d'autofécondations sont nécessaires (Bordes, 2006). La technique d'autofécondation permet de

sélectionner les individus porteurs des caractères favorables et de les maintenir par autofécondations successives. Cependant, la fixation des principaux caractères peut être ramenée à 3 ou 4 générations avec l'utilisation d'un nouvel outil de création de variété tel que la technique d'irradiation gamma des semences (Tsaranirina, 2015 ; Amri-Tiliouine, 2020). Cette méthode originale de production de lignées pures dans les schémas de création variétale chez le maïs a produit des lignées pures après cinq (5) générations. La caractérisation de ces lignées pour identifier leur variabilité due à l'irradiation gamma couplée à l'autofécondation offre une diversité de choix, selon le gène intéressant recherché. Ainsi, la connaissance des caractéristiques agronomiques de ces lignées s'avère très nécessaire pour la création de futures variétés améliorées. C'est dans ce contexte que cette étude a été initiée, afin de caractériser quarante et une (41) nouvelles lignées de maïs obtenues après irradiation gamma couplée à l'autofécondation des semences de la variété EV8728.

L'objectif général de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la production du maïs de la variété EV8728 afin de s'adapter aux conditions agroclimatiques de la Côte d'Ivoire.

De façon spécifique, il s'est agi de :

- Caractériser quelques variables climatiques dont dépendent la zone d'étude au cours des deux années de culture ;
- Déterminer les caractéristiques agronomiques des lignées en fonction des cycles de culture ;
- Structurer les lignées de maïs en fonction de leurs caractères agronomiques.

Pour atteindre ces objectifs, les hypothèses suivantes ont été formulées :

- Les conditions climatiques de la zone d'étude varient d'un cycle de culture à l'autre ;
- Les caractères agronomiques des lignées dépendent du cycle de culture ;
- La classification des lignées est fonction des caractères agronomiques.

Le présent document est organisé en trois. La première partie est consacrée à la revue bibliographique, décrivant les généralités sur le maïs, les méthodes de création de variété, l'irradiation et les méthodes de caractérisation des lignées. La deuxième partie porte sur le matériel et les méthodes, définissant le site d'étude, le matériel végétal, les conditions de culture, les méthodes de mesure des paramètres et les méthodes d'analyses. La troisième partie renferme les résultats et discussion, présentant les résultats obtenus qui ont été discutés. Enfin, une conclusion et des perspectives ont été présentées.

**PREMIÈRE PARTIE:**  
**GÉNÉRALITÉS**

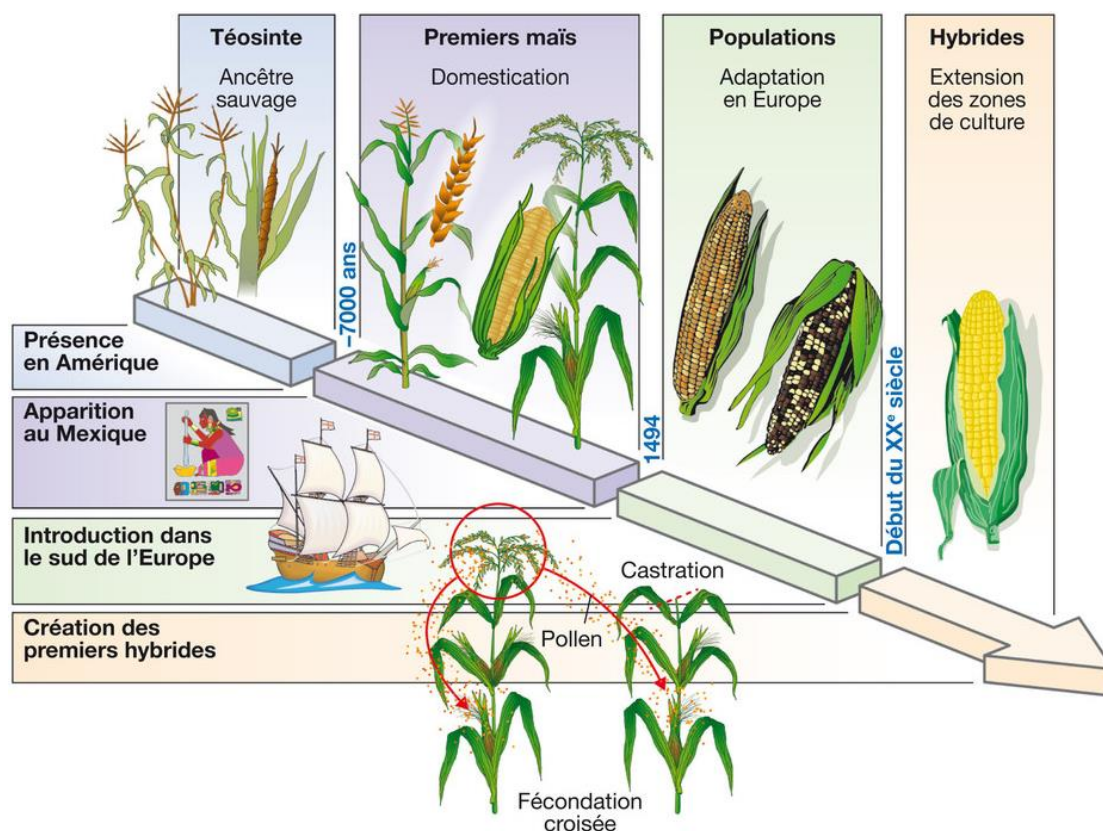
## 1.1. GÉNÉRALITÉS SUR LE MAÏS (*Zea Mays* L.)

Le maïs (*Zea mays*) figure actuellement parmi les trois premières céréales cultivées dans le monde (blé, riz et maïs). La filière maïs fait partie des chaînes de valeur de première importance pour la sécurité alimentaire. Il est un aliment de base majeur cultivé dans des zones agro-écologiques et consommé par des populations avec des préférences et des contextes socio-économiques divers en Afrique. En Côte d'Ivoire, le maïs occupe la deuxième place après le riz, parmi les céréales cultivées. Il est aussi utilisé dans l'alimentation humaine, animale et dans l'industrie. Vu sa grande utilité, ce premier chapitre met en lumière les connaissances générales sur le maïs en apportant des informations sur l'origine, la description botanique, l'écologie et l'importance du maïs.

### 1.1.1. Origine, domestication et distribution du maïs

#### 1.1.1.1. Origine et domestication

L'histoire du maïs (*Zea mays*) a commencé il y a 9000 ans dans une haute vallée du Mexique, où s'écoule le fleuve Rio Balsas. Une plante locale, la téosinte, est cultivée sur les flancs de cette vallée par les premières civilisations amérindiennes, à 1500 m d'altitude (Carraretto, 2005 ; Blancon, 2019). La téosinte est une plante adaptée au climat tropical et aux étés humides de cette vallée. La plante porte de nombreux épis composés chacun de quelques grains seulement. Les grains récoltés étaient alors broyés pour obtenir une farine consommée par les populations locales (Tanumihardjo *et al.*, 2020 ; Revilla *et al.*, 2022). L'évolution de la téosinte, l'ancêtre du maïs, s'est faite à la fois de manière naturelle par des mutations génétiques, mais surtout par l'homme grâce à la sélection massale qui a sélectionné les mutations favorables (Figure 1). En effet, cette période historique s'inscrit dans la domestication des plantes où les agriculteurs amérindiens choisissent les graines des meilleures plantes pour les conserver et les semer l'année suivante (Hernández, 2009 ; Ferguson, 2010 ; Kumar *et al.*, 2012). Ainsi, les caractéristiques facilitant la culture et la récolte des grains, comme la taille des épis et le nombre de grains par épi, sont progressivement sélectionnées par les agriculteurs. Le maïs va acquérir une place centrale dans l'alimentation des peuples de l'Amérique centrale (Olmèques, Mayas, Aztèques) et des Andes (Mochicas, Nazcas, Incas) et va également être au centre de la religion et des rites (Elola, 2012 ; Palacios-Rojas *et al.*, 2020).



**Figure 1:** Différentes étapes de l'évolution de la téosinte, l'ancêtre du maïs (Source : Kumar *et al.*, 2012)

### 1.1.1.2. Distribution dans le monde

Découvert au V<sup>ème</sup> millénaire avant notre ère, le maïs va ensuite rapidement s'étendre sur toute la zone tropicale et équatoriale de l'Amérique centrale et de l'Amérique du sud, avec des variétés qui sont encore présentes aujourd'hui (Erenstein *et al.*, 2022). Par la suite, des variétés adaptées aux zones tempérées sont cultivées dès le premier millénaire de notre ère sur les territoires des Etats-Unis actuels jusqu'au Canada. Les Européens, quant à eux, ont découvert le maïs pour la première fois en 1492 par Christophe Colomb et son équipage dans les Caraïbes (John, 2004 ; Carraretto, 2005 ; Blancon, 2019). À son retour en Europe, il ramènera de nombreuses plantes indigènes dont des épis de maïs. Sa culture a commencé au début du XVI<sup>e</sup> siècle sur la péninsule ibérique. D'autres explorateurs ont ramené du maïs en Europe : Magellan lors de son voyage au Brésil en 1520, ainsi que Jacques Cartier depuis le Québec en 1535. La culture du maïs s'est développée davantage au début du XVII<sup>e</sup> siècle sur de plus grandes surfaces, et s'étend sur tout le pourtour méditerranéen, ainsi que dans les pays d'Europe de l'Ouest (Ranum *et al.*, 2014 ; Belalia *et al.*, 2020 ; Zulauf, 2020). En France, le maïs est cultivé à partir du



XVII<sup>e</sup> siècle et s'est répandue rapidement dans le Sud-Ouest. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, le maïs poursuit son expansion vers l'Europe centrale et dans les vallées continentales françaises, jusqu'en Alsace. Les variétés de maïs des climats tempérés des Etats-Unis et du Canada se sont adaptées facilement en Europe et surtout en France : variété population « Jaune de Bade » en Alsace, le « Grand roux basque », la « Lacaune » dans le Tarn, les « Blancs dorés de pays » (Béarn) ou encore la « Millette du Lauragais » (Zulauf, 2020 ; Palacios-Rojas *et al.*, 2020). En Afrique, cette culture a été introduite en Égypte vers 1540 par les Turcs et les Syriens et dans la région du golfe de Guinée par les Portugais vers 1550 (Michael & David, 2008). Le maïs atteint l'Éthiopie en 1623. Ensuite, il a été introduit au Maroc, au Nigéria, au Tchad, en Guinée française, au Sierra Leone, au Libéria, en Gambie et au Sénégal (Roland, 1955). En Côte d'Ivoire, les foyers de production les plus importants sont dans le Nord et au Nord-Ouest. Resté très longtemps secondaire en zone de forêt, le maïs n'a connu son essor qu'à partir des années 50 (Demont, 1997). Depuis 1995, des champs de culture pure de maïs couvrent de vastes étendues à travers tout le pays (Ndabalishye, 1995 ; Ba, 2017 ; Erenstein *et al.*, 2022).

### 1.1.2. Taxonomie et systématique

Le nom scientifique du maïs est *Zea mays*. Le nom binomial lui a été attribué par Linné en 1753 qui créa un nouveau genre pour cette plante très différente des autres graminées connues à l'époque (Awata *et al.*, 2019 ; Celico, 2021). Le nom générique, *Zea*, vient d'un nom grec, *zeia*, qui désignait dans l'Antiquité une sorte de blé, probablement l'amidonnier. Le maïs appartient à la famille des *Poaceae* (graminées) et à la sous-famille des *Panicoideae*. Le genre *Zea* est membre de la tribu des *Andropogoneae* qui comprennent environ 90 genres et plus de 1 000 espèces, y compris la canne à sucre et le sorgho (Welker *et al.*, 2014). Il existe cinq espèces reconnues du genre *Zea*, que sont : *Zea diploperennis*, *Zea luxurians*, *Zea nicaraguensis*, *Zea perennis* et *Zea mays*. L'espèce la plus cultivée est *Zea mays* qui se subdivise en quatre sous-espèces dont *m. subsp. Huehuetenangensis*, *m. subsp. Mexicana*, *m. subsp. Parviglumis*, *m. subsp. Parviglumis* et *m. subsp. May*. Le maïs (*Zea mays* L.), espèce diploïde ( $2n = 20$ ) est une plante herbacée annuelle, à tallage faible ou même nul (Awata *et al.*, 2019). C'est une graminée monoïque qui présente de larges diversités morphologiques selon les variétés appartenant au genre *Zea* (Laurent, 2016). Selon Awata *et al.* (2019), la position systématique du maïs se présente de la manière suivante :

---

Règne	: Plante
Sous-règne	: Trachéobiontes
Super-embranchement	: Spermatophytes
Embranchement	: Magnoliophytes
Sous-embranchement	: Angiospermes
Classe	: Monocotylédones
Sous-classe	: Commélinidés
Ordre	: Cypérale
Famille	: Poacées
Tribu	: Andropogonées
Genre	: <i>Zea</i>
Espèce	: <i>Zea mays</i> (L.)

### 1.1.3. Description botanique

Le maïs (*Zea mays* L.) est une plante qui comporte un seul chaume principal muni de nœuds et d'entre-nœuds. Selon ses origines génétiques et la densité de population végétale, cette espèce aura parfois une ou deux pousses latérales appelées talles, lesquelles sont situées aux aisselles des feuilles inférieures. Les nœuds s'amincissent progressivement vers le haut de la plante (Cook, 2016 ; Hossain *et al.*, 2016 ; Quan *et al.*, 2019). Comme la plupart des Poacées tropicales, le maïs présente un métabolisme photosynthétique de type C4 (le premier glucide formé comportant quatre atomes de carbone), qui confère à la plante une efficacité supérieure à celle des Poacées tempérées dans la conversion de l'énergie lumineuse (Tshiabukole, 2018). C'est une plante de jours courts, dont les variétés tropicales sont souvent photopériodiques. Selon Blancon (2019), le maïs se compose de deux parties essentielles qui sont l'appareil végétatif et l'appareil reproducteur.

#### 1.1.3.1. Appareil végétatif

L'appareil végétatif est l'ensemble des organes souterrains et aériens d'une plante. La croissance de ces organes constitue la première étape de développement de la plante. Ainsi, pendant cette phase, les feuilles, les racines, les tiges et les structures reproductives précoces se développent.

La partie aérienne de la plante de maïs se développe grâce au méristème apical de la tige (Jackson, 2009 ; Tidjani & Akponikpe, 2012).

#### **1.1.3.1.1. Tige**

La tige de maïs est unique, ronde et plus ou moins cannelée. Elle mesure 1,5 à 3,5 m de haut et 2 à 6 cm de diamètre. Cette tige est remplie d'une moelle sucrée. La coloration de la tige varie avec les variétés de maïs. Elle est en général verte ou rougeâtre (Laurent, 2016). La tige est aussi formée de plusieurs entre-nœuds, séparés par des nœuds. Au niveau de chaque nœud, de manière opposée, s'insèrent les feuilles à limbes allongées et à nervures parallèles (Anzala, 2006). Les entre-nœuds de la base sont les plus courts. A la différence des autres graminées, le maïs ne talle pas en général (Salami *et al.*, 2015).

#### **1.1.3.1.2. Racines**

La plante de maïs possède des racines séminales fonctionnelles jusqu'au stade 5 ou 6 feuilles avant que les racines définitives ne soient fixées. Le système racinaire du maïs est saisonnier et se compose de racines adventives à deux ou trois joints au-dessus du sol et de racines principales qui descendent dans le sol. La couleur des racines adventives varie du vert au violet ou au rouge pourpre en présence d'anthocyanes (Hossain *et al.*, 2016 ; Quan *et al.*, 2019). Les racines de types fasciculés sont superficielles et ne dépassent pas 50 cm de profondeur. Ceux de type adventifs aériens ou crampons se forment sur les nœuds de la base des tiges. Les variétés hybrides ont un système racinaire plus développé que celui des variétés locales (Tidjani & Akponikpe, 2012).

#### **1.1.3.1.3. Feuilles**

Les feuilles sont de grandes tailles (jusqu'à 11 cm de large et 1,5 m de long) et engainantes avec un limbe allongé en forme de ruban. Elles sont larges et arrangées en deux rangs verticaux disposés de part et d'autre de la tige. Les limbes foliaires possèdent des nervures parallèles comprenant une nervure médiane proéminente. La surface supérieure du limbe est pubescente, alors que la surface inférieure est glabre. Il existe d'importantes variations dans le nombre, la taille et l'orientation des feuilles selon la variété de maïs (Salami *et al.*, 2020). Les variétés hybrides en zone tempérée produisent, en moyenne, 15 feuilles alors que les variétés hybrides en zone tropicale produisent jusqu'à 48 feuilles. Les variétés couramment cultivées varient en moyenne entre 15 et 25 feuilles. Les feuilles des plantes sont généralement vertes. Toutefois, l'accumulation d'anthocyanes peut leur donner une couleur pourpre ou brun rouge (Cook, 2016).

### 1.1.3.2. Appareil reproducteur

Le maïs est une plante monoïque qui porte deux types d'inflorescences (fleurs mâles et fleurs femelles) (Jackson, 2009 ; Wheelock & O'Neal, 2016). L'inflorescence mâle, appelée "panicule", est une structure terminale ramifiée située au sommet de la plante. Elle est composée d'une tige centrale et un nombre variable de rameaux latéraux appelés épillets. Les épillets portent des anthères qui renferment les grains de pollen. Les anthères peuvent être jaunes, pourpres ou rouges. Les épillets regroupent chacun deux fleurs à trois étamines. Après la fécondation, chaque ovule se développera en grain (Salami *et al.*, 2020). En général, les fleurs mâles arrivent à maturité avant les fleurs femelles de la même plante : c'est la protandrie (Soewarto, 2012 ; Salami *et al.*, 2020). L'inflorescence femelle appelée "épi", est inséré aux aisselles des feuilles et recouverte de spathes (Blancon, 2019). L'épi est constitué d'un rachis solide (la rafle) couvert de 4 à 30 rangées de florules. Chaque florule comporte un seul ovule. Pour chaque florule, un stigmate de 20 cm s'allongera vers le sommet de l'épi, formant de longs filaments appelés soies. Les soies sont couvertes de petits poils qui servent à recevoir les grains de pollen (Martial & Kouassi, 2017). La couleur des soies peut varier du blanc, violet, rose ou rouge et parfois brun après une blessure. Le maïs est naturellement une plante allogame à 95 %. Aussi, du fait de la monœcie et du décalage dans le temps de la maturité mâle et femelle, la fécondation croisée est-elle favorisée (Salami *et al.*, 2020). La pollinisation du maïs s'effectue à l'aide de longs fils nommés « styles » ou « soies » rattaché chacun à un ovaire ou grain potentiel. En général, la viabilité du pollen est de 10 à 30 minutes, mais elle peut être plus longue lorsque les conditions sont favorables (Ibrahima, 2016).

### 1.1.4. Cycle de développement

Le cycle de développement du maïs se divise en phase végétative et en phase reproductrice. La période végétative s'étend de la germination à l'apparition de la panicule (Supasri *et al.*, 2020). Le début de la période reproductrice est marqué par l'apparition de la panicule immature au sommet du plant. A ce stade, les dernières feuilles émergent du cornet environ une semaine avant les floraisons mâle et femelle (Schneider, 2019).

#### 1.1.4.1. Phase de germination et levée

La germination marque le passage de la vie ralentie (dormance) à la vie active. Elle correspond à l'imbibition du grain et à la réactivation de son métabolisme. Lorsque les semences sont placées dans un milieu humide et chaud, leur activité physiologique redémarre. Le grain gonfle sous l'influence de l'humidité. Deux à trois jours après le semis, apparaît la radicule. Trois à quatre jours après le semis,

apparaît la tigelle (Tidjani & Akponikpe, 2012). Les racines séminales secondaires apparaissent au niveau du nœud scutellaire. À l'autre extrémité de l'embryon, la gemmule se développe sous forme de coléoptile qui pousse vers le haut et forme un plateau de tallage. À ce niveau se forme une première série de racines adventives, et parfois des tiges secondaires, puis la coléoptile perce le sol et s'ouvre en libérant les premières feuilles. À partir de ce stade (levée) compris généralement entre 8 à 10 jours après le semis, le jeune plant de maïs devient progressivement autotrophe (Banza, 2020 ; Da Costa *et al.*, 2021). On considère qu'une parcelle de maïs est levée lorsque la coléoptile de 50 % des plantes est visible (Tidjani & Akponikpe, 2012 ; Salami *et al.*, 2020)

#### **1.1.4.2. Phase de croissance**

La phase de croissance concerne relativement l'ensemble de l'appareil végétatif. Elle s'étend de la levée à l'apparition des inflorescences mâles. A ce stade, la croissance du maïs est lente. Ce stade est plus ou moins long selon les variétés, la température ambiante et l'état d'humidité du sol. Quatre (4) à cinq (5) semaines après le semis, le maïs atteint 50 à 60 cm de hauteur. Soixante (60) jours après le semis, le maïs atteint une hauteur supérieure à 1 m (Banza, 2020 ; Da Costa *et al.*, 2021). Durant cette phase, les feuilles apparaissent une à une dans le cornet, à un rythme constant en fonction de la température. Chaque phytomère est constitué d'un nœud, d'une portion de tige (l'entre-nœud), d'une feuille composée d'un limbe et d'une gaine enroulée autour de la tige, et d'un bourgeon axillaire. Les feuilles sont initiées au niveau du méristème apical jusqu'à la transition florale. Celle-ci a lieu approximativement au stade où 50 % des feuilles sont apparues. Une ébauche de panicule remplace alors le méristème végétatif (Nleya *et al.*, 2019).

#### **1.1.4.3. Phase de floraison et formation des grains**

L'inflorescence mâle apparaît, soit 40 à 70 jours après l'émergence de la plante pour les variétés de 90 à 130 jours. Quelques jours après, les inflorescences femelles sont prêtes pour la fécondation, soit 5 à 8 jours après l'apparition des inflorescences mâles (Soewarto, 2012). Plusieurs épis sont initiés au niveau des bourgeons axillaires (Nleya *et al.*, 2019). Cependant, dans les conditions de cultures habituelles, un ou deux épis seulement achèvent leur développement. La floraison mâle correspond à la libération du pollen par les anthères des fleurs portées par la panicule. La floraison femelle est caractérisée par la sortie des soies (styles des fleurs portées par l'épi) hors des spathes. La fécondation a lieu lorsque, au contact d'une soie, un grain de pollen émet un tube germinatif et porte un des deux noyaux reproducteurs mâles à travers le style jusqu'à l'oosphère de l'ovule. La perte de pollen commence 2 à 3 jours avant que la soie n'émerge de l'extrémité de l'épi et continue pendant 5 à 8 jours (Salami *et*

*al.*, 2020). Les organes reproducteurs se dessèchent, les inflorescences mâles prennent une teinte grisâtre tandis que les soies des épis femelles sèchent et noircissent. Dans le même temps le grain formé grossit par accumulation de produits issus de la photosynthèse en passant par trois stades successifs (stade laiteux, pâteux, sec) (Tidjani & Akponikpe, 2012).

#### **1.1.4.4. Phase de remplissage des épis**

La phase de remplissage débute par établissement du nombre de grains de l'épi. Le rendement final dépend de la quantité d'éléments nutritifs stockés ou en cours de production. Une accumulation d'amidon et de protéines s'active dans les tissus de réserve du grain (Murindangabo *et al.*, 2019 ; Hisse *et al.*, 2019). Le remplissage s'achève environ 50 à 60 jours après la floraison, quand la teneur en eau du grain atteint 32 %. Il n'existe pas chez le maïs des connexions vasculaires entre les grains et la rafle. Les hydrates de carbone et les matières assimilables s'accumulent dans l'espace libre sous les grains en cours de développement et migrent dans les grains en suivant un gradient de diffusion. Une conséquence importante de ceci est que des déséquilibres dans la fourniture de différents constituants du grain peuvent limiter son développement. Exemple, dans le cas de faible disponibilité en azote, la croissance du grain dépend d'une stricte stœchiométrie entre carbone (C) et azote (N) (Tshiabukole, 2018).

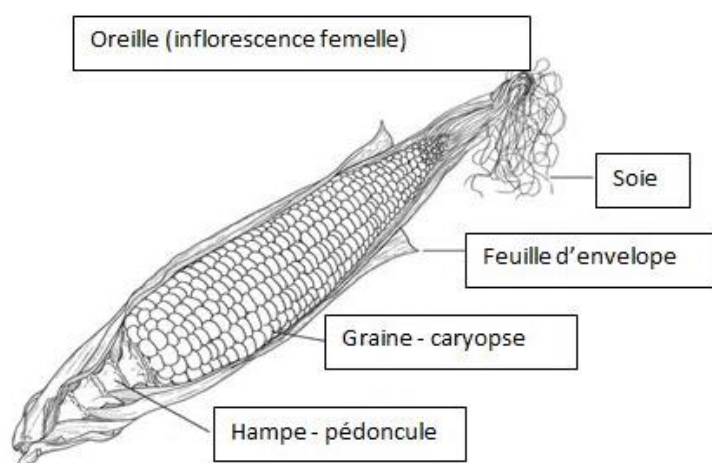
#### **1.1.4.5. Phase de dessiccation des grains**

Le maïs est généralement récolté à 20 % d'humidité, sous les tropiques, c'est-à-dire à une humidité beaucoup plus basse que celle où la maturité physiologique est généralement atteinte (30 et 35 %). Dans les régions tempérées, la vitesse de dessiccation est un facteur critique pour le choix d'une variété, car la récolte doit être achevée avant l'hiver. Les variétés tempérées sont caractérisées par des spathes fines et ouvertes à maturité pour accélérer la dessiccation. Sous les tropiques, l'état sanitaire et la protection du grain sont généralement plus importants que la vitesse de dessiccation (Tshiabukole, 2018). Le grain sera mûr lorsqu'il ne peut plus être rayé par l'ongle. La dessiccation est marquée par un taux d'humidité inférieure à 35 % des grains. Par la suite, les spathes de l'épi jaunissent, puis c'est le tour de la plante. Elle dure une quinzaine de jour (Tidjani & Akponikpe, 2012).

#### **1.1.5. Description de l'épi du maïs**

Les botanistes définissent le grain de maïs comme un caryopse, c'est-à-dire un fruit (Figure 2) sec indéhiscent soudé à la gaine unique qu'il contient. Ce type de fruit est caractéristique de toutes les céréales. Il se compose de plusieurs parties sans continuité histologique entre elles, ce qui facilite leur séparation (Oury, 2014). Chaque grain est disposé en rangées verticales de 8 à 20 rangées (selon les

variétés) le long de la rafle de l'épi (Soewarto, 2012). Selon Salami *et al.* (2020), les grains sont très variables avec les variétés selon leur forme (globulaire, ovoïde, prismatique), leur couleur (blanc, jaune roux, doré, violet, noir), leur taille (gros, moyen, très petit), leur aspect (lisse ou ride, corné ou denté) et leur texture (vitreuse ou farineuse ou plus ou moins colorée). Tous les grains d'un même épi n'ont pas la même forme. Les bons grains pour le choix des semences sont au milieu de l'épi. Chaque grain est composé d'une enveloppe, d'un albumen, d'un cotylédon et d'un embryon. On compte 500 à 1000 grains environ par épi et un épi pèse en moyenne 150 g. La rafle peut être blanche, rouge, pourpre ou brune (Songre-Ouattara, 2015).



**Figure 2:** Différentes parties d'un épi de maïs (source : Oury, 2014)

## 1.1.6. Écologie du maïs

### 1.1.6.1. Climat

Le maïs est une graminée de type C4 qui pousse mieux sous des climats chauds et subhumides ayant de fortes précipitations (entre 600 et 1 500 millimètres) et de longues photopériodes. Le maïs peut être cultivé dans des zones tropicales et tempérées chaudes. Il est cultivé surtout entre 40 degrés de latitude Sud au Chili et en Argentine et 58 degrés de latitude Nord au Canada et en Russie, et à diverses altitudes dans d'autres régions du monde (Cook *et al.*, 2016 ; Ross, 2021).

### 1.1.6.2. Sol

Le maïs se développe bien sur les sols riches en matières organiques possédant de bonnes propriétés physiques. Cependant, le maïs préfère plus les sols assez riches en éléments fins, humifères, frais et à capacité de rétention d'eau élevée.

Il pousse sur un sol de pH variant de 5,5 à 7. Toutefois, il peut s'accommoder de conditions plus hostiles, comme les sols sableux, limoneux-sableux, plus argileux, voire calcaires, sous réserve de lui assurer les apports d'eau et d'éléments nutritifs nécessaires (Michael & David, 2008 ; Cook *et al.*, 2016).

### 1.1.6.3. Température

De la germination à l'émergence du plant, une température du sol d'au moins 10 °C et au plus 18 °C est nécessaire (Ross, 2021 ; Khaeim *et al.*, 2022). Par ailleurs, les températures ambiantes plus élevées (entre 30 et 33 °C) sont nécessaires à la croissance maximale des plantes (Birch *et al.*, 2008). Le maïs tropical selon son environnement est divisé en 3 sous-classes : basses terres, moyenne altitude et hautes terres. Pour sa culture, le maïs doit être en plein soleil pour que soit garantie une photosynthèse efficace. Ainsi, la durée du jour et l'ensoleillement définissent la période de croissance. Généralement, chaque cultivar est adapté aux contraintes spécifiques de l'endroit de sa culture. Des températures élevées sont requises depuis le semis jusqu'à la floraison. Cependant, durant la maturation, des conditions un peu plus fraîches (moins élevées) peuvent être acceptées (Hoopen & Maïga, 2012 ; Tshiabukole, 2018).

### 1.1.6.4. Besoin en eau

La culture du maïs est facile à réaliser, mais, très sensible au manque d'eau. Le maïs est sensible au stress causé par la sécheresse, particulièrement au stade de floraison. Mais, il peut tolérer une sécheresse temporaire (Birch *et al.*, 2008). Le maïs est une espèce exigeante en eau surtout au moment de la floraison (Laurent, 2016). Des plants de maïs bien arrosés transpirent environ 350 g d'eau par gramme de matière sèche produite. Le grain constitue une fraction de la matière sèche produite, ce qui signifie qu'une culture bien arrosée utilise de 800 à 1000 g d'eau par gramme de grain produit. En fonction de la radiation, de la température et de l'humidité relative, une culture de maïs transpire librement environ 80 à 90 % de l'évaporation potentielle. Dans ces conditions, la température de la feuille est généralement légèrement inférieure à celle de l'air et la quantité d'eau utilisée par la transpiration par unité de surface de la culture (Barrière, 2001). Le besoin en eau de maïs cultivé dans les plaines est d'au moins 500 mm de précipitations bien réparties tout au long de la saison (Tshiabukole, 2018). Il exige un maximum d'humidité durant la période de la formation de l'aigrette et des soies. Pendant la période de croissance intensive, à deux semaines avant l'apparition de l'aigrette, une seule plante de maïs transpire



2 à 4 litres d'eau en 24 heures. Concernant les conditions climatiques et les méthodes de culture, le maïs consomme 60 à 90 tonnes d'eau pour produire 100 kg de grains (Tshiabukole, 2018). Les conditions d'humidité favorables au maïs sont réunies, lorsque l'humidité du sol est en surplus au niveau des racines, les précipitations atteignent 400 mm au moins et favorablement distribué durant la période de croissance. La teneur en humidité du sol pour la croissance et le développement favorable à un rendement élevé doit atteindre 60 à 70 % de la capacité au champ. Dans des conditions de sécheresse, le taux de croissance est diminué, la période de fécondation est retardée, et la formation ainsi que le remplissage des grains sont considérablement réduits, entraînant par là une diminution de rendement (Tshiabukole, 2018).

### **1.1.7. Importance du maïs**

Le maïs a actuellement trois grands types d'importance dont l'alimentation animale et humaine, l'industrialisation et l'économie (Soare *et al.*, 2018).

#### **1.1.7.1. Importance nutritionnelle du maïs**

L'attractivité du maïs comme aliment de base est largement due à son rôle diversifié comme une source nutritionnelle pour les humains et les animaux (Martial & Kouassi, 2017 ; Peniche-Pavía *et al.*, 2022). Le maïs est cultivé pour ses grains, riches en amidon (environ 63 %), qui constituent la base de l'alimentation de nombreuses populations. Le maïs est principalement utilisé pour l'alimentation animale (grain et fourrage), puis pour l'alimentation humaine (Vilcacundo, 2022). Dans certaines régions, c'est un aliment de base du régime alimentaire, notamment en Afrique et en Amérique centrale. En effet, dans ces pays entre 35 et 75 % du maïs est utilisé à des fins alimentaires, comptant pour 30 à 60 % des apports énergétiques et protéiques issus de céréales. De manière générale, dans les pays en voie de développement 25 % du maïs est destiné à l'alimentation humaine (Shiferaw *et al.*, 2011). Les utilisations du maïs pour l'alimentation humaine sont nombreuses : semoules, farines, flocons, maïs doux, pop-corn, huiles, ainsi que de nombreux additifs alimentaires (Soare *et al.*, 2018 ; Kostrakiewicz-Gierałt, 2020). En Europe, environ 80 % du maïs est utilisé pour l'alimentation animale et seulement 5 % pour l'alimentation humaine. En alimentation animale, les volailles et les porcs sont nourris au grain, alors que les bovins sont nourris à l'ensilage. La demande de maïs au niveau mondial pour l'alimentation animale augmente de 6 % par an, et continuera probablement d'être encore le débouché principal dans les années à venir (Soare *et al.*, 2018).

### 1.1.7.2. Importance industrielle du maïs

Le maïs est une plante à graines cultivée qui occupe aujourd'hui une place importante au niveau industriel (agro-industrie et industrie pharmaceutique). Le maïs a de multiples débouchés dans l'industrie de production de la colle, de plastiques, d'édulcorant, de papiers, de textiles, de bioéthanol, de la brasserie, de la distillerie, de biogaz, de biscuiterie, de pâtisserie et également dans le raffinage de l'industrie pétrolière (Ranum *et al.* 2014 ; Margaron, 2019). La production de bioéthanol est un secteur en plein essor, notamment aux Etats-Unis où près de 40 % du maïs produit est dédié à cet usage (Elisabeth, 2016 ; Da Silva, 2021). Le maïs est aussi utilisé dans l'industrie pharmaceutique. Les styles de l'inflorescence femelle (soie de maïs) sont inscrits dans la pharmacopée traditionnelle, pour leur propriétés cholagogues, diurétiques et anti-lithiasiques (Magaña-Cerino *et al.*, 2020). Les soies sont riches en mannite, matières grasses, sels minéraux et en vitamine K (vertus antihémorragiques). Les radicules de graines germées sont utilisées en gemmothérapie (Huma *et al.*, 2019 ; Margaron, 2019 ; Magaña-Cerino *et al.*, 2020).

### 1.1.7.3. Importance socio-économique du maïs

Le secteur du maïs occupe une place importante dans l'économie des pays. Il est d'abord cultivé pour les besoins internes des pays producteurs et ensuite orienté vers les exportations. Cependant, cinq pays se partagent un marché mondial à l'exportation. Les Etats-Unis sont les premiers exportateurs mondiaux de maïs avec 52 millions de tonnes (21 % des exportations mondiales), devant le Brésil (37 millions de tonnes), l'Argentine (34 millions de tonnes), l'Ukraine (24 millions de tonnes) et la Russie (5 millions de tonnes) (Faostat, 2019). La dernière campagne 2019 confirme l'ascension commerciale de l'Argentine qui est devenue le deuxième pays exportateur de cette céréale. Toutefois, les deux premiers pays producteurs de maïs, les Etats-Unis et la Chine, ont régulièrement accumulé des stocks considérables de maïs (157 millions de tonnes) (FAOstat, 2019). En 2019-2020, l'Union européenne est devenue le premier importateur mondial de maïs avec environ 19 millions de tonnes, devant le Mexique et le Japon. L'Ukraine est le premier fournisseur de l'Union européenne (45 % des maïs importés). Au sein de l'Union européenne, la France a exporté environ 35 % de sa production de maïs grain vers les pays voisins déficitaires en maïs, principalement le Benelux et l'Espagne (FAOstat, 2019). Le maïs est largement cultivé sur toute l'étendue du territoire africain. Au Bénin, la production du pays est commercialisée de trois façons principales : le maïs est distribué à l'intérieur de la zone de production, au niveau de l'approvisionnement des centres urbains et dans le cadre des exportations vers les pays limitrophes (Nigéria, Niger et Togo) (Achigan-Dako *et al.*, 2014 ; Adiaha, 2018). Dans certains pays

comme le Bénin, le prix du maïs est fixé à 250 FCFA le kilogramme. Ce qui constitue une source de gain (Ahouannenou, 2011 ; Faostat, 2021). En Côte d'Ivoire, le maïs occupe la deuxième place céréalière. Cela explique le niveau élevé de la production du maïs dans le pays (Yapi & De Kouassi, 2017 ; Zohoungbogbo *et al.*, 2018). En dehors de sa fonction d'aliment de subsistance, il fait aussi l'objet d'échanges commerciaux à l'intérieur du pays pour l'industrie et l'élevage (Siéné *et al.*, 2020). Les variations du prix du kilogramme enregistrés (190 FCFA à 500 CFA) confirment l'importance économique du produit et l'ampleur de son potentiel comme source de revenu en Côte d'Ivoire (Siéné *et al.*, 2020).

## **1.2. GENERALITE SUR LES LIGNEES DE MAÏS**

L'une des voies de création de nouvelles variétés est celle de production de lignées pures. Ainsi, dans ce chapitre, les informations adéquates relatives au concept et définition, aux méthodes de création et à l'importance agronomique d'une lignée sont exposées.

### **1.2.1. Concept et définition d'une lignée**

L'amélioration des plantes peut être définie comme l'art et la science de la création de variétés répondant de mieux en mieux aux besoins de l'homme. Il s'agit de réunir dans un même génotype, ou groupe de génotypes le maximum d'allèles favorables. Cela consiste à créer de nouvelles variétés à partir des variétés existantes à l'aide de la mise en place de lignées pures (Gallais, 2011 ; Bamboré, 2016). On appelle lignée pure, une lignée dont les individus sont identiques pour un caractère donné et qui, croisés entre eux, donnent des individus identiques (homozygotes). Les individus de lignée pure se ressemblent entre eux et à leurs géniteurs à travers plusieurs générations d'autofécondation. Une lignée pure fournit toujours un seul type de gamètes et est le fruit des descendants successifs par voie sexuée d'un même individu. C'est un générateur de gamètes uniformes comportant l'allèle désireux (Bouchoukh, 2019). Les premières lignées pures ont été obtenues en 1903 par Johannsen, qui a cultivé les plantes issues d'un seul pied de haricot (Laloë, 2011). Une lignée est héréditairement stable lorsqu'elle est pure. C'est aussi, l'ensemble des descendants homozygotes d'un ou plusieurs individus ayant un patrimoine génétique similaire. Pour qu'une lignée soit considérée comme pure, il faut qu'elle comporte un nombre minimal de générations répondant aux critères énoncés (Lemichez, 2020). Les gènes d'intérêt qui seront introduits dans une espèce donnée, sont recherchés chez une variété voisine d'une même espèce (croisement intraspécifique). Plus, la variabilité génétique est large dans une espèce, meilleure sera la chance de trouver le gène intéressant (Bordes, 2006).

### 1.2.2. Méthode de création d'une lignée

La création de lignées pures est un passage obligé pour la création de variétés hybrides exprimant l'effet d'hétérosis (Gallais, 2015 ; Charcosset *et al.*, 2020). Cette étape consiste à créer des lignées pures et stables, qui seront les futurs parents de l'hybride. Les semences obtenues à partir des lignées parentales sont appelées semences de base. La création de lignées pures par le sélectionneur peut se faire soit par la méthode directe ou conventionnelle soit par manipulation biotechnologiques modernes dont la mutation induite (Tsaranirina, 2015) :

- La première méthode d'obtention des lignées parentales (lignées pures) consiste à forcer artificiellement et pendant plusieurs générations, les plantes à recevoir leur propre pollen, tout en évitant l'arrivée de pollens étrangers : c'est l'autofécondation. Les fleurs femelles de chaque plante que l'on désire autoféconder sont ensachées. Le pollen est recueilli à partir de la panicule de la plante et déposé sur les soies des fleurs femelles de la même plante. À chaque génération, seules les plantes avec les caractères les plus intéressants sont retenus (Demeulenaere & Goldringer, 2017). Pour que les lignées soient considérées comme "fixées" d'un point de vue agronomique (lignée pure), au moins 8 à 10 générations d'autofécondations sont nécessaires (Bordes, 2006). Une lignée pure produit du pollen en quantité plus faible qu'un hybride. Elle demande une attention particulière car, elle est plus fragile et plus délicate à cultiver qu'un hybride. Le sélectionneur recherche donc parmi les lignées parentales en cours de création celles qui donnent les meilleurs hybrides (Doudet, 2018). Ce choix des lignées parentales par croisement, appelé test d'aptitude à la combinaison, vise à créer une variété hybride conforme aux objectifs du sélectionneur. C'est l'une des étapes les plus importantes de la sélection des variétés hybrides (Gallais, 2011 ; Gilles *et al.*, 2017) ;

- La deuxième méthode utilisant les manipulations biotechnologiques modernes dont la mutation induite est un moyen sûr de provoquer des changements dans une variété. L'induction de mutation par des agents mutagènes physiques ou chimiques permet de raccourcir le temps d'obtention d'une nouvelle lignée pure à caractère intéressant. Dans cette méthode, le cycle d'autofécondation peut être réduit de 3 à 5 générations après l'application de l'irradiation par agent mutagène (Tsaranirina, 2015 ; Amri-Tiliouine, 2020). La mutation permet la fixation de lignée pure à travers l'obtention de mutant et apporte des résultats considérables sur l'amélioration des plantes. En effet, lorsque le patrimoine génétique ne contient pas le ou les gènes intéressants à différentes contraintes biotiques ou abiotiques, les sélectionneurs n'ont recours qu'aux mutations induites pour la fixation du caractère désireux qui aboutit

à un mutant et après trois à cinq générations d'autofécondation conduit à l'obtention de lignée pure (Rakotoarimalala, 2015).

### 1.2.3. Importance agronomique d'une lignée

Les lignées issues des groupes différents manifestent une certaine aptitude à la combinaison (aptitude à une certaine complémentarité pour engendrer une très bonne vigueur hybride). L'intérêt des lignées par rapport aux variétés porte sur la création d'hybrides ayant de bonnes aptitudes agricoles et aboutissant à des nouvelles variétés garantissant de bon rendement (Bordes, 2006). L'importance agronomique des lignées se traduit donc par l'obtention d'hybride présentant des caractères tels que :

- Leur supériorité agronomique qui se traduit par une vigueur importante favorisant les rendements élevés et une bonne résistance aux parasites ;
- Leur homogénéité qui facilite les opérations culturales ;
- Leur homéostasie qui facilite d'adaptation à des milieux divers ;
- La possibilité d'association, dans une variété, des caractères complémentaires apportés par

les parents. Par exemple, un hybride est composé d'une lignée très précoce mais sensible à la verse, et d'une lignée tardive mais résistante à la verse et à fort potentiel de rendement.

Le croisement de deux lignées pures permet d'obtenir une variété appelée hybride simple. Ce dernier est délicat à produire, du fait de la faible vigueur de certaines lignées. Mais, la variété obtenue est homogène et l'effet d'hétérosis peut être maximum (Dutronc, 2020). Le croisement de deux hybrides simples donne un hybride double, moins performant et plus hétérogène que l'hybride simple et l'hybride trois voies (Gallais, 2015). L'hybride trois voies résulte du croisement entre un hybride simple et une lignée pure. Dans ce cas, l'hybride simple est généralement choisi comme parent femelle pour avoir une production de semences plus importante (Charcosset *et al.*, 2020). L'hybride 3 voies à une base génétique plus large que celle d'un hybride simple. Ce qui peut apporter une plus grande stabilité, mais au dépend de l'homogénéité (Schneider, 2019).

### 1.2.4. Obtention des variétés à partir d'une lignée

#### 1.2.4.1. Définition d'une variété

En agriculture, la variété correspond à une population de plantes d'une espèce donnée qui a été sélectionnée et cultivée souvent depuis des millénaires pour des caractères répondant aux besoins des hommes (Dominique *et al.*, 2013). La vie d'une variété débute chez le sélectionneur qui l'obtient en

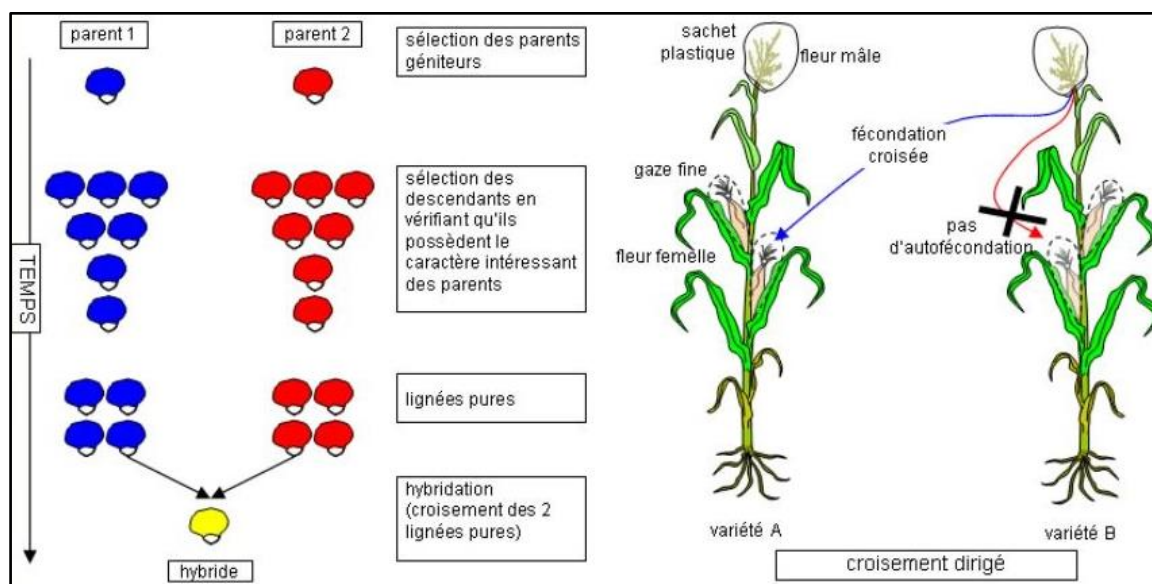
créant par croisements de plantes de nouvelles combinaisons génétiques. Cette variabilité génétique regroupe des caractères d'intérêt pour l'obtention des variétés élités à partir de lignées parentales (Gallais, 2009 ; Bouchoukh, 2019). En effet, la combinaison génétique permet de chercher des gènes plus originaux pouvant être présents dans les ressources génétiques et en les sélectionnant parmi les croisements réalisés. Cette phase dure en moyenne 10 ans, et est très variable selon les espèces et les techniques utilisées (Bertrand, 2012 ; Gilles *et al.*, 2017).

#### **1.2.4.2. Création variétale**

La création variétale utilise les techniques de sélection, d'hybridation, de mutation, de la biologie cellulaire et moléculaire. Les hybridations consistent à croiser des lignées entre elles afin d'incorporer des caractères intéressants aux descendants. Plusieurs outils sont utilisés pour la réalisation des croisements et l'obtention variétale (Dutronc, 2020).

##### **1.2.4.2.1. Sélection phénotypique, lignées pures et hybrides**

Le processus de création variétale, consiste en un premier temps, à regrouper des propriétés agronomiques désirées dans une seule plante. Ceci est réalisé en croisant des plantes avec des propriétés différentes, puis en choisissant dans la descendance les individus combinant les caractères les plus intéressants : c'est la sélection phénotypique. Le sélectionneur souhaite fixer ces caractères afin d'obtenir une stabilité de ces caractères agronomiques au fil des générations (Gallais, 2015 ; Dutronc, 2020). Pour cela, il crée des lignées pures ou lignées fixées. Une lignée pure est une population qui produit, par croisement ou autofécondation, des descendants toujours semblables entre eux, ainsi qu'aux géniteurs, pour une caractéristique donnée. Tous les individus sont ainsi génétiquement identiques et homozygotes pour ces caractères. Ces lignées fixées sont utilisées comme parents afin d'obtenir des plantes dites hybrides (Gallais, 2011 ; McCaw *et al.*, 2021). Ainsi, le croisement de deux lignées fixées possédant chacune des caractères d'intérêts agronomiques particuliers, peut donner des plantes hybrides (variétés) de performances supérieures aux deux plantes parents (Gilles *et al.*, 2017). C'est ce que l'on nomme la « vigueur hybride » ou hétérosis représenté par la figure 3.



**Figure 3:** Hybridation et fécondation croisée du maïs (Yassitepe *et al.*, 2021)

#### 1.2.4.2.2. Types d'hybrides

Le croisement de deux lignées pures permet d'obtenir une variété appelée hybride simple. Ce dernier est délicat à produire, du fait de la faible vigueur de certaines lignées. Mais, la variété obtenue est homogène et l'effet d'hétérosis peut être maximum (Dutronc, 2020).

Le croisement de deux hybrides simples donne un hybride double, moins performant et plus hétérogène que l'hybride simple et l'hybride trois voies (Gallais, 2015 ; Yassitepe *et al.*, 2021).

L'hybride trois voies résulte du croisement entre un hybride simple et une lignée pure. Dans ce cas, l'hybride simple est généralement choisi comme parent femelle pour avoir une production de semences plus importante (Charcosset *et al.*, 2020). L'hybride 3 voies a une base génétique plus large que celle d'un hybride simple. Ce qui peut apporter une plus grande stabilité, mais aux dépens de l'homogénéité (Schneider, 2019).

#### 1.2.4.2.3. Méthodes et techniques de sélection

Les méthodes traditionnelles d'amélioration ont deux objectifs. D'une part, sélectionner de nouvelles combinaisons de gènes dans une population dérivée d'un croisement et, d'autre part, rétablir l'homozygotie, au moins pour les caractères agronomiques visibles et recherchés (Gilles *et al.*, 2017). Les méthodes d'amélioration présentent plusieurs techniques de sélection dont on distingue entre autres

la sélection massale, la sélection généalogique, la sélection récurrente (Diarrisso, 2014 ; Bouchoukh, 2019 ; Lemichez, 2020).

- La sélection massale est basée sur le phénotype des individus. Elle consiste à choisir des individus présentant les caractères recherchés, à les isoler et les interféconder, puis les récolter en mélange. Les populations obtenues au cours de cette sélection se constituent d'un groupe comprenant un certain nombre de lignées pures, d'un groupe de plantes hybrides et de plantes en cours de ségrégation génétique (Diarrisso, 2014 ; Gallais, 2015).

- La sélection généalogique consiste à conduire séparément les descendance des plantes afin de déceler les aptitudes héréditaires. L'homozygotie peut être atteinte après six ou sept générations (Diarrisso, 2014).

- La sélection récurrente consiste à améliorer progressivement une population par une série de cycles où alternent autofécondation et croisement. Des plantes sont choisies dans une population, elles sont auto-pollinisées et les descendance sont semées en lignes contiguës. Après croisement entre ces descendance, la semence récoltée donne une nouvelle population qui sera soumise à d'autres cycles de sélection. La sélection accroît la fréquence des gènes recherchés, l'alternance autofécondation-croisement maintient la vigueur (Diarrisso, 2014 ; Yassitepe *et al.*, 2021).

#### **1.2.4.3. Importance de la création variétale**

L'agriculture contemporaine doit faire face à de nombreux défis, comme ceux d'assurer une production alimentaire de qualité et de s'adapter aux effets du changement climatique. Elle doit être réactive à des évolutions plus rapides qu'auparavant et imprévisibles, comme l'apparition de nouveaux pathogènes ou des amplitudes plus importantes des fluctuations climatiques (Gallais, 2011). Un nouvel enjeu de l'agriculture du XXI<sup>e</sup> siècle est donc sa capacité à fournir des variétés adaptées aux changements (Gallais, 2009 ; Bouchoukh, 2019). Une variété représente une population homogène ayant des caractéristiques agronomiques bien définies en vue de son utilisation en agriculture (Schneider, 2019). La création de nouvelles variétés résistantes aux maladies permet déjà de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires. Les variétés présentant une utilisation plus efficace des nutriments aident à réduire le recours aux produits fertilisants. Celles présentant des rendements stables sous contraintes environnementales fortes sont un outil de choix pour faire face au changement climatique (Gilles *et al.*, 2017).



#### 1.2.4.3.1. Variétés résistantes

Les programmes de sélection cherchent à intégrer des caractères de résistance des variétés aux incidents extérieurs et climatiques tels que la tolérance à la sécheresse, la résistance aux verses racinaires et autres. Les travaux réalisés par les sélectionneurs et la filière semences ont permis de produire des variétés hybrides plus résistantes (Jacquier *et al.*, 2021). Aujourd'hui, la grande majorité des variétés est tolérante à la verse (Doudet, 2018 ; Dutronc, 2020). Au Tchad, les variétés 2009TZE W-DT-STR et 2009TZEE-W-STR sont résistantes à la sécheresse et au Striga (Naitormmbaide *et al.*, 2015). Cette amélioration a permis la culture à des densités de semis supérieures valorisant mieux les potentiels de rendement des parcelles. Si la culture du maïs nécessite peu de traitements phytosanitaires, certains ravageurs de la plante peuvent néanmoins causer des dégâts importants. Le progrès génétique sur les variétés de maïs vise aussi à améliorer la résistance aux maladies et ravageurs de la plante (Gallais, 2015). L'agriculteur limite ainsi l'application de traitements phytosanitaires coûteux et réduit son impact sur l'environnement. Pour les maladies, les sélectionneurs ciblent deux résistances en particulier : au charbon nu et à l'helminthosporiose (Gilles *et al.*, 2017).

#### 1.2.4.3.2. Variétés productives

Les maïs hybrides ont été commercialisés dans le monde pendant la seconde guerre mondiale, et depuis les rendements continuent de progresser. Entre les années 1960 et les années 2000, le gain global a été d'environ 1,4 quintal par an pour les variétés de maïs grain (Demeulenaere & Goldringer, 2017). Mais depuis 2000, les rendements moyens en grain progressent plus lentement et sont plus variables d'une année sur l'autre (Gilles *et al.*, 2017). L'amélioration des tiges et des feuilles a permis de gagner 0,07 tonne. Ce qui correspond à peu près à un entre-nœud et une feuille supplémentaire sur la plante. La progression des rendements est due en grande partie à l'amélioration des variétés (Gallais, 2015). Une étude réalisée en 1984 aux Etats-Unis a permis de distinguer la part du progrès génétique dans l'augmentation des rendements du maïs (Dutronc, 2020). La variété GMRP 18 améliorée par le CNRA est caractérisée par un rendement élevé (Deffan *et al.*, 2015).

#### 1.2.4.4. Mutation intra-variétale

La mutation est un changement brusque de l'expression allélique qui devient par la suite héréditaire. C'est une modification du matériel génétique au niveau du génome de la plante. Elle constitue un programme d'amélioration variétale des cultures (Tabti, 2018). Les mutations sont le moteur de l'évolution, et source de la diversité entre individus. Elle fournit de nouveau matériel pour la production

de nouvelles lignées et des outils pour l'identification des nouveaux gènes. Les mutations peuvent être naturelles ou provoquées par l'utilisation d'agents mutagènes (Diarrisso, 2014 ; Stefaniak & McPhee, 2015). Les mutations naturelles sont aléatoires, mais leur fréquence d'apparition peut être augmentée par des mutagènes, parfois qualifiés d'agents ou de facteurs mutagènes. Ces agents peuvent être physiques (rayonnements ionisants) ou chimiques (agents alkylants, dérivés réactifs de l'oxygène).

Plusieurs types de mutations existent et sont classées en fonction de la magnitude de l'effet de phénotype produit. Ce sont : Mutations ponctuelles, Mutations chromosomiques, Mutations dynamiques, Mutations somatiques ou germinales, Mutation spontanée et Mutation induite (Nicaud, 2017 ; Chellat-Rezgoune, 2021). Selon leurs actions, elles peuvent être des macromutations ou des micromutations (Tabti, 2018). Cependant, l'application des différentes techniques biotechnologiques modernes dont la mutation induite peut compléter la méthode conventionnelle par hybridation en vue d'accélérer le cycle de sélection, de créer des diversités génétiques importantes et de fixer rapidement les caractères intéressants des lignées obtenues (Tsaranirina, 2015).

La mutation induite est une technique qui permet de provoquer un changement au niveau du matériel génétique. Elle peut donner naissance à un nouveau caractère héréditaire induit chez les plantes. Elles sont dues à l'influence de facteurs externes (Stefaniak & McPhee, 2015 ; Boichard, 2016). Les mutations induites peuvent être provoquées par des agents mutagènes naturels (les rayonnements produits par le soleil ou d'origine minérale) ou artificiels (rayon X) ou rayonnement gamma  $\alpha$  et  $\beta$ . Outre les différentes formes de rayonnement, l'irradiation gamma est beaucoup plus forte que les rayons  $\alpha$ ,  $\beta$  et de nombreux produits chimiques naturels ou artificiels (Chellat-Rezgoune, 2021).

L'irradiation gamma consiste à émettre des particules d'atomes d'hélium qui ont perdu leurs électrons. Ils pénètrent très fortement la matière vivante et non vivante. Il faut plusieurs couches de béton ou de plomb pour les arrêter. Ils sont analogues aux rayons X, mais sont encore plus énergétiques (Alloun, 2019). Les rayons gamma émis par la désintégration d'un noyau instable d'un atome ont une longueur d'onde plus courte et possèdent donc plus d'énergie par photon que les rayons X. Une installation de rayonnement gamma peut être utilisée pour les expositions aiguës ou semi-aiguës. Les cellules gamma sont les émetteurs les plus couramment utilisés pour l'induction de mutations végétales (AIEA, 2010). La source de rayonnement gamma présente un avantage distinct pour les traitements prolongés. En effet, cette source peut être placée dans une chambre à environnement contrôlé, dans une serre ou dans un champ. Ce qui permet aux plantes d'être exposées à différents moments et à différents stades de développement (FAO/AIEA, 2020).

Les graines sont le matériel végétal courant pour l'irradiation dans de nombreuses expériences d'induction de mutations et dans la sélection de mutations pratiques. Les graines peuvent être irradiées dans de nombreux environnements physiques et peuvent être desséchées, imbibées, chauffées ou congelées avant les traitements (Razafinirina, 2011). Elles peuvent être stockées pendant de longues périodes dans des conditions hermétiques, sous vide et réfrigérées. Elles sont également les plus faciles à manipuler et peuvent être expédiées sur de grandes distances. Les doses de rayonnement plus importantes sont nécessaires pour produire des mutations génétiques suffisantes par rapport à l'irradiation d'autres matières végétales. Cependant le trempage des graines avant l'irradiation peut réduire le niveau de dose requis et peut également introduire des facteurs de complication, dans la mesure où cela favorise la germination (FAO/AIEA, 2020). Le succès d'une mutation dépend du taux des mutations et de l'efficacité. Le taux des mutations est affecté par la dose de mutagène. Des doses élevées causent la mortalité, la stérilité du pollen et d'autres détériorations. Pour éviter un taux élevé de mortalité, la détermination d'une dose à laquelle la moitié des plants survivent (DL50) devient importante. La dose létale (DL50) aide à connaître la sensibilité de chaque variété au mutagène (Tabti, 2018).

### **1.3. GENERALITE SUR LA CARACTERISATION DES PLANTES DE MAÏS**

La caractérisation des plantes est essentielle à la fois pour la sauvegarde et l'utilisation future de ses informations existantes. La caractérisation totale d'une espèce végétale prend en compte les aspects génétiques, biochimiques, agro-physiologiques et agro-morphologiques. C'est seulement l'aspect caractérisation agro-morphologique qui a fait l'objet de ce travail. En effet, l'évaluation agro-morphologique est la première étape à franchir pour la caractérisation des différentes cultures en tenant compte des variables descriptives agronomiques.

#### **1.3.1. Caractérisation agro-morphologique**

La description qui repose sur les caractères agro-morphologiques permet d'obtenir une première esquisse de la diversité des plantes. Elle présente une variation surtout pour la morphologie, l'architecture et le rendement (N'Da *et al.*, 2014). La caractérisation agro-morphologique s'articule sur la diversité phénotypique, les conditions défavorables de l'environnement et l'influence des agents pathogènes (Bambore, 2016).

### 1.3.1.1. Diversité phénotypique

L'expression de la variabilité peut se manifester sous diverses formes en caractères visibles ou non. La variabilité phénotypique traduit l'expression des caractères observables. Dans le processus de caractérisation phénotypique, si l'objectif principal est de mesurer la variabilité du groupe, il est conseillé de sélectionner des caractéristiques ou descripteurs qui soient les plus discriminants possibles (Diarrisso, 2014). Les diversités phénotypiques des formes de maïs se manifestent dans les propriétés agronomiques (Naoura *et al.*, 2015). Les descripteurs phénotypiques les plus couramment utilisés sont liés aux caractéristiques de l'architecture des plantes, des panicules, des épis, des grains et de la précocité. Il existe donc une forte variabilité au niveau des caractères morphologiques qualitatifs et quantitatifs des épis des cultivars (Drinic *et al.*, 2012 ; Samba, 2014).

### 1.3.1.2. Influence du climat sur la morphologie des cultivars

Les variations saisonnières du climat influencent fortement les conditions de croissance des cultures et les rendements obtenus (Bourriche & Guenez, 2020). En effet, en Afrique Sub-saharienne, il existe plusieurs risques climatiques associés à la variabilité temporelle et spatiale des pluies, aux paramètres de la saison tels que les fortes sécheresses. Tous ces facteurs peuvent constituer une contrainte climatique majeure pour la productivité du maïs (Sarr *et al.*, 2011). Ceci s'illustre par l'influence de périodes de déficits hydriques durant la croissance du maïs, touchant ainsi près de 50 % des surfaces cultivées dans le monde (Sanou *et al.*, 2013). Ces caractères climatiques et pédologiques sont donc à considérer comme des variables dans la caractérisation du maïs pour les mécanismes d'adaptation à la sécheresse et aux changements climatiques (Morais, 2012 ; Koffi *et al.*, 2021).

### 1.3.1.3. Influence des maladies sur la morphologie des cultivars

Le maïs tropical est attaqué par un grand nombre de pathogènes responsables de pertes économiques importantes. Ces pathogènes attaquent aussi bien les semences stockées, les épis et les plantes en croissance (feuilles et tiges). En effet, le maïs est infesté par des champignons pathogènes et saprophytes, la rouille, l'helminthosporiose, le charbon et la striure du maïs (Foucart, 2010 ; Karavina, 2014). Ces phénomènes d'attaque conduisent à la réduction de la forme et de la taille des épis, des feuilles, de la tige et des racines. Il convient donc à mettre en place des variétés résistantes afin de préconiser la protection et l'amélioration des cultivars de maïs.

#### 1.3.1.4. Rendement des cultivars

La mise en place de variétés à rendement élevé dépend d'abord de l'aspect morphologique des grains. Ensuite, l'accès aux ressources génétiques constituent la matière première utilisée par les sélectionneurs pour améliorer la qualité et la productivité du maïs (N'Da *et al.*, 2014 ; Djaha *et al.*, 2017). En effet, la caractérisation représente un élément essentiel de la sécurité alimentaire. Il ressort que les variétés locales de maïs étudiées ont des poids faibles comparées aux variétés locales améliorées, tandis qu'elles ont presque toutes les mêmes taux d'humidité compris entre 11 et 12 % (Deffan *et al.*, 2015).

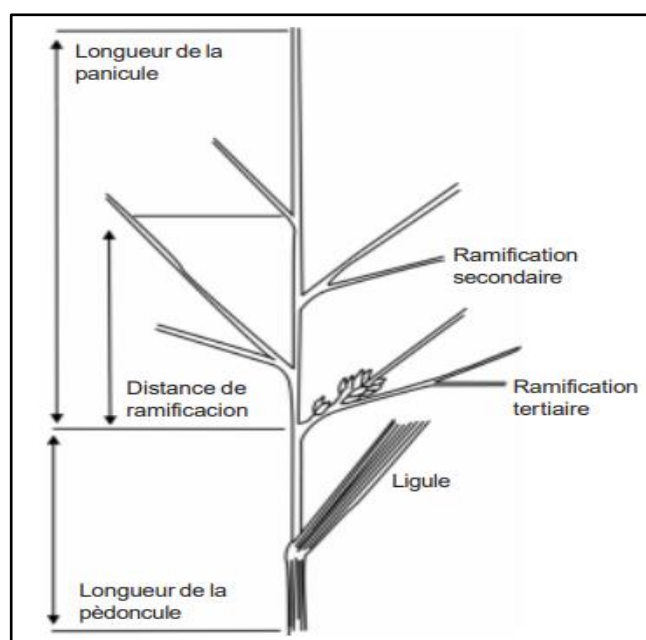
#### 1.3.2. Paramètres de caractérisation agro-morphologique des variétés de maïs

Les variétés améliorées ou traditionnelles de maïs sont cultivées dans diverses zones agro-écologiques du pays. Ces variétés sont produites en culture pure ou en association avec d'autres cultures. L'analyse des descripteurs morphologiques permet de révéler la diversité telle qu'elle est perçue et sélectionnée par les agriculteurs (N'da *et al.*, 2014 ; Bamboré, 2016). Les descripteurs morphologiques ont favorisé une différenciation phénotypique permettant de décrire et de classer des milliers de formes d'épis et d'autres variables du maïs. L'existence d'une variabilité importante pour la plupart des caractères agronomiques a été mise en évidence sur plusieurs espèces cultivées telles que le mil, le sorgho, le riz, le soja, le niébé (Salami *et al.*, 2017 ; Bello *et al.*, 2018). La diversité agro-morphologique des lignées à travers les descripteurs morphologiques est indispensable pour créer des variétés nouvelles adaptées aux variations climatiques et résistantes aux maladies. L'évaluation et la caractérisation agro-morphologique de ces écotypes a donné une source de modèle de variété pouvant être utilisée pour l'amélioration des rendements (Taoré *et al.*, 2019). Plusieurs caractères phénotypiques sont gouvernés par un ou plusieurs gènes qui influence l'aspect des descripteurs des plantes dans l'environnement.

##### 1.3.2.1. Descripteurs végétatifs du maïs

La caractérisation des variétés est une technique indispensable pour l'amélioration des plantes dans l'agriculture. Un descripteur végétal est une caractéristique identifiable, quantifiable et qualifiable d'une espèce. Les descripteurs agro-morphologiques peuvent être qualitatifs ou quantitatifs et incluent des caractères botaniques et taxonomiques. Ils incluent également des descripteurs qui n'identifient pas nécessairement l'espèce mais sont importants du point de vue agronomique et de l'amélioration génétique (Bakari *et al.*, 2018). Ainsi, pour une variété de maïs, plusieurs descripteurs agro-morphologiques permettent de décrire, de classer et de sélectionner les caractères susceptibles d'être

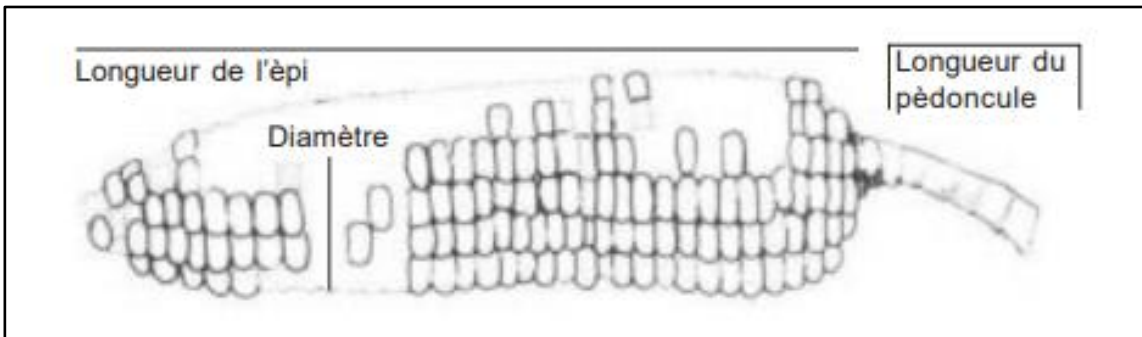
exploités pour l'amélioration de la culture du maïs (Bamboré, 2016 ; Tshiabukole, 2018 ; Traoré *et al.*, 2019 ; Salami *et al.*, 2020). Ces descripteurs sont : Taille de la panicule, Type de panicule (Figure 4), Nombre de jours pour la floraison mâle, Nombre de jours pour la floraison femelle, Nombre de jours pour la sénescence de la feuille de l'épi, Hauteur de la plante, Hauteur d'insertion de l'épi, Nombre total de feuilles par plante, Nombre de feuilles au-dessus de l'épi, Longueur de la feuille, Largeur de la feuille, Position de la feuille, Présence de ligule de la feuille, Volume racinaire, Index de tallage, Couleur de la tige, Verse racinaire, Casse ou verse caulinaire, Longueur de la panicule, Longueur du pédoncule de la panicule, Plantes encore vertes bien que l'épi soit à maturité, Distance de ramification de la panicule, Nombre de ramifications de la panicule (Figure 5).



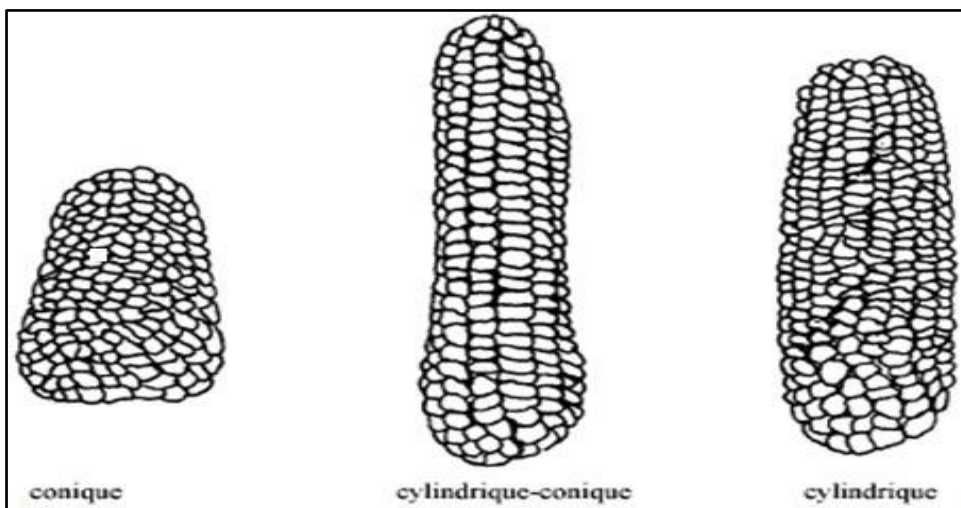
**Figure 4:** Types de ramification de la panicule de maïs (IBPGR, 1991)

### 1.3.2.2. Descripteurs de l'épi du maïs

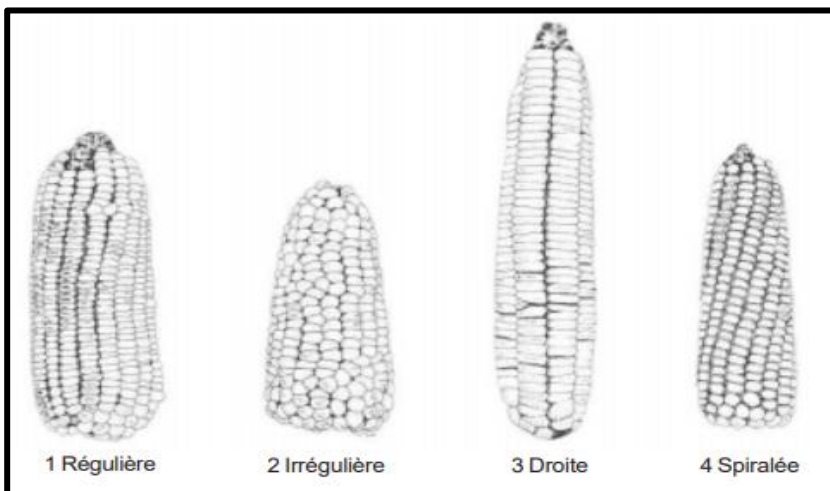
La caractérisation de l'épi prend en compte de nombreux descripteurs (Tshiabukole, 2018 ; Traoré *et al.*, 2019 ; Salami *et al.*, 2020). Ces descripteurs sont : Longueur du pédoncule, Longueur de l'épi, Diamètre de l'épi (Figure 5), Diamètre de la rafle, Couleur de la rafle (blanche, rouge, pourpre ou brune), Diamètre du rachis (Songre-Ouattara, 2015), Nombre de bractées, Forme de l'épi (conique, cylindrique et cylindrique-conique ; Figure 6), Couverture de l'épi, Dégâts sur l'épi, Disposition des rangées de grains sur l'épi (régulière, irrégulière, droite et spiralee ; Figure 7) et Nombre de rangées de grains (Salami *et al.*, 2020).



**Figure 5:** Descripteurs de l'épi du maïs (IBPGR, 1991)



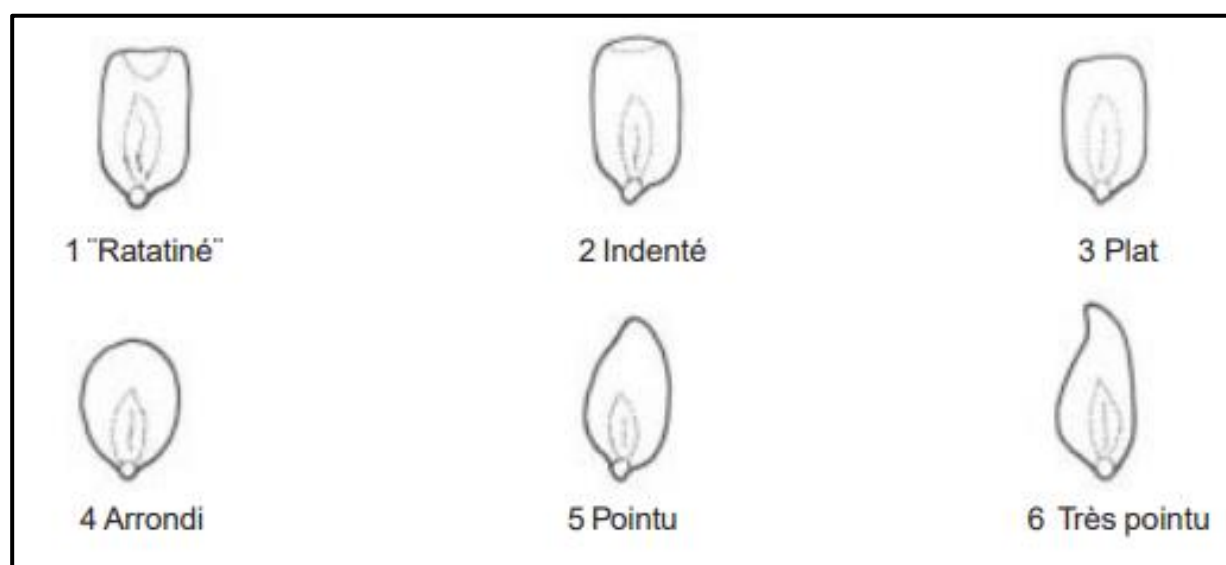
**Figure 6:** Types de forme d'épi (Awata *et al.*, 2019)



**Figure 7:** Types de disposition des rangées de grains sur l'épi (IBPGR, 1991)

### 1.3.2.3. Descripteurs des grains

Les grains de maïs peuvent être caractérisés par diverses variables telles que : Longueur du grain, Largeur du grain, Epaisseur du grain, Forme des grains (Ratatiné, Indenté, Plat, Arrondi, Pointu et Très pointu ; Figure 8), Couleur des grains (Blanc, Jaune, Pourpre, Bigarré, Brun, Orange, Tacheté, Extrémité blanche et Rouge), Couleur du péricarpe (Incolore, Blanc grisâtre, Rouge et Brun), Couleur de la couche aleurone (Incolore, Bronze, Rouge et Pourpre), Couleur de l'endosperme (Blanc, Crème, Jaune pâle, Jaune, Orange et Extrémité blanche) et Poids de 1000 grains (Bamboré, 2016 ; Tshiabukole, 2018 ; Traoré *et al.*, 2019 ; Salami *et al.*, 2020).



**Figure 8:** Type de formes des grains de maïs (IBPGR, 1991)



## 1.4. GENERALITE SUR LA ZONE D'ÉTUDE

La caractérisation d'une culture dans une zone précise est sujette d'influence des facteurs climatiques, pédologiques et hydrographiques. Cette partie relate des informations concernant les différents paramètres climatiques susceptibles d'influencer la mise en place d'une culture. Aussi, il décrit le département de Daloa, en tenant compte de la démographie et des activités agro-économiques.

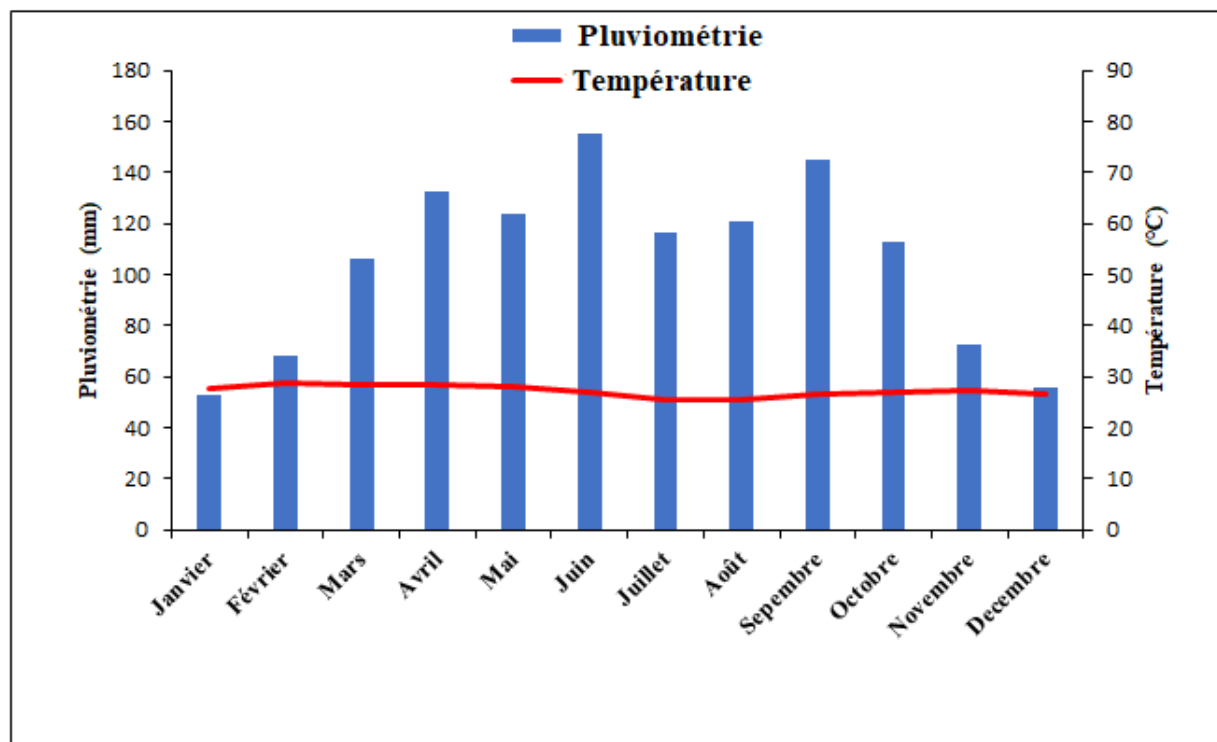
### 1.4.1. Présentation du département de Daloa

Le département de Daloa est situé au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, en Afrique de l'ouest, entre 06°51' et 06°59' de latitude Nord et 06°36 et 06°44' de longitude Ouest. Daloa est le chef-lieu de la région administrative du Haut-Sassandra avec une population estimée à 319 427 habitants (INS, 2014 ; N'Guessan *et al.*, 2014). Le département de Daloa s'étend dans un cadre naturel relativement avantageux de par sa végétation, puisqu'il est entièrement situé dans la zone forestière semi-décidue. Il présente une forte diversité en ressources floristique, faunique et agricole (N'Guessan *et al.*, 2014). Ville cosmopolite à forte extension, Daloa regorge de nombreuses activités agroéconomiques menées par les autochtones, allochtones et allogènes. La ville de Daloa est délimitée au Nord par les départements de Vavoua, au Sud par Issia, à l'Ouest par Zoukougbeu et à l'Est par celui de Bouaflé.

### 1.4.2. Caractéristiques biophysiques de Daloa

#### 1.4.2.1. Climat

Daloa appartient à la zone Guinéenne tropicale humide semi-décidue ou subéquatoriale à deux saisons dont une saison sèche et l'autre pluvieuse. La délimitation de ces saisons est de nos jours perturbée à cause des problèmes liés au changement climatique. La pluviométrie annuelle varie entre 1200 et 1600 mm d'eau avec une humidité relative oscillant entre 63 et 95 % (Koffi-Bikpo & Kra, 2013 ; N'Dri *et al.*, 2015). Cependant, le pic de précipitation atteint 107,25 mm de pluie en Septembre (Kouakou *et al.*, 2018 ; Akaffou, 2019). La température maximale se situe entre 29 °C et 35 °C, et la minimale de 21 °C à 23 °C (Ayolié *et al.*, 2016 ; Akaffou, 2019). Par ailleurs, selon la Société d'Exploitation de Développement Aéroportuaire Aéronautique Météo (SODEXAM) en 2020, le changement climatique a impacté sur la variabilité du climat via les composantes températures et pluviométries. Cette variation est représentée par la courbe ombrothermique prenant en compte les données de 2000 à 2019 (Figure 9).



**Figure 9 :** Diagramme ombro-thermique de la station de Daloa de 2000 à 2019 (Source : SODEXAM, 2020)

#### 1.4.2.2. Végétation

Daloa, ville située dans la région du Haut-Sassandra, jouit d'une zone forestière appartenant de façon générale à la zone de forêt dense semi-décidue à *Celtis spp.* et *Triplochiton scleroxylon* du secteur mésophile au sein du domaine guinéen. Cette végétation est caractérisée par une importante diversité floristique (Kouakou *et al.*, 2015 ; Kouakou *et al.*, 2017). Elle se caractérise également par la chute quasi-simultanée des feuilles des grands arbres durant la saison sèche (Barima *et al.*, 2016). La végétation du massif forestier du Haut-Sassandra qui était du type forêt dense semi-décidue connaît depuis quelques temps une forte augmentation des surfaces des mosaïques jachères-cultures, c'est-à-dire, une végétation de forêt dense à évolution régressive et fortement dégradée suite à l'activité humaine (Assalé *et al.*, 2016 ; Zanh, 2016). Ainsi, dans les zones très dégradées, se rencontrent *Acacia kamerunensis*, *Chromolaena odorata*, *Mezoneuron benthamianum* et *Combretum sp.* Dans les zones de forêt moyennement dégradées, se trouvent *Musanga cecropioides*, *Myrianthus arboreus* et *Trema guineensis*. Les zones de forêt moins dégradées, sont peuplées par les espèces telles que *Acroceras gabunense*, *Geophila obvallata*, *Streptogyna crinita*, *Celtis sp.*, *Nesogordonia papaverifera*, *Terminalia superba* et *Triplochiton*

*scleroxylon*. Les terres sont couvertes, soit de cultures pérennes (cacao, café, palmier à huile et hévéa) ou de cultures vivrières, soit de formations secondaires dominées par des forêts dégradées, des végétations herbacées comprenant des espèces de légumineuses couplées à d'autres espèces (Akafou, 2019 ; Akedrin *et al.*, 2020).

#### 1.4.2.3. Faune

A l'instar des autres zones forestières de la Côte d'Ivoire, le département de Daloa avait autrefois une richesse faunique. Il y avait la présence de divers animaux sauvages dont les antilopes, d'où provient le nom de la « cité des antilopes ». Aujourd'hui, du fait de la pression démographique sur les ressources forestières et animales, la présence de ces animaux a été considérablement réduite (Kouakou *et al.*, 2018). Il existe encore dans la zone quelques espèces sauvages, notamment de petits rongeurs et reptiles. Aussi, la présence de certains primates tels que *Cercopithecus petaurista*, *Cercopithecus lowei*, *Pan troglodytes verus*, *Piliocolobus badius*, *Procolobus verus*, *Galagoïdes thomasi* et *Perodictitus potto* dans la localité de Gbetitapea a été mentionnée (Boko, 2022).

#### 1.4.2.4. Relief

Le relief de Daloa, relativement plat, est composé de plaines et de bas plateaux occupés par la forêt dense humide semi-décidue avec quelques bas-fonds et collines (Yao *et al.*, 2016). Le modèle de relief de la région du Haut-Sassandra est constitué en grande partie de plateaux d'altitudes variant entre 160 m à 480 m et de nombreuses vallées. Il est monotone et le paysage est constitué de pénéplaines qui sont de vastes surfaces faiblement ondulées. Ces pénéplaines sont constituées d'interfluves dont les modèles élémentaires varient entre deux grands pôles. De cette surface émergent de temps en temps des reliefs résiduels constitués d'inselbergs isolés (Koffié-Bikpo & Kra, 2013 ; Adou *et al.*, 2018).

#### 1.4.2.5. Sol et géologie

Le sol de Daloa comme celui de la région du Haut-Sassandra est du type ferralitique remanié qui est connu pour sa bonne aptitude agricole et se prête à tous les types de cultures (Koffié-Bikpo & Kra, 2013). Ces sols fertiles, comportent un horizon enrichi en éléments grossiers (débris de cuirasse, gravillons ferrugineux, etc.), des glacis aplanis indifféremment établis sur schistes ou sur granites qui s'abaissent de 300 vers 200 m d'altitude (Akafou, 2019). Ils se caractérisent aussi par leur horizon humifère peu épais, mais riche en matière organique, faiblement acide et bien structuré. Ils sont peu sensibles à l'érosion du fait de la présence continue d'un couvert végétal. Ces sols ferralitiques présentent une texture sablo-limoneuse et un pH de 5,0 (Soro *et al.*, 2015). Ces sols ferralitiques coexistent avec les

sols peu évolués et les sols hydromorphes. Les roches sont constituées de roches métamorphiques schisteuses, granites, migmatites, granito-gneiss et de roches basiques du complexe volcano-sédimentaire et proviennent de l'altération du vieux socle précambrien. Ces formations géologiques sont dominées par trois entités géologiques, à savoir le granite qui occupe presque tout le bassin, le schiste et le flysch qui se retrouvent à certains endroits (Yao *et al.*, 2016 ; Kouassi *et al.*, 2018).

#### 1.4.2.6. Hydrographie

La région du Haut-Sassandra dispose d'un réseau hydrographique dense. Elle est sous l'influence du fleuve Sassandra et ses affluents dont les principaux sont le Boa, le Lobo, le Davo et le lac du barrage de Buyo sur la rive gauche ; le Bafing et le N'zo, sur la rive droite. Le fleuve Sassandra avec une longueur de 650 Km prend sa source dans la région du Beyla, en Guinée, sous le nom de FéréDougou. En outre, de nombreux cours d'eaux à écoulement saisonnier tel que le Dé, le Bajoré, le Boty, le Godo et le Kobofle arrosent la région donnant lieu à de nombreux bas-fonds cultivables (Koffié-Bikpo & Kra, 2013 ; Adou *et al.*, 2018).

La rivière Lobo est l'un des principaux affluents en rive gauche du fleuve Sassandra. Son bassin hydrographique est situé à 25 km de Daloa entre 6°20 et 7°55 de longitude Ouest et entre 6° et 6°55 de latitude Nord. Ce bassin versant est à cheval sur les régions du Haut-Sassandra, du Worodougou, de la Marahoué et du Bas-Sassandra. Elle prend sa source dans la région de Séguéla, drainant une superficie de 12745 km<sup>2</sup> et parcourt 355 km avec un périmètre de 530 km. Le relief du bassin, peu contrasté et peu varié est dominé par des plateaux de 200 à 400 m d'altitude (Groga, 2017). L'approvisionnement en eau potable des villes et des gros villages est assuré par les systèmes d'adduction d'eau de la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire (SODECI) et pour les autres localités par des systèmes hydrauliques villageoises (HV) (Yao *et al.*, 2016). Les formations hydrogéologiques présentent des réserves d'eau se développant dans les aquifères dont l'importance est fonction du niveau d'altération et de fracturation de la roche mère. On distingue donc deux types d'aquifères : les aquifères d'altérites (superficiels) et les aquifères fracturés (plus profonds) (Yao *et al.*, 2016).

#### 1.4.2.7. Population

Selon les résultats de l'Institut National de la Statistique (INS) en 2014, la population du département de Daloa s'élève à 591 633 habitants dont 319 427 habitants pour la Sous-préfecture de Daloa. Cette population est fortement peuplée avec plus des deux tiers de la population en milieu rural (INS, 2014 ; Kouakou *et al.*, 2017). Elle comprend plusieurs groupes ethniques autochtones (Niaboua,

Gouro, Bété, Niédéboua...), allochtones et allogènes. La population allochtone est composée de Baoulé, Agni, Sénoufo, Malinké et autres groupe ethniques. Quant à la population allogène, elle est composée de ressortissants des pays voisins (Guinée, Burkina Faso, Mali et Ghana) et d'autres ressortissants des pays d'Afrique de l'Ouest (Bénin, Togo, Nigéria...) et de divers autres pays. La population, qui est en majorité rurale, constitue un atout indéniable pour la production agricole. Daloa est la troisième plus grande agglomération de la Côte d'Ivoire après Abidjan et Bouaké (Kouakou *et al.*, 2018). Sa croissance urbaine est essentiellement démographique avec une incidence directe sur la surface urbanisée (Bolou, 2021).

#### **1.4.2.8. Activités agricoles et économiques**

Le milieu naturel favorable conduit à une diversité de production agricole. Ainsi, la presque totalité des produits vivriers cultivés en Côte d'Ivoire se retrouvent dans la région. L'on en cultive sur place les féculents (igname, banane, manioc), les céréales (riz, maïs), les légumineuses (soja, haricot...) et les fruits. La population s'adonne également à la culture de rente à but commercial (café, cacao, hévéa, anacarde, palmier à huile) (Koffié-Bikpo & Kra, 2013 ; Zanh *et al.*, 2018). La région du Haut-Sassandra constitue la deuxième grande zone de production de cacao en Côte d'Ivoire après la région de la Nawa. Elle fournit environ 13,8 % de la production nationale chaque année, soit en moyenne 195 000 tonnes de cacao par an (N'Dri *et al.*, 2015).

**DEUXIÈME PARTIE: MATÉRIEL ET  
MÉTHODES**

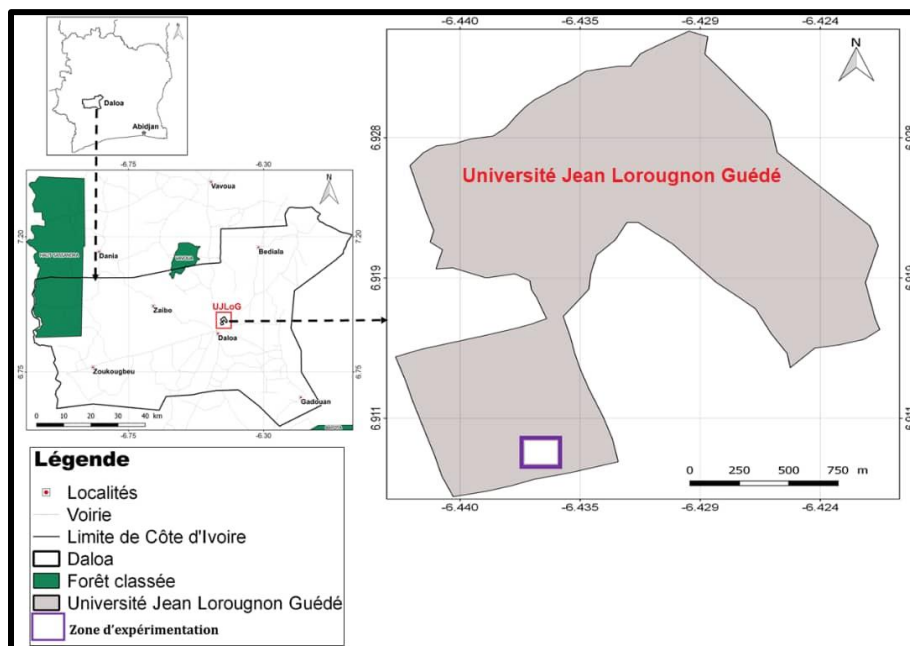
La mise en place d'une étude expérimentale et scientifique nécessite primordialement l'utilisation d'un certain nombre d'outils adéquats et des méthodes spécifiques pour aboutir aux résultats escomptés. Dans ce chapitre, l'étude de la caractérisation des lignées de maïs a nécessité l'utilisation d'une part, d'un matériel végétal, d'un matériel technique et d'autre part, d'une méthode afin de réaliser l'expérience. Toutefois, la description du site d'étude s'avère très importante.

## 2.1. SITE D'ÉTUDE

Le site d'étude qui a servi à la réalisation des essais est la parcelle expérimentale de l'Université Jean Lorougnon Guédé située dans le quartier Tazibouo à l'Est de la ville de Daloa entre la longitude 6°26.186' et 6°26.604'Ouest et entre 6°54.323' et 6°54.844' de la latitude Nord (Figure 10).

La végétation du site d'étude appartient à la zone de forêt dense humide semi-décidue à *Celtis spp* et *Triplochiton scleroxylon* (K. Schum) du secteur mésophile. Cette végétation était caractérisée par la chute quasi-simultanée des feuilles des grands arbres. Du fait des activités anthropiques intenses, d'autres types de végétation sont apparus à savoir, des forêts dégradées, des jachères et des cultures (Kouakou *et al.*, 2015). Par ailleurs, la parcelle expérimentale de ce site est de type jachère de 4 à 5 ans avec des précédents culturels dominés par la culture du maïs, manioc et des légumineuses herbacées (Akoguhi *et al.*, 2020).

Le sol du site d'étude est principalement de type ferrallitique d'origine granitique moyennement dénaturé présentant une texture sablo-limoneuse et un pH acide ou peu acide avec de bonnes aptitudes agricoles (Soro *et al.*, 2015 cités par Ayolié *et al.*, 2021). Ce site expérimental a permis d'effectuer deux essais sur deux années successives (2020 et 2021) dont chaque année représente un cycle cultural. Au cours de chaque cycle, les expérimentations ont été menées dans la même période c'est-à-dire, de Mars à juillet.



**Figure 10:** Localisation géographique du site d'étude

## 2.2. MATÉRIEL


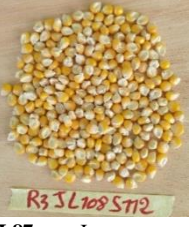


### 2.2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de quarante (40) lignées de maïs (*Zea mays*) à grains jaunes, obtenues par autofécondation successive (5 générations) de plantes issues de semences de la variété EV8728, irradiées aux rayonnements gamma aux doses 200 (16 lignées) et 300 grays (24 lignées). Les grains de maïs irradiés aux doses 200 et 300 grays ont présenté les meilleures aptitudes de germination, de croissance et de développement. En plus des 40 lignées, l'autofécondation des plantes issues des semences mères de la variété EV8728 non irradiées ont permis d'obtenir la lignée témoin. Les semences des lignées obtenues ont été utilisées pour le premier et le second cycle de culture. Les semences mères, fournies par le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Bouaké en Côte d'Ivoire, ont été irradiées au laboratoire de « Genetic and Plant Breeding » de l'AIEA à Seibersdorf en Autriche. Cette variété est adaptée aux conditions pédoclimatiques de la majorité des régions de la Côte d'Ivoire. Elle fait partie des variétés améliorées les plus cultivées en Côte d'Ivoire.

Les différentes lignées étudiées (Figure 11) sont : L1<sub>D0</sub> (Témoin) ; L7<sub>D200</sub> ; L8<sub>D200</sub> ; L9<sub>D200</sub> ; L11<sub>D200</sub> ; L23<sub>D200</sub> ; L88<sub>D200</sub> ; L86<sub>D200</sub> ; L87<sub>D200</sub> ; L89<sub>D200</sub> ; L91<sub>D200</sub> ; L92<sub>D200</sub> ; L93<sub>D200</sub> ; L95<sub>D200</sub> ; L95A<sub>D200</sub> ; L95B<sub>D200</sub> ; L99<sub>D200</sub> ; L30<sub>D300</sub> ; L32<sub>D300</sub> ; L32A<sub>D300</sub> ; L36<sub>D300</sub> ; L41<sub>D300</sub> ; L46<sub>D300</sub> ; L46A<sub>D300</sub> ; L47<sub>D300</sub> ;



L48<sub>D300</sub> ; L51<sub>D300</sub> ; L54<sub>D300</sub> ; L54A<sub>D300</sub> ; L59<sub>D300</sub> ; L60<sub>D300</sub> ; L61<sub>D300</sub> ; L63<sub>D300</sub> ; L67<sub>D300</sub> ; L71<sub>D300</sub> ;  
L71A<sub>D300</sub> ; L72<sub>D300</sub> ; L72A<sub>D300</sub> ; L74<sub>D300</sub> ; L75<sub>D300</sub> et L77<sub>D300</sub>.

 <p>T0JST0</p> <p>L1<sub>D0</sub> : Jaune orangé - plat - lisse</p>	 <p>R2JL77556</p> <p>L7<sub>D200</sub> : Jaune - arrondi - lisse</p>	 <p>R1JL16566</p> <p>L8<sub>D200</sub> : Jaune clair-plat - lisse</p>	 <p>R3JL1065102</p> <p>L9<sub>D200</sub> : Jaune orangé - plat - lisse</p>	 <p>R2JL62524</p> <p>L11<sub>D200</sub> : Jaune orangé - plat - lisse</p>	 <p>R1J5193</p> <p>L23<sub>D200</sub> : Jaune - plat - lisse</p>	 <p>R2J572</p> <p>L86<sub>D200</sub> : Jaune - arrondi - lisse</p>
 <p>R3JL1085112</p> <p>L87<sub>D200</sub> : Jaune - arrondi - lisse</p>	 <p>R1JL355168</p> <p>L88<sub>D200</sub> : Jaune orangé - arrondi - lisse</p>	 <p>R1JL37533</p> <p>L89<sub>D200</sub> : Jaune orangé - arrondi - lisse</p>	 <p>R3J525</p> <p>L91<sub>D200</sub> : Jaune - plat - lisse</p>	 <p>R1J5561</p> <p>L92<sub>D200</sub> : Jaune - arrondi - lisse</p>	 <p>R3J580</p> <p>L93<sub>D200</sub> : Jaune orangé - plat - lisse</p>	 <p>R1JL19591</p> <p>L95<sub>D200</sub> : Jaune orangé - plat - lisse</p>
 <p>R1JL04576A</p> <p>L95A<sub>D200</sub> : Jaune orangé - arrondi - lisse</p>	 <p>R1JL43576B</p> <p>L95B<sub>D200</sub> : Jaune orangé - plat - lisse</p>	 <p>R1J590</p> <p>L99<sub>D200</sub> : Jaune clair-arrondi - lisse</p>	 <p>R1JL654</p> <p>L30<sub>D300</sub> : Jaune orangé - arrondi - lisse</p>	 <p>R2JL835115</p> <p>L23<sub>D300</sub> : Jaune - plat - lisse</p>	 <p>R1J513</p> <p>L32A<sub>D300</sub> : Jaune clair - plat - lisse</p>	 <p>R1JL8501</p> <p>L36<sub>D300</sub> : Jaune - plat - lisse</p>


 <p>R15L25558</p> <p>L41<sub>D300</sub>: Jaune - plat - lisse</p>	 <p>R2L76S195 J</p> <p>L46<sub>D300</sub>: Jaune - plat - lisse</p>	 <p>R2JL53S197</p> <p>L46A<sub>D300</sub>: Jaune orange - arrondi - lisse</p>	 <p>R3JL70S569</p> <p>L47<sub>D300</sub>: Jaune orangé - arrondi - lisse</p>	 <p>R1JL34S189</p> <p>L48<sub>D300</sub>: Jaune - arrondi - lisse</p>	 <p>R1S51</p> <p>L51<sub>D300</sub>: Jaune clair - arrondi - lisse</p>	 <p>R1SL29S19</p> <p>L54<sub>D300</sub>: Jaune - arrondi - lisse</p>
 <p>R1JL44S18</p> <p>L54A<sub>D300</sub>: Jaune - arrondi - lisse</p>	 <p>R3JL128S08</p> <p>L59<sub>D300</sub>: Jaune - arrondi - lisse</p>	 <p>R1SL29S20</p> <p>L60<sub>D300</sub>: Jaune clair - plat - lisse</p>	 <p>R3JL123S77</p> <p>L61<sub>D300</sub>: Jaune rougeâtre - arrondi - lisse</p>	 <p>R3JL11S82</p> <p>L63<sub>D300</sub>: Jaune clair - plat - lisse</p>	 <p>R2J503</p> <p>L67<sub>D300</sub>: Jaune - plat - lisse</p>	 <p>R1J510</p> <p>L71<sub>D300</sub>: Jaune clair - plat - lisse</p>
 <p>R1JL38S54</p> <p>L71A<sub>D300</sub>: Jaune - plat - lisse</p>	 <p>R1S5159</p> <p>L72<sub>D300</sub>: Jaune - arrondi - lisse</p>	 <p>R3JL115S180</p> <p>L72A<sub>D300</sub>: Jaune orangé - arrondi - lisse</p>	 <p>R1J507</p> <p>L74<sub>D300</sub>: Jaune orangé - arrondi - lisse</p>	 <p>R2JL85S47</p> <p>L75<sub>D300</sub>: Jaune orangé - arrondi - lisse</p>	 <p>R3J543</p> <p>L77<sub>D300</sub>: Jaune orangé - plat - lisse</p>	

Figure 11: Semences des différentes lignées étudiées

### 2.2.2. Matériel technique

Le matériel technique utilisé au cours des travaux est composé de matériel de désherbage, d'entretien de la parcelle et de mesure (tableau I).

**Tableau I:** Matériel de désherbage, d'entretien de la parcelle et de mesure

<b>1- Matériel de désherbage et d'entretien de la parcelle</b>		
<b>Désignation</b>	<b>Marque/Précision</b>	<b>Rôle</b>
Tracteur		Aplanissement de la parcelle
Machettes, pioches, râteaux		Préparation de la parcelle
Dabas		Désherbage et semis
Fûts	1000 L	Conservation et apport d'eau
Tuyaux d'irrigation		Irrigation des plants de maïs
Pulvérisateurs	15 L	Traitement phyto des plants
<b>2- Matériel de mesure</b>		
<b>Désignation</b>	<b>Marque/Précision</b>	<b>Rôle</b>
Pied à coulisse	Stainless Hardened, 150 mm, 1,55v	Mesure du diamètre au collet des plants et des épis
Mètre ruban et règle graduée	50 m, 3 m	Délimitation de la parcelle, mesure de hauteur des plants, longueur et largeur de feuille, longueur de l'épi.
Corde		Délimitation de la parcelle et réalisation des lignes
Ruban adhésif		Etiquetage des épis
Marker permanent	Rotito ou trio	Identification des plants et dénombrement des feuilles
Enveloppe	Papier kraft	Autofécondation des plants
Station météo	Décathlon	Mesure de la température, la pluviométrie et le vent
Balance numérique	Scout Pro	Réalisation des pesées
Sacs et sachets		Récolte et conservation du maïs
Pancartes		Identification des lignées
Dramiński		Mesure du taux d'humidité des grains
Appareil photo	FinePix S4600 5.v 5,5w et Nikon wide 5xzoom 10x ; Tecno spark go, 2020, 4160X3120	Prise de photo



## 2.3. MÉTHODES

### 2.3.1. Choix et mise en place de la parcelle expérimentale

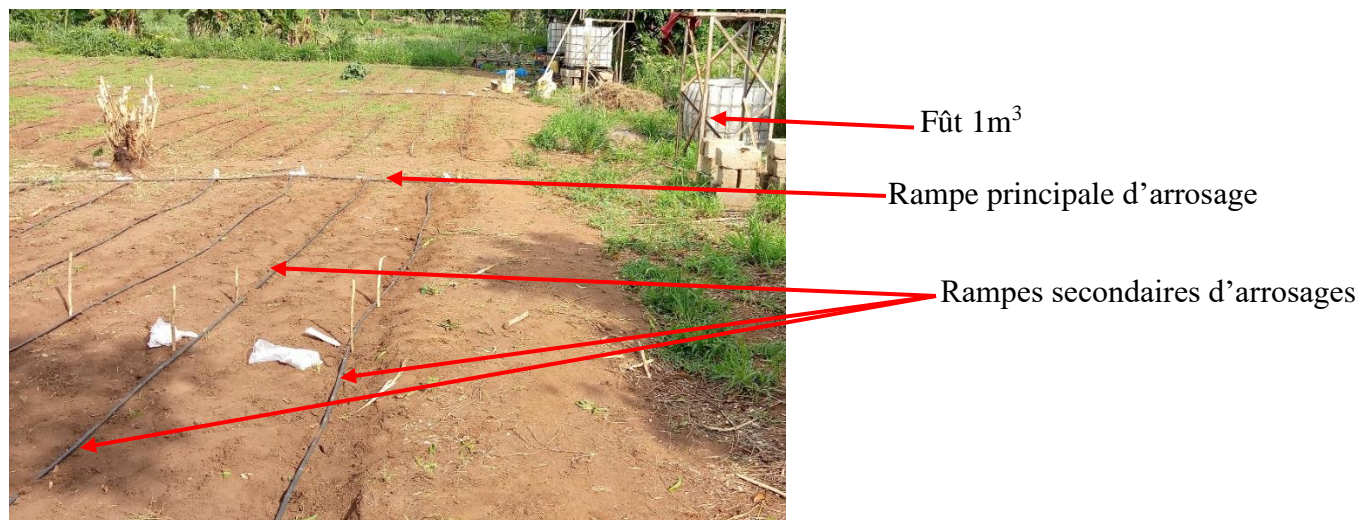
La parcelle expérimentale a été choisie sur la base d'une surface topographique plus ou moins homogène de type jachère, d'une richesse en matière organique (humus) et de l'accessibilité à une source d'irrigation. Quant à la mise en place de la parcelle expérimentale, elle a consisté d'abord à délimiter à l'aide de cordes et d'un mètre ruban, la surface de l'essai. Ensuite, la parcelle (Figure 12) a été défrichée à l'aide de dabas et de machettes. Les râtaux ont été utilisés pour dégager les débris d'herbe de la parcelle (rendre propre la parcelle). La nivellation de la surface topographique a été faite à l'aide de pioches afin de favoriser l'installation du système d'irrigation et de faire le semis.



**Figure 12:** Mise en place de la parcelle expérimentale

#### 2.3.1.1. Installation du système d'irrigation

Le système d'irrigation installé au cours de cette expérience est un système goutte à goutte, utilisant des rampes secondaires accrochées à une rampe principale (Figure 13). Cette rampe principale est connectée à un fût de volume  $1\text{m}^3$ , de distribution centrale de l'eau d'arrosage. L'ensemble du système est actionné par des robinets d'eau. Ce système d'arrosage a été utilisé en cas de nécessité.



**Figure 13:** Installation du système d'irrigation

### 2.3.1.2. Dispositif Expérimental

Le dispositif expérimental est constitué de trois blocs aléatoires complètement randomisés qui composent les trois répétitions étudiées. Cette randomisation aléatoire au sein de chaque bloc a été conçue à l'aide du logiciel CropStat version 7.2. Les blocs ou répétitions sont distants de 2 m (Figure 14). Chaque bloc constitue une répétition renfermant quarante-quatre (44) lignes dont 40 lignes pour les lignées irradiées et 4 lignes pour le témoin. Les lignes ont été séparées de 0,8 m et contiennent chacune douze (12) poquets distants de 0,4 m. les trois blocs ont enregistré 132 lignes soit 1584 poquets. Chaque bloc a une superficie de  $151,36 \text{ m}^2$  (34,4 m x 4,4 m). La surface totale exploitée en tenant compte des trois blocs et des écarts de 2 m entre les blocs et les extrémités des blocs est de  $814,08 \text{ m}^2$ .

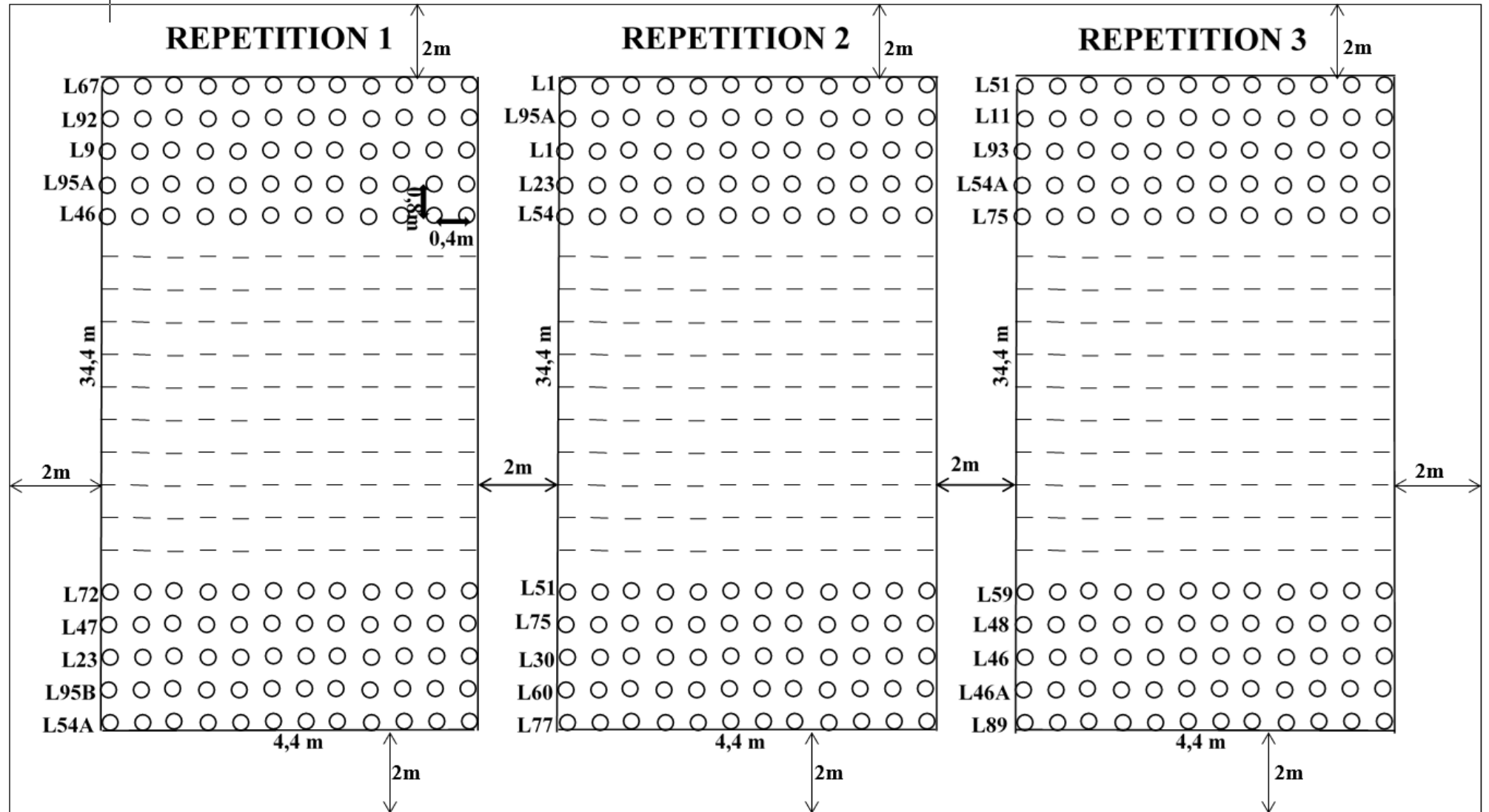


Figure 14: Organisation d'un bloc du Dispositif expérimental de type randomisé

— — — — = Lignées manquantes

○ = Poquets

## **2.3.2. Mise en place de la culture**

### **2.3.2.1. Semis des grains de maïs**

Le semis a été réalisé à 0,4 cm entre les poquets et à 0,8 cm entre les lignes. Ainsi, douze (12) poquets d'environ 3 cm ont été creusés sur chacune des lignes puis traités avec un mélange de deux insecticides Pyrical 5G et Vital 3G. Une cuillerée à soupe du mélange a été déposée dans chaque poquet pour protéger les grains contre les ravageurs (nématodes, fourmis, vers blancs, termites, taupins, vers gris, blaniules, scutigerelles, courtilières, tipules...). En effet, Pyrical 5G et Vital 3G sont des insecticides non systémiques agissant par contact, ingestion et inhalation. Dans chaque poquet, ont été semés deux grains, soit vingt-quatre (24) grains par ligne et par lignée. Au total, 3168 plants de maïs à raison de 1056 plants par bloc (24 x 44 x 3) ont été étudiés.

### **2.3.2.2. Fertilisation de la parcelle**

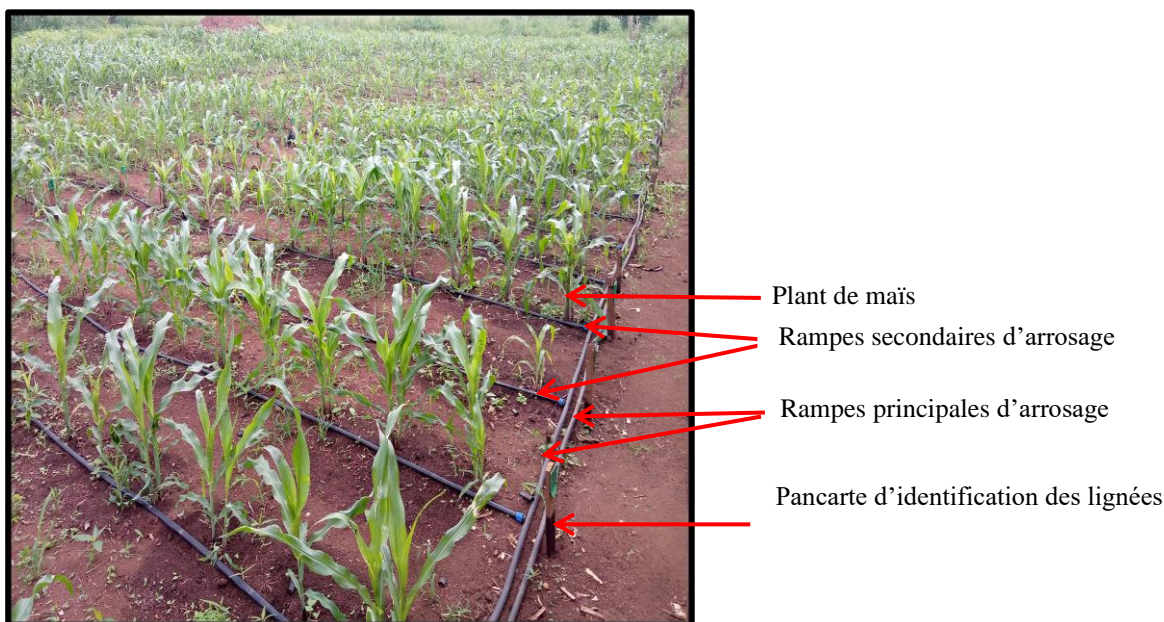
Au cours de cette expérience, l'engrais N P K (15 15 15) a été appliqué autour de chaque pied des plants de maïs à la dose de 6,5 g au 15<sup>ème</sup> jour après le semis afin de faciliter la croissance et le développement des jeunes plants (Figure 15). L'urée 40 % (6,5 g) est appliquée en début de la floraison afin de booster la formation des organes reproducteurs mâles et femelles du maïs. La fertilisation a été appliquée afin de palier à toutes insuffisances de fertilité du sol et de permettre aux plants de maïs de montrer leur potentiel de croissance.

### **2.3.2.3. Désherbage et traitement des plants de maïs**

Un désherbage manuel a été régulièrement fait pour extirper les mauvaises herbes. Ensuite, les plants ont été traités au moyen d'insecticide VIPER 46 EC afin de neutraliser les insectes dévoreurs des jeunes feuilles et des jeunes pousses d'épis. VIPER 46 EC est un pesticide homologué avec pour matière active Acétamipride 16 g/l + Indoxacarbe 30 g/l et de la famille : néonicotinoïdes et oxadiazines. Après application, ces produits continuent de protéger les cultures sur une période de 2 à 4 semaines. L'étiquette du produit indique une dose de 1 litre de produit commercial par hectare. Mais, la dose utilisée pour notre culture est de 20 ml du produit pour un pulvérisateur de 15 litres d'eau. Entre deux traitements, un intervalle de 14 jours doit être respecté et il ne faut pas dépasser deux traitements pour une culture. Pour ce produit, le délai de jour avant la récolte est de 7 jours. Aussi, l'insecticide de type Rambo (Rambo insect powder) a été appliqué dans le cornet des jeunes feuilles pour empêcher l'installation des ravageurs



ou insectes nuisibles. L'application peut être renouvelée 3 à 4 fois selon les besoins et aucune dose n'est indiquée sur les emballages.



**Figure 15:** Plants de maïs âgés de quatre (4) semaines

### 2.3.3. Collecte des données

La collecte a concerné deux types de données dont les données climatiques et agronomiques. Les données climatiques ont été collectées tout au long de l'année de chaque cycle de culture. Par contre, les données agronomiques ont été collectées uniquement qu'à la période de culture de chaque année.

#### 2.3.3.1. Données climatiques

Les paramètres climatiques considérés pour cette étude ont été la température (T), la pluviométrie (P) et l'insolation (INS). Les données ont été estimées par l'intensité de la chaleur (Température), la quantité de pluie tombée (Pluviométrie) et la durée de l'insolation. Ces composantes climatiques ont été relevées sur toutes les deux années d'essai (2020 et 2021) y compris les périodes de culture (avril à juillet) afin de mieux apprécier leur influence sur le comportement agronomique des lignées étudiées. Ces données ont été obtenues de façon journalière et en moyenne mensuelle par la station climatologique de la SODEXAM sise à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa.

#### 2.3.3.2. Données agronomiques

La collecte des données agronomiques a débuté depuis la phase de germination jusqu'à la récolte.

A cet effet, 5940 plants à raison de 1980 plants par bloc expérimental dont 660 plants par sous-bloc (soit 15 plants x 44 lignes/sous-bloc) ont été choisis de façon aléatoire pour déterminer les différentes variables considérées dans cette étude. Ces variables, au nombre de quarante et un (41) dont vingt-cinq (25) quantitatives et seize (16) qualitatives, ont été sélectionnées parmi les descripteurs du maïs pour la caractérisation des lignées de maïs étudiées (Tableau II).

**Tableau II:** Liste des variables quantitatives et qualitatives déterminées au cours de cette expérimentation.

<b>Variables</b>	<b>Quantitatives</b>	<b>Qualitatives</b>
<b>Phénologiques</b>		
<b>Germination</b>	- Délai de germination (DGer) - Taux de germination (TAG)	
<b>Croissance</b>	- Diamètre de la plante (DP) - Hauteur de la plante (HP) - Hauteur d'insertion de l'épi (HIE) - Indice d'insertion de l'épi (IIE) - Nombre de Feuilles (NF) - Surface Foliaire (SF) - Longueur de la panicule (LPa) - Nombre d'épillets (NE) - Taux de Verse (TAV)	- Couleur de la Feuille (CF) - Orientation de la Feuille (OF) - Couleur de la Tige (CT) - Forme de la Tige (FT) - Orientation de la Tige (OT) - Aspect des Racines (AR) - Type de verse (TV)
<b>Floraison</b>	- Délai d'apparition de l'épi (Da Epi) - Délai d'apparition de la Panicule (Da Pa) - Délai d'apparition du pollen (Da.Po) - Délai d'apparition de la soie (Da.Soie) - Intervalle panicule-épi (IPa.Epi) - Intervalle pollen-soie (IPo.Soie)	- Couleur de la panicule (C.Pa) - Couleur de soie (C.Soie) - Type de panicule - Disposition des épillets de la Panicule (DEPa)
<b>Production</b>	- Diamètre de l'épi sans spathe (DEpi) - Longueur de l'épi sans spathe (LEpi) - Nombre moyen de grains par épi (NMGEpi) - Nombre de rangées de grains par épi (NRGEpi) - Poids moyen des grains par épi (PMGEpi) - Poids de 1000 grains par épi (Pds 1000grs) - Poids de l'épi sans spathe (Pds Epi) - Rendement (Rdt)	- Remplissage de l'épi (REpi) - Couverture de l'épi (C.Epi). - Aspect des grains (AG) - Disposition des grains de l'Epi (DGEpi) - Forme de l'épi (FEpi)

## 2.3.4. Méthodes de détermination des variables

### 2.3.4.1. Variables de germination

Les variables de germination prises en compte dans cette expérience sont le délai et le taux de germination des grains des différentes lignées étudiées. Ces variables permettent d'évaluer le potentiel germinatif de chaque lignée. Ce sont :

✓ **Délai de germination des grains** : Le délai de germination est le temps qui sépare le semis et l'émergence de la plantule. Il se détermine en comptant le nombre de jours auxquels le pouvoir germinatif des grains s'est exprimé depuis le premier jour jusqu'au septième jour après semis.

✓ **Taux de germination** : Le taux de germination, exprimé en pourcentage (%), est le rapport entre le nombre de grains germés et le nombre total de grains semés par lignée.

$$\text{TAG (\%)} = \frac{\text{Nombre total de grains germés}}{\text{Nombre total de grains semés}} \times 100 \quad (1)$$

### 2.3.4.2. Variables de croissance

C'est l'ensemble des variables quantifiables ou mesurables et qualifiables (observations visuelles) relatives à la croissance de plants de différentes lignées. Ces variables sont au nombre de quinze (15).

#### 2.3.4.2.1. Variables quantitatives

Au nombre de huit (8), ces variables sont :

✓ **Diamètre au collet de la plante** : le diamètre au collet de la tige ou croissance secondaire, exprimé en mm, est déterminé à l'aide d'un pied à coulisse numérique sur la partie convexe de la tige après la maturation des épis (Figure 16) ;

✓ **Hauteur de la plante** : la hauteur de la plante ou croissance primaire, exprimée en cm, est déterminée à l'aide d'une règle graduée à partir du sol (collet) jusqu'à la feuille paniculaire (Figure 17) ;

✓ **Hauteur d'insertion de l'épi** : la hauteur d'insertion de l'épi, exprimée en cm, est déterminée à l'aide d'une règle graduée à partir du sol jusqu'au nœud d'insertion de l'épi (Figure 17) ;

✓ **Indice d'insertion de l'épi (IIE)** : l'indice d'insertion de l'épi est le rapport entre la hauteur d'insertion de l'épi et la hauteur de la plante ;

$$\text{IIE} = \frac{\text{Hauteur d'insertion de l'épi (cm)}}{\text{Hauteur de la plante (cm)}} \quad (2)$$

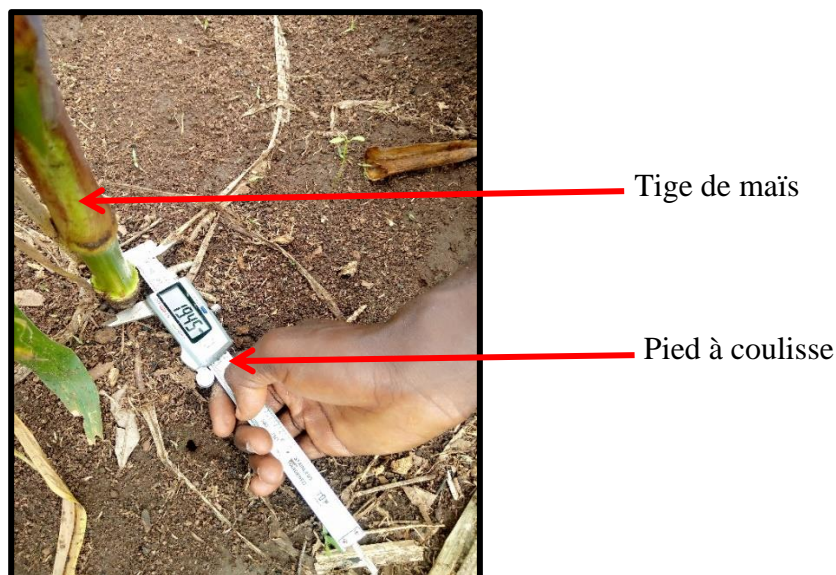


Figure 16: Méthode de mesure du diamètre de la plante à l'aide d'un pied à coulisse

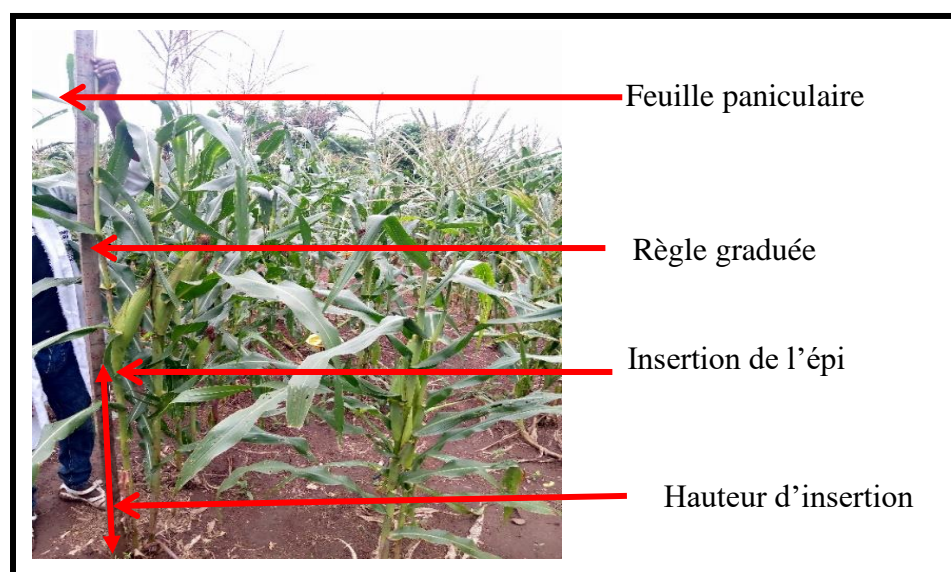


Figure 17: Méthode de mesure des hauteurs (plante et insertion de l'épi)

✓ **Nombre de feuilles de la plante** : le nombre de feuilles est la somme des feuilles élaborées par la plante depuis sa levée jusqu'à la fin du cycle végétatif. Cette variable est déterminée par numérotation et comptage manuel des feuilles depuis la levée jusqu'à la fin du cycle végétatif ;

✓ **Surface foliaire moyenne de la plante** : la détermination de la surface foliaire a concerné uniquement la feuille portant l'épi. Cette détermination a été faite après l'apparition de la panicule par la méthode de Mokhtarpour *et al.* (2010). Cette méthode a consisté à prendre la mesure de

la longueur (voir nervure principale) et de la largeur (zone médiane) de la feuille puis à déduire la surface foliaire (SF) par la formule suivante :

$$SF \text{ (cm}^2\text{)} = L \times l \times 0,75 \quad (3)$$

SF : Surface foliaire totale par plante, L : longueur de la feuille, l : grande largeur de la feuille

✓ **Longueur de la panicule** : la longueur de la panicule, exprimée en cm, est déterminée à la fin du cycle végétatif, à l'aide d'une règle graduée à partir du point de fixation de la feuille paniculaire jusqu'au bout de la panicule.

✓ **Nombre d'épillets de la panicule** : le nombre d'épillets de la panicule est le nombre de ramification ou branche de la panicule. Ce nombre est déterminé par comptage visuel après libération totale du pollen.

✓ **Taux de Verse** : au cours de la culture, certains pieds de maïs, selon les lignées, se sont retrouvés à terre. Ainsi, le taux de verse (TV) par lignée, exprimé en pourcentage (%) a été déterminé selon la formule suivante :

$$TV \text{ (\%)} = \frac{\text{Nombre de plants tombés}}{\text{Nombre total de plants}} \times 100 \quad (4)$$

#### 2.3.4.2.2. Variables qualitatives

Déterminées par simple observation visuelle, ces variables, au nombre de sept (7) sont :

✓ **Couleur des feuilles** : la couleur des feuilles est déterminée visuellement selon une échelle allant de 1 à 5. Ce qui correspond à la variation de la coloration verte à la moins verte des feuilles ;

✓ **Orientation de la feuille** : l'orientation de la feuille est la position de la feuille par rapport à la tige. Lorsque cette position décline un angle plus ou moins aiguë, la feuille est dite érigée. Lorsque cet angle est plus ou moins droit, la feuille est dite retombante ;

✓ **Couleur de la tige** : la coloration de la tige, déterminée par observation visuelle, est définie par l'aspect des gaines enveloppant la tige ;

✓ **Forme de la tige** : la forme de la tige a été appréciée visuellement sur la base de la morphologie de celle-ci ;

- ✓ **Orientation de la tige** : l'orientation de la tige est la direction que prend la tige au cours de la croissance de la plante. Cette orientation peut être plus ou moins verticale ou plus ou moins oblique ;
- ✓ **Aspect des racines** : l'aspect des racines est déterminé par le niveau d'insertion (nombre de nœuds) des racines et le type de racines (fasciculées et échasses) ;
- ✓ **Type de Verse** : au cours de cette expérience, le type de verse, en fonction des lignées, a été déterminé par observation visuelle de l'organe défaillant (racine ou tige) du plant de maïs. Selon Xué *et al.* (2017), le phénomène de la verse chez le maïs peut être attribué à plusieurs facteurs (vent, pluie, micro-organismes du sol, ravageurs...). La verse peut être racinaire, caulinaire (tige) et racinaire-caulinaire.

#### 2.3.4.3. Variables de floraison

Les variables relatives à la floraison des lignées étudiées sont au nombre de dix (10) dont six (6) quantitatives et quatre (4) autres qualitatives.

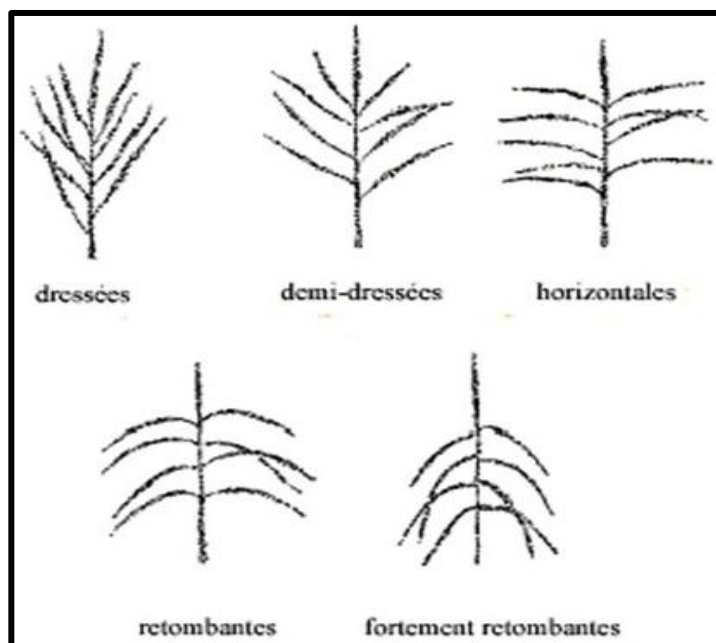
##### 2.3.4.3.1. Variables quantitatives

- ✓ **Délai d'apparition de l'épi** : le délai d'apparition de l'épi, exprimé en nombre de jours, est la période entre la date de semis et la date d'émission de 50 % des fleurs femelles (épi) ;
- ✓ **Délai d'apparition de la panicule** : le délai d'apparition de la panicule, exprimé en nombre de jours, est la période entre la date de semis et la date d'émission de 50 % des panicules ;
- ✓ **Délai d'apparition du pollen (floraison mâle)** : le délai d'apparition du pollen, exprimé en nombre de jours, est la période entre la date de semis et la date d'émission de 50 % des pollens ;
- ✓ **Délai d'apparition de la soie (floraison femelle)** : le délai d'apparition de la soie, exprimé en nombre de jours, est la période entre la date de semis et la date d'émission de 50 % des soies ;
- ✓ **Intervalle panicule et épi** : c'est l'intervalle de jour entre l'apparition de la panicule et l'apparition de l'épi ;
- ✓ **Intervalle pollen et soie** : c'est l'intervalle de jour entre l'apparition du pollen et l'apparition de la soie.

##### 2.3.4.3.2. Variables qualitatives

- ✓ **Couleur de la panicule** : la couleur de la panicule est déterminée visuellement selon une échelle allant de 1 à 5. Cette variation part de la coloration verte à la moins verte (1 : vert foncé, 2 : vert clair, 3 : vert tacheté de violet, 4 : violet clair et 5 : violet foncé) ;

- ✓ **Couleur de soie** : la couleur de la soie est déterminée par observation visuelle ;
- ✓ **Type de panicule** : le type de panicule est déterminé en se basant sur la structure globale de ce dernier. Cette structure peut-être soit en grappe (forte densité des épillets sur la panicule) ou étalé (faible densité des épillets sur la panicule) ;
- ✓ **Disposition des épillets de la panicule** : l'orientation des épillets de la panicule définit l'aspect général de la panicule. Cette description a été faite selon la méthode de CRPS 101 (2022). Cette méthode décline cinq positions que sont : dressées, demi-dressées, horizontales, retombantes, et fortement retombantes (figure 18).



**Figure 18:** Position des épillets de la panicule (Awata *et al.*, 2019)

#### 2.3.4.4. Variables de production

Les variables concernant la production des lignées étudiées sont au nombre de treize (13) dont huit (8) quantitatives et cinq (5) qualitatives.

##### 2.3.4.4.1. Variables quantitatives

- ✓ **Diamètre de l'épi sans spathe** : c'est la croissance diamétrale de l'épi nu (sans spathe). Cette croissance, exprimée en millimètre (mm), est déterminée à l'aide d'un pied à coulisse sur la partie médiane de l'épi ;
- ✓ **Longueur de l'épi sans spathe** : c'est la longueur de la rafle portant uniquement les grains.

Elle est déterminée à l'aide d'une règle graduée à partir de la base jusqu'au sommet de la rafle. Elle est exprimée en cm;

✓ **Nombre moyen de grains par épi (NGEpi)** : c'est le nombre moyen de grain que contient un épi. Ce nombre de grain par épi est déterminé par la formule suivante :

$$(NGEpi) = \text{Nombre moyen de grains d'une rangée} \times \text{Nombre de rangées par épi} \quad (5)$$

✓ **Nombre de rangées de grains par épi** : le nombre de rangées de grains est le nombre total de rangées de grains que comporte un épi. Il est dénombré après la récolte ;

✓ **Masse moyen des grains par épi** : c'est la masse moyenne des grains d'un épi. Cette masse est déterminée par pesée à l'aide d'une balance électronique après égrainage total de l'épi ;

✓ **Masse de 1000 grains** : c'est la masse de mille grains par épi. Cette pesée a été effectuée avec la masse de 100 grains puis, la masse de 1000 grains a été déduite par la suite ;

✓ **Masse de l'épi sans spathe** : c'est la masse de l'épi sans spathe à la récolte. Cette masse (g) est déterminée avec une balance de précision ;

✓ **Rendement** : le rendement (Rdt exprimé en Kg/m<sup>2</sup> puis converti en T/ha) d'une parcelle est le rapport de la masse de grains (MG en kg) par la surface cultivée (en ha).

$$\text{Rdt (T/ha)} = \frac{\text{Masse totale de la production (T)}}{\text{Surface cultivée (ha)}} \quad (6)$$

#### 2.3.4.4.2. Variables qualitatives

✓ **Remplissage de l'épi** : C'est l'occupation de la rafle de l'épi par les grains. Ce remplissage peut-être total ou partiel. Il est déterminé selon une échelle allant de 1 à 5. L'échelle 1 est attribuée à la rafle totalement remplie. Par contre, la rafle très faiblement remplie est affectée par l'échelle 5. En fonction de l'occupation de la rafle par les grains, les types de remplissage suivant peuvent caractériser l'épi : 1 : bien rempli à 100 %, 2 : rempli à 80 %, 3 : rempli à 60 %, 4 : rempli à 40% et 5 : rempli à 20 % :



- ✓ **Couverture de l'épi** : la couverture de l'épi est la distance entre le bout de la rafle et le sommet des spathes de l'épi. Elle est déterminée par une échelle allant de 1 à 5 respectivement du plus long au plus court : 1 : très longue, 2 : longue, 3 : moyenne, 4 : courte, 5 : courte et ouverte ;
- ✓ **Aspect des grains** : l'aspect des grains prend en compte l'état des grains, la forme des grains et la couleur des grains (Figure 8) ;
- ✓ **Forme de l'épi** : les épis de maïs peuvent prendre différentes formes telles que la forme conique, cylindrique et cylindrique-conique (Figure 6) ;
- ✓ **Disposition des rangées de grains sur l'épi** : les lignes des rangées de grains peuvent être disposées de plusieurs manières. Il s'agit des dispositions régulières, irrégulières, droites et spiralées (Figure 7).

### 2.3.5. Analyse statistique des données

#### 2.3.5.1. Analyse de variance

L'analyse de variance (ANOVA) à un facteur est un test paramétrique défini selon la loi de Fisher. Elle est réalisée dans les conditions d'une distribution normale des résidus d'un caractère quantitatif et d'une égalité de variance. Il permet de mettre en exergue l'effet ou non d'un facteur sur ce caractère en comparant les moyennes d'au moins deux échantillons, sous l'hypothèse nulle d'égalité de moyennes. Cette analyse a été effectuée sur les paramètres d'insolation, de germination, de croissance, de floraison et de production à l'aide du logiciel R version 3.6.2. Des différences significatives sont observées pour l'ensemble des tests réalisés lorsque la valeur de la probabilité (p) associée aux tests statistiques est inférieure à 0,05.

#### 2.3.5.2. Test post-ANOVA

Après observation d'une différence significative dans le test ANOVA, le test post-ANOVA ou test de comparaison 2 à 2 HSD de Tukey a été réalisé à 5 %. Il permet de mettre en évidence des différences entre deux moyennes et de classer les moyennes des lignées en leur affectant des lettres. Ainsi, les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes et celles affectées de lettres identiques ne sont pas significativement différentes.

### **2.3.5.3. Test de corrélation**

La corrélation selon la méthode de Pearson a été testée entre les variables de germination, de croissance, de floraison et de production et entre les différents groupes de variables par la réalisation de matrices de corrélation.

### **2.3.5.4. Analyse en composante principale**

L'analyse en composante principale (ACP) est une analyse factorielle qui utilise des données ordinales continues. Elle permet de décrire de façon conjointe avec le cercle de corrélation, des groupes de lignées qui sont positionnées dans un espace de  $K$  dimensions. Ces groupes sont sous l'effet des facteurs étudiés (paramètres de germination, de croissance, de floraison et de production). Les seules dimensions retenues, dites composantes principales sont celles qui présentent au moins 50 % de l'information totale. L'analyse en composante principale a été réalisée dans cette étude pour décrire des groupes de lignées selon les caractéristiques agronomiques dans l'intérêt d'une sélection variétale. Elle a été réalisée en utilisant le logiciel R à travers son package Ade4.

### **2.3.5.5. Classification hiérarchique ascendante**

Une classification hiérarchique ascendante des différentes lignées a été réalisée. Elle permet de rassembler des lignées selon un critère de ressemblance défini, qui s'exprime sous la forme d'une matrice de distances, exprimant la distance existante entre les lignées pris deux à deux. La distance utilisée dans le cadre de cette étude est la distance euclidienne. Plus, la distance est importante, plus les deux lignées sont dissemblables.

**TROISIÈME PARTIE: RÉSULTATS ET  
DISCUSSION**

## **CHAPITRE 1 : ÉVALUATION DE QUELQUES PARAMÈTRES CLIMATIQUES DU SITE D'ÉTUDE AU COURS DES DEUX ANNÉES DE CULTURE**

Toute investigation scientifique relative à la caractérisation des cultures est sous le contrôle des facteurs du climat de la zone et plus précisément du site d'étude. Ainsi, la connaissance de l'évolution de ces paramètres au cours des cultures s'avère primordiale pour cerner le comportement agronomique de celles-ci. Dans ce chapitre, les résultats relatifs à l'évolution des données climatiques mensuelles telles que la température, la pluviométrie et l'insolation des deux années de culture (2020 et 2021) et plus précisément celles des périodes de culture sont exposés.

### **1.1. Résultats**

#### **1.1.1. Evolution de la température et de la pluviométrie au cours de l'année 2020**

L'évolution de la température et de la pluviométrie au cours de la première année de culture est représentée par le diagramme ombro-thermique (Figure 19). Au cours de l'année 2020, le rapport température/précipitation a révélé que les mois de janvier, février, mars, avril, mai et novembre ont été les mois les plus chauds. En effet, la température moyenne mensuelle de 26,94 °C, a varié entre 25,0 °C et 29,2 °C. Ainsi, les températures les plus élevées ont été obtenues en février (29,2 °C) et mars (28,5 °C). Par contre, les basses températures ont été enregistrées en juillet (25,2°C), août (25,0 °C) et septembre (25,7 °C). Cependant, au cours de la période de culture (avril, mai, juin et juillet) avec une température moyenne de 26,83 °C, les mois d'avril (27,9 °C) et mai (27,9 °C) ont enregistré les plus hautes températures contre 26,3 °C en juin et 25,2 °C en juillet.

Par ailleurs, la précipitation moyenne mensuelle (103,09 mm) a varié de 0 mm à 260,9 mm. La valeur maximale (260,9 mm) a été enregistrée en mars contre 0 mm en janvier, 6,4 mm en février et 3,5 mm en novembre. Ainsi, au cours de la période de culture (avril, mai, juin et juillet) avec une précipitation moyenne de 124,1 mm, les phases de germination et de levée ont reçu la pluie en abondance (136,5 mm en avril). Cette précipitation a diminué pour atteindre les valeurs de 122,5 mm en mai et 108,5 mm en juin respectivement pendant la phase de croissance des plants et de la floraison à la formation des épis. Au cours de la maturité des épis jusqu'à la récolte, la précipitation a connu une hausse (129,9 mm) en juillet.

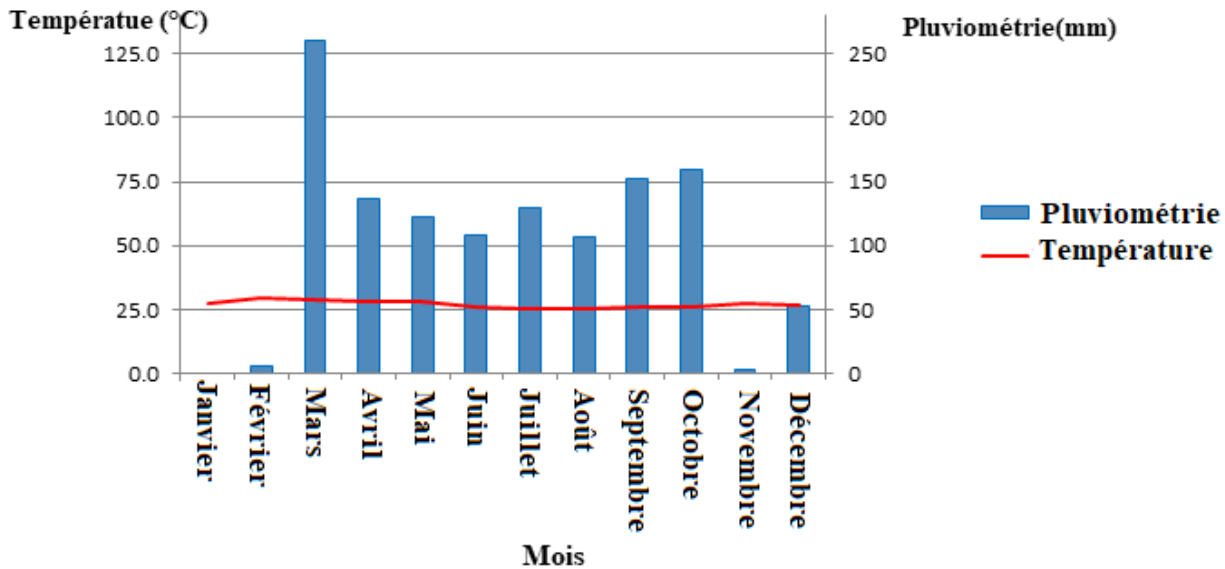
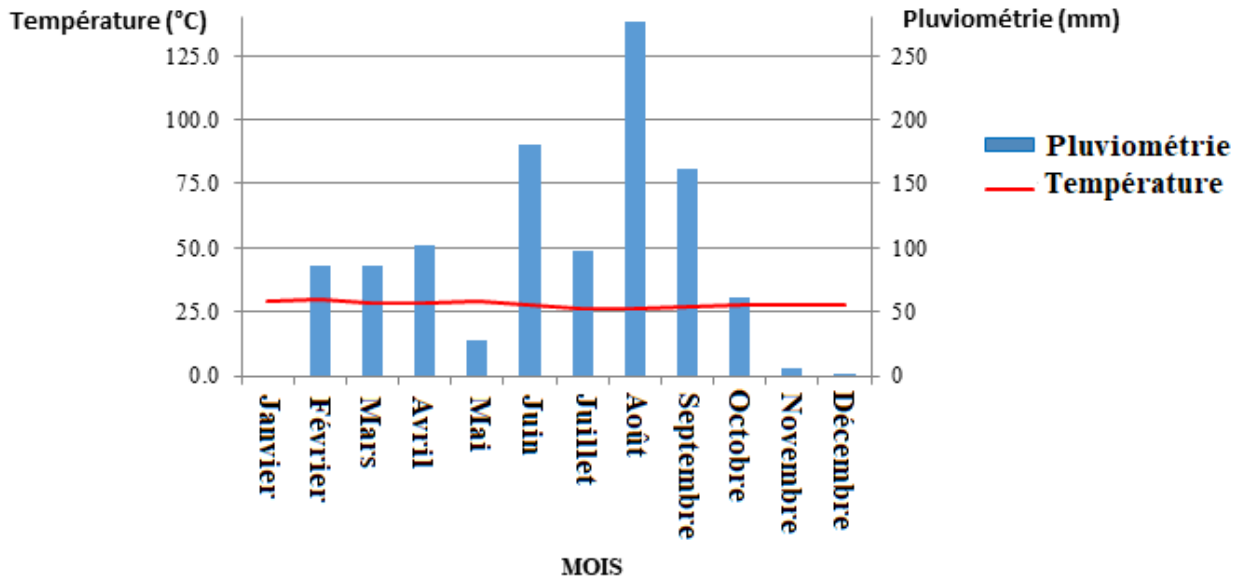


Figure 19: Diagramme ombro-thermique de la station de Daloa de l'année 2020.

### 1.1.2. Évolution de la température et de la pluviométrie au cours de l'année 2021

L'évolution de la température et de la pluviométrie au cours de la deuxième année de culture est représentée par le diagramme ombro-thermique (Figure 20). Au cours de l'année 2021, la température moyenne annuelle (27,87 °C) a varié entre 26,1 °C et 29,7 °C. Les mois chauds ont été janvier, février mars, avril et mai. Les fortes températures ont été enregistrées en janvier (29,0 °C) et février (29,7°C). Par contre, les basses températures ont été enregistrées en juillet (26,3°C) et août (26,1 °C). Par ailleurs, au cours de la période de culture avec une moyenne de 27,8 °C, les températures enregistrées ont été 28,7 ; 28,8 ; 27,4 et 26,3 °C respectivement en avril, mai, juin et juillet.

Quant à la précipitation moyenne annuelle (90,26 mm), elle a varié, au cours de la même année, entre 0 mm (janvier et décembre) et 276,4 mm (août). Les mois de juin, août et septembre ont enregistré les plus fortes pluies soit respectivement 180, 276,4 et 161 mm. Par contre, les faibles précipitations ont été enregistrées en janvier (0 mm), novembre (5,2 mm) et décembre (0 mm). Cependant, au cours de la période de culture (avril, mai, juin et juillet) avec une précipitation moyenne de 101,98 mm, les phases de germination et de levée ont reçu une quantité de 102,2 mm de pluie en avril. Quant à la phase de début de croissance, elle a reçu une faible précipitation (28,3 mm en mai). Par la suite, les phases de floraison et de formation complète des épis ont bénéficié d'une forte précipitation (180 mm en juin). Cette précipitation a diminué de moitié au cours de la maturation jusqu'à la récolte des épis (97,4 mm en juillet).



**Figure 20:** Diagramme ombro-thermique de la station de Daloa de l'année 2021

### 1.1.3. Variation de la durée d'insolation au cours des années 2020 et 2021

La variation de la durée d'exposition de la lumière solaire enregistrée au cours des deux années (2020 et 2021) d'expérimentation est illustrée par la figure 21. La durée moyenne d'insolation a été significativement différente ( $p < 0,05$ ) entre l'année 2020 (179,08 heures) et l'année 2021 (184,08 heures). Malgré cette différence annuelle, la durée de l'insolation du mois de janvier en 2020 (208 heures) est presque identique à l'année 2021 (207 heures). L'insolation en septembre 2020 (165 heures) est la même en 2021 (165 heures) et la durée d'insolation en novembre 2020 (200 heures) se rapproche de celle de l'année 2021 (203 heures). En effet, en tenant compte des deux années 2020 et 2021, l'année 2020, a enregistré les durées d'insolation les plus élevées aux mois de février, Juin et août par rapport à l'année 2021. Par contre, la faible durée insolation a été identifiée en mars. Quant à l'année 2021, les plus importantes insolutions ont été observées aux mois de mars, avril, mai, juillet, octobre et décembre par rapport à l'année 2020. Cependant, les faibles insolutions ont été identifiées en juin et août.

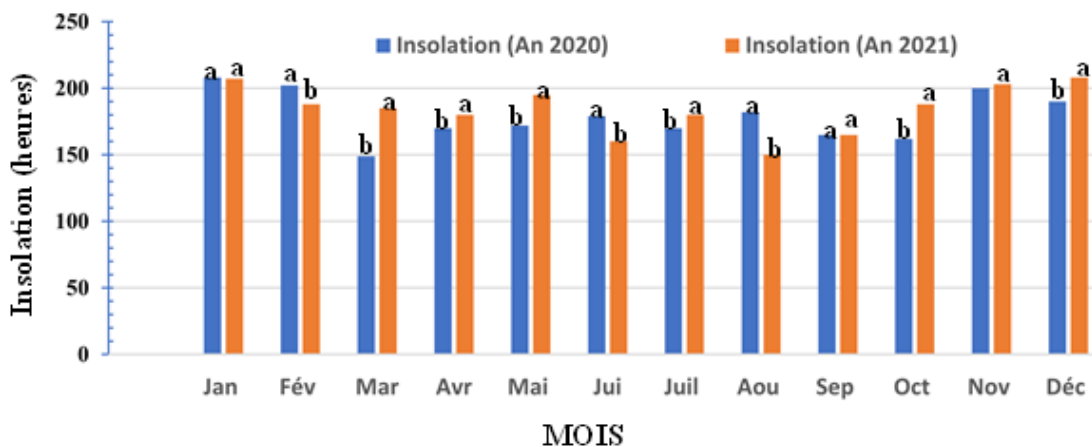
Concernant les périodes de culture (avril, mai, juin et juillet) des deux années 2020 et 2021, la durée moyenne d'insolation de l'année 2020 (172,75 heures) a été moins élevée que celle de l'année 2021 (178,75 heures). En effet, cette durée d'insolation a été plus élevée dans le mois de juin au cours de l'année 2020. Cependant, pendant l'année 2021, a été plus importante aux mois d'avril, mai et juillet par rapport à l'année 2020.

En observant individuellement l’insolation de chaque année, en 2020, les durées d’insolation les plus longues ont été observées aux mois de janvier (208 heures), février (202 heures) et novembre (200 heures), tandis que les insolutions les plus courtes ont été enregistrées en mars (149 heures), septembre (165 heures) et octobre (162 heures).

Au cours des périodes de culture (avril, mai, juin et juillet), la durée d’insolation la plus élevée a été enregistrée en juin (179 heures), tandis que les plus faibles ont été observées en avril (170 heures) et en juillet (170 heures).

Au cours de l’année 2021, les durées d’insolation les plus élevées ont été observées aux mois de janvier (207 heures), novembre (203 heures) et décembre (208 heures), tandis que les insolutions les plus faibles ont été enregistrées en juin (160 heures), août (150 heures) et septembre (165 heures). Pendant les périodes de culture (avril, mai, juin et juillet), la durée d’insolation la plus élevée a été enregistrée en mai (195 heures), tandis que la plus faible insolation a été observée en juin (160 heures).

En observant les durées d’insolation de chaque année, les deux années 2020 et 2021 ont présenté des insolutions importantes au cours des mois de janvier, novembre et décembre. En effet, environ 208 heures d’insolation ont été enregistrées pour les mois de janvier et décembre. Les mois de mars et août ont enregistré les durées d’insolation (149 et 150 heures) les plus faibles au cours des deux années (Figure 21).



**Figure 21:** Évolution de la durée d’insolation en heures dans la zone d’étude en 2020 et 2021

*Les histogrammes affectés de lettres différentes sont significativement différents (Test HSD de Tukey à 5 %).*

## 1.2. Discussion

Le changement climatique est un réel fléau qui menace la planète terre et surtout la survie des êtres vivants et l'avenir de l'agriculture mondiale, en particulier celle d'Afrique. En effet, la variation des composantes du climat d'année en année a été soulignée par de multiples chercheurs (Amani *et al.*, 2010 ; Bambara *et al.*, 2019 ; Dandonoubo, 2020 ; Li *et al.*, 2022 ; Petrovic *et al.*, 2023). Au cours de cette expérimentation de caractérisation des lignées de maïs pendant deux années successives de culture (2021 et 2022), les résultats relatifs à l'évaluation des relevés climatiques ont montré une fluctuation des composantes étudiées. Ainsi, la température, la pluviométrie et la durée d'insolation ont en moyenne varié d'une année à l'autre. Les conditions climatiques ont donc mis en exergue la variabilité saisonnière entre les deux années de culture (2020 et 2021). Cette variation, bien que réelle, ne s'exprime pas de façon linéaire si l'on considère la fluctuation moyenne mensuelle sur plusieurs années (Petrovic *et al.*, 2023). Ainsi, les résultats obtenus ont montré une variation qui est par moment observée entre deux années successives pour le même mois et vis-versa selon le paramètre climatique considéré. Par ailleurs, cette fluctuation (élévation et baisse) des variables mesurées a été aussi identique pour les deux années de culture. Des observations pareilles ont été soulignées par Dekoula *et al.* (2018).

Selon Hansen *et al.* (2006), le réchauffement global de la planète a été prédit depuis 1975 avec un taux de fluctuation de 0,2 °C à 0,7 °C par décennie entre la fin du 19<sup>ème</sup> siècle et l'an 2000, puis elle continuera au cours de la première demi-décennie du 21<sup>ème</sup> siècle. Aussi, selon Li *et al.* (2022), chacune des quatre dernières décennies a été progressivement plus chaude en moyenne mondiale que la décennie précédente. Pour eux, la température moyenne à la surface de la planète au cours des deux premières décennies du 21<sup>ème</sup> siècle était de 0,99 °C plus élevée que la moyenne de 1850 à 1900. Celle de 2011 à 2020 était de 1,09 °C plus chaude que la période de référence historique. La hausse des températures s'est accompagnée de changements sans précédent des extrêmes climatiques. En effet, la fréquence et l'intensité de certains événements météorologiques et climatiques extrêmes ont augmenté et continueront d'être élevés. Comprendre la fréquence et la gravité changeantes des événements extrêmes en association avec les inondations, les sécheresses et les vagues de chaleur est impératif puisque les événements extrêmes affectent directement les sociétés humaines et les écosystèmes de la terre dans différentes régions.

Depuis la fin des années 1960, la Côte d'Ivoire, comme l'ensemble des pays de l'Afrique de l'Ouest et Centrale, connaît une aggravation de la variabilité climatique. Celle-ci se manifeste, en particulier, par une modification du régime des précipitations et par une diminution des hauteurs annuelles. La baisse



des précipitations s'est amorcée, en Côte d'Ivoire comme dans les autres pays du golfe de Guinée, dès la fin des années 1960, en phase avec ce qui a été observé dans le Sahel, et s'est intensifiée au cours des années 1980 et 1990 (Brou *et al.*, 2005 ; Diomandé *et al.*, 2016).

L'impact des facteurs climatiques sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest en général et en Côte d'Ivoire en particulier, n'est plus à démontrer. Les résultats de l'étude relatifs à la pluviométrie, ont relevé de façon générale une baisse annuelle de précipitation de 2020 à 2021 d'environ 11 mm. Au cours des quatre mois de période de culture (avril, mai, juin et juillet), une baisse d'environ 30 mm a été également observée de 2020 à 2021. Cette baisse de précipitation serait dû à l'augmentation continue de la température. Selon Boko *et al.* (2016), des variables afférentes aux pluies telles que les fréquences de jours de pluies et les durées des saisons pluvieuses, ont été étudiées à travers l'influence de la manifestation climatique sur les régimes pluviométriques saisonniers. Considéré comme une menace de la diversité biologique, le changement climatique provoque des situations paradoxales partout où il se manifeste. Ce sont entre autres : la sécheresse et la désertification, les inondations et les tempêtes, l'élévation des niveaux des mers, la réduction du couvert végétal, la disparition des sources d'approvisionnement en eau et la disparition des espèces animales et végétales. Aussi, une caractérisation d'une part de la manifestation climatique à partir de l'analyse de la température et l'humidité relative de l'air, la fréquence des jours pluvieux et la durée des saisons pluvieuses et d'autre part la comparaison pluviométrique mensuelle sur la période 1951-2000 ont montré une dynamique spatio-temporelle régressive des pluies annuelles (Amani *et al.*, 2010).

La variation de la durée de l'insolation à travers les effets du changement climatique a débuté au cours de nombreuses années et se poursuit de nos jours. Le degré d'insolation qui se traduit souvent par des températures élevées de la lumière du soleil entraîne souvent l'absence de précipitation dans certaines régions. Ce phénomène anormal de la variation du climat conduit à des sécheresses intenses dans certaines régions du globe, perturbant ainsi l'équilibre de l'environnement (Bedoum *et al.*, 2014 ; Gouataine, 2018). Les deux années de cultures (2020-2021) ont révélé une hausse d'insolation annuelle d'environ 5 heures. Cette hausse d'insolation (3,5 heures) a été également observée au cours des quatre mois de culture entre les deux années. Ces résultats pourraient s'expliquer par la réduction drastique des précipitations au cours de ces deux années. Des travaux similaires ont souligné que la variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie, la température et l'insolation amorcée a des impacts considérables sur l'environnement (Gouataine, 2018 ; Mbagnick, 2018). Cette même affirmation a été relevée par Dandonougbo (2020). Nombreux sont des auteurs qui ont mentionnés que la dynamique d'évolution de

la température, la pluviométrie et l'insolation se manifeste chaque année sur l'environnement et son écosystème (Dadoum *et al.*, 2017 ; Hounzinme *et al.*, 2020 ; Souleymane *et al.*, 2022).

### **1.3. Conclusion partielle**

Dans ce chapitre, l'évaluation des composantes climatiques a relevé une variation pendant les deux années de culture. Ainsi, l'on a enregistré une hausse de température et de durée de l'insolation de 2020 à 2021. Cependant, au niveau des précipitations, l'année 2020 a enregistré plus de pluies que l'année 2021. Ces différentes fluctuations ont été observées dans les mêmes tendances au cours des quatre mois de culture de chaque année. Cette fluctuation des variables climatiques peut impacter le semis, la croissance et le rendement des lignées.

## **CHAPITRE 2 : ÉVALUATION AGRONOMIQUE DES LIGNÉES DE MAÏS EN FONCTION DES CYCLES DE CULTURE**

L'évaluation agronomique dont traite ce chapitre est une description qui vise à fournir le maximum de renseignements agronomiques quantitatifs et qualitatifs sur les lignées sélectionnées à travers les différentes étapes phénologiques de la plante. Ces informations permettront d'établir une carte d'identité informative de chaque lignée. Ensuite, de pouvoir poursuivre les expérimentations dans d'autres travaux. Enfin, d'obtenir, à partir de lignées à caractères complémentaires intéressants, de nouvelles variétés de maïs capables de relever le défi des conséquences de l'effet du changement climatique du moment. Dans ce chapitre, les résultats sont exposés en fonction des étapes phénologiques considérées (germination, croissance, floraison et production) en tenant compte des deux cycles de culture.

### **2.1. Résultats**

#### **2.1.1. Évaluation de la germination des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture**

Les analyses statistiques des variables de germination du cycle 1 et cycle 2 (tableau III) ont révélé des différences de significativité importante ( $p < 0,001$ ). Cette significativité montre de plus une très grande variabilité au sein des lignées et entre les lignées et le témoin pour les variables étudiées telles que le délai de germination (D<sub>Ger</sub>) et le taux de germination (TAG) des lignées.

##### **2.1.1.1. Délai moyen de germination**

Le délai moyen de germination du cycle 1 a varié de 5 jours (lignée L59) à 7 jours (lignées L47 et L48). Ainsi, les autres lignées y comprise la lignée témoin L1 ont présenté des délais intermédiaires de 6 jours. Le test HSD de Tukey au seuil de 5 % a classé les lignées en trois groupes chevauchants (tableau III).

La durée moyenne d'expression du pouvoir germinatif des grains des différentes lignées du cycle 2 a varié de 4,33 jours en moyenne (lignées L11 et L93) à 7,33 jours en moyenne (lignées L48). Ainsi, la lignée témoin L1 a enregistré un délai moyen de 5,08 jours. Le test HSD de Tukey au seuil de 5 % a classé les lignées en 8 groupes chevauchants (tableau III).

Au cours des deux cycles de culture, la lignée L48 a conservé le plus long délai (7 jours) de germination.

### 2.1.1.2. Taux de germination

Les valeurs moyennes du cycle 1 obtenues ont varié de 59,72 % (L71) à 100 % (L95B et L71A). La lignée témoin a obtenu un taux de 89,58 %. Comparativement au témoin, le pouvoir germinatif le moins expressif a été obtenu chez les lignées L71, L7, L61, L47, L54, L93, L74, L48 et L75, soit respectivement 59,72 ; 70,83 ; 76,39 ; 77,78 ; 83,33 ; 84,72 % ; 57,5 % ; 88,89 % et 88,89 %. Par contre, les autres lignées, ont enregistré des taux de germination (entre 90 et 100 %) supérieurs à celui du témoin. Le test HSD de Tukey au seuil de 5 % a permis de classer les lignées en trois groupes chevauchants (tableau III).

Les lignées du cycle 2 ont enregistré des valeurs comprises entre 50 % (L41) et 100 % (L59, L11, L89 et L93). La lignée témoin a enregistré un taux de 85,76 %. Comparativement au témoin, les lignées L41, L36, L61, L46, L92, L88, L46A, L71, L48, L86, L77, L72A, L67, L47, L51, L9, L7, L54 et L71A ont enregistré de faibles taux de germination. Le test HSD de Tukey a classé les lignées en quinze (15) groupes chevauchants (tableau III).

**Tableau III :** Valeurs moyennes du délai et du taux de germination des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture

Lignées	DGer (jrs)		TAG (%)	
	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle
L1 <sub>D0</sub>	6,33 ± 0,65 <sup>ab</sup>	5,08 ± 0,29 <sup>de</sup>	89,58 ± 15,34 <sup>ab</sup>	85,76 ± 15,12 <sup>abcde</sup>
L7 <sub>D200</sub>	6,33 ± 0,58 <sup>ab</sup>	5,33 ± 0,58 <sup>cde</sup>	70,83 ± 4,17 <sup>ab</sup>	81,94 ± 6,36 <sup>abcdefg</sup>
L8 <sub>D200</sub>	5,68 ± 0,58 <sup>ab</sup>	5,00 ± 0,00 <sup>de</sup>	98,61 ± 2,41 <sup>a</sup>	94,44 ± 2,41 <sup>a</sup>
L9 <sub>D200</sub>	5,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	5,00 ± 0,00 <sup>de</sup>	95,83 ± 7,22 <sup>a</sup>	81,94 ± 6,36 <sup>abcdefg</sup>
L11 <sub>D200</sub>	5,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	4,33 ± 0,58 <sup>e</sup>	98,61 ± 2,41 <sup>a</sup>	100,0 ± 0,00 <sup>a</sup>
L23 <sub>D200</sub>	6,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	5,00 ± 0,00 <sup>de</sup>	91,67 ± 4,17 <sup>a</sup>	94,44 ± 6,36 <sup>a</sup>
L86 <sub>D200</sub>	6,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	5,67 ± 0,58 <sup>bcde</sup>	93,06 ± 4,81 <sup>a</sup>	62,50 ± 4,17 <sup>bcdefgh</sup>
L87 <sub>D200</sub>	6,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	5,33 ± 0,58 <sup>cde</sup>	97,22 ± 4,81 <sup>a</sup>	94,44 ± 4,81 <sup>a</sup>
L88 <sub>D200</sub>	6,33 ± 0,58 <sup>ab</sup>	6,67 ± 0,58 <sup>abc</sup>	98,61 ± 2,41 <sup>a</sup>	55,56 ± 14,63 <sup>efgh</sup>
L89 <sub>D200</sub>	5,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	4,67 ± 0,58 <sup>de</sup>	93,06 ± 6,36 <sup>a</sup>	100,0 ± 0,00 <sup>a</sup>
L91 <sub>D200</sub>	5,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	4,67 ± 0,58 <sup>de</sup>	97,22 ± 2,41 <sup>a</sup>	94,44 ± 6,36 <sup>a</sup>
L92 <sub>D200</sub>	6,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	7,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	93,06 ± 8,67 <sup>a</sup>	55,56 ± 2,41 <sup>efgh</sup>
L93 <sub>D200</sub>	6,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	4,33 ± 0,58 <sup>e</sup>	84,72 ± 14,63 <sup>ab</sup>	100,0 ± 0,00 <sup>a</sup>
L95 <sub>D200</sub>	5,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	4,67 ± 0,58 <sup>de</sup>	98,61 ± 2,41 <sup>a</sup>	91,67 ± 7,22 <sup>ab</sup>
L99 <sub>D200</sub>	5,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	4,67 ± 0,58 <sup>de</sup>	98,61 ± 2,41 <sup>a</sup>	98,61 ± 2,41 <sup>a</sup>
L95A <sub>D200</sub>	5,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	5,00 ± 0,00 <sup>de</sup>	94,44 ± 6,36 <sup>a</sup>	98,61 ± 2,41 <sup>a</sup>
L95B <sub>D200</sub>	5,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	5,00 ± 0,00 <sup>de</sup>	100,0 ± 0,00 <sup>a</sup>	98,61 ± 2,41 <sup>a</sup>
L30 <sub>D300</sub>	5,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	4,67 ± 0,58 <sup>de</sup>	95,83 ± 7,22 <sup>a</sup>	94,44 ± 2,41 <sup>a</sup>
L32 <sub>D300</sub>	5,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	5,00 ± 0,00 <sup>de</sup>	94,44 ± 2,41 <sup>a</sup>	97,22 ± 4,81 <sup>a</sup>
L36 <sub>D300</sub>	6,00 ± 1,00 <sup>ab</sup>	6,33 ± 0,58 <sup>abc</sup>	97,22 ± 4,81 <sup>a</sup>	51,39 ± 2,41 <sup>gh</sup>

<b>L41</b> D300	6,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	6,67 ± 0,58 <sup>abc</sup>	95,83 ± 7,22 <sup>a</sup>	50,00 ± 0,00 <sup>h</sup>
<b>L46</b> D300	6,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	6,67 ± 0,58 <sup>abc</sup>	95,83 ± 7,22 <sup>a</sup>	52,78 ± 2,41 <sup>fgh</sup>
<b>L47</b> D300	7,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	6,33 ± 0,58 <sup>abc</sup>	77,78 ± 4,81 <sup>ab</sup>	80,56 ± 26,79 <sup>abcdefgh</sup>
<b>L48</b> D300	7,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	7,33 ± 0,58 <sup>a</sup>	88,89 ± 6,34 <sup>ab</sup>	61,11 ± 12,03 <sup>bcdefgh</sup>
<b>L51</b> D300	6,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	5,67 ± 0,58 <sup>bcde</sup>	98,61 ± 2,41 <sup>a</sup>	81,94 ± 2,41 <sup>abcdefg</sup>
<b>L54</b> D300	6,33 ± 0,58 <sup>ab</sup>	5,67 ± 0,58 <sup>bcde</sup>	83,33 ± 14,43 <sup>ab</sup>	83,33 ± 7,22 <sup>abcde</sup>
<b>L59</b> D300	5,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	5,00 ± 0,00 <sup>de</sup>	95,83 ± 4,17 <sup>a</sup>	100 ± 0,0 <sup>a</sup>
<b>L60</b> D300	6,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	5,33 ± 0,58 <sup>cde</sup>	94,44 ± 6,36 <sup>a</sup>	88,89 ± 4,81 <sup>abc</sup>
<b>L61</b> D300	6,33 ± 0,58 <sup>ab</sup>	7,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	76,39 ± 12,73 <sup>ab</sup>	51,39 ± 4,81 <sup>gh</sup>
<b>L63</b> D300	5,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	4,67 ± 0,58 <sup>de</sup>	97,22 ± 4,81 <sup>a</sup>	86,11 ± 8,67 <sup>abcde</sup>
<b>L67</b> D300	5,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	5,00 ± 0,00 <sup>de</sup>	98,61 ± 2,41 <sup>a</sup>	80,56 ± 17,35 <sup>abcdefgh</sup>
<b>L71</b> D300	6,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	6,67 ± 0,58 <sup>abc</sup>	59,72 ± 19,69 <sup>b</sup>	58,33 ± 7,22 <sup>cdefgh</sup>
<b>L72</b> D300	5,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	5,67 ± 0,58 <sup>bcde</sup>	90,28 ± 13,39 <sup>ab</sup>	97,22 ± 4,81 <sup>a</sup>
<b>L74</b> D300	6,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	5,00 ± 0,00 <sup>de</sup>	87,50 ± 21,65 <sup>ab</sup>	87,5 ± 8,33 <sup>abcd</sup>
<b>L75</b> D300	6,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	5,00 ± 0,00 <sup>de</sup>	88,89 ± 9,62 <sup>ab</sup>	95,83 ± 7,21 <sup>a</sup>
<b>L77</b> D300	5,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	5,33 ± 0,58 <sup>cde</sup>	94,44 ± 16,00 <sup>a</sup>	77,78 ± 21,38 <sup>abcdefgh</sup>
<b>L32A</b> D300	5,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	5,00 ± 0,00 <sup>de</sup>	97,22 ± 2,41 <sup>a</sup>	95,83 ± 4,17 <sup>a</sup>
<b>L46A</b> D300	6,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	6,33 ± 0,58 <sup>abc</sup>	95,83 ± 7,22 <sup>a</sup>	56,94 ± 8,67 <sup>defgh</sup>
<b>L54A</b> D300	6,00 ± 1,00 <sup>ab</sup>	5,00 ± 0,00 <sup>de</sup>	90,28 ± 13,39 <sup>ab</sup>	97,22 ± 4,81 <sup>a</sup>
<b>L71A</b> D300	6,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	5,00 ± 0,00 <sup>de</sup>	100,0 ± 0,00 <sup>a</sup>	83,33 ± 7,22 <sup>abcdef</sup>
<b>L72A</b> D300	6,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	6,00 ± 0,00 <sup>abcd</sup>	94,44 ± 9,62 <sup>a</sup>	77,78 ± 10,49 <sup>abcdefgh</sup>
<b>Test ANOVA</b>	<b>F = 1,738</b> <b>p = 0,016*</b>	<b>F = 10,687</b> <b>p &lt; 0,0001***</b>	<b>F = 2,384</b> <b>p = 0,001**</b>	<b>F = 9,561</b> <b>p &lt; 0,0001***</b>

DGer : délai de germination ; F : constante ou variable de test de Fisher ; p : probabilité associée au test d'ANOVA un facteur ; TAG : taux de germination ; \* différence significative ; les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes et celles affectées d'une même lettre sont statistiquement identiques (Test HSD de Tukey à 5 %). La lettre (L) affectée de numéro suivi ou non de lettre désigne l'identifiant de la lignée. D<sub>200</sub> : radiation à la dose 200 gray ; D<sub>300</sub> : radiation à la dose 300

### 2.1.2. Caractérisation des variables de croissance des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture

Les analyses des variables de croissance du cycle 1 cycle 2 présentées dans le tableau IV ont révélé une différence de significativité importante ( $p < 0,001$ ). Cette significativité montre de plus une très grande variabilité au sein des lignées et entre les lignées et le témoin pour les paramètres étudiés tels que : le diamètre au collet des plantes (DP), la hauteur de la plante (HP), la hauteur d'insertion de l'épi (HIE), l'indice d'insertion de l'épi (IIE), le nombre de feuilles (NF), la surface foliaire (SF), la longueur des panicules (LPa) et le nombre d'épillets (NE). Ces différentes variables ont fait l'objet d'étude au cours des deux cycles de culture.

### **2.1.2.1. Diamètre moyen**

Les diamètres du cycle 1 ont varié de 10,54 mm (L54) à environ 21 mm (L23). Le témoin L1 a présenté un diamètre de 19,15 mm. Les lignées L54 (10,54 mm), L48 (11,14 mm), L99 (14,19 mm), L59 (14,70 mm), L71 (15,57 mm) et L46A (15,86 mm) ont enregistré les plus petits diamètres par rapport au témoin. Par contre, les lignées L60 (20,02 mm), L51 (20,56 mm), L72A (20,77 mm) et L23 (21 mm) ont présenté les plus grands diamètres. Le Test HSD de Tukey au seuil 5% a montré trente-trois (33) groupes chevauchants (tableau IV).

Les diamètres du cycle 2 ont varié de 12,18 mm (L99) à 20,74 mm (L23). Le témoin L1 a présenté un diamètre de 16,82 mm. Les lignées L87 (18,07 mm), L72A (18,37 mm), L88 (19,10 mm) et L23 (20,74 mm) ont enregistré les plus grands diamètres par rapport au témoin L1. Cependant, les lignées ayant les plus petits diamètres ont été classées dans l'ordre croissant suivant : L99 (12,18 mm), L71A (13,35 mm), L54 (13,42 mm), L30 (13,54 mm), L95 (13,72 mm), L86 (13,85 mm) et L41 (13,88 mm). Le Test HSD de Tukey au seuil 5% a montré vingt-deux (22) groupes chevauchants (tableau IV).

Au cours des deux cycles de culture, les lignées L23 et L72A ont enregistré les plus grands diamètres, contrairement aux lignées L54 et L99 qui ont enregistré les plus petits diamètres par rapport au témoin.

### **2.1.2.2. Hauteur moyenne**

La hauteur moyenne du cycle 1 a varié de 101,2 cm chez la lignée de petite taille (L54) à 188,2 cm pour la lignée de grande taille (L23). La lignée témoin L1 a enregistré une hauteur de 153,54 cm. Les plus grandes hauteurs par rapport au témoin et regroupant les lignées L95A, L95B, L77, L72, L71A, L41 et L23 ont des valeurs respectives de 171,93 cm, 174,2 cm, 176,87 cm, 179,13 cm, 179,22 cm, 182,56 cm et 188,2 cm. Par contre, les plus petites hauteurs moyennes ont été enregistrées chez les lignées L54, L48, L46A, L89, L92, L63, L54A et L46 avec pour hauteurs respectives 101,2 cm, 103,51 cm, 106,91 cm, 126 cm, 130,13 cm, 130,2 cm, 130,96 cm et 131,89 cm. Le Test HSD de Tukey au seuil de 5 % a fait apparaître vingt-huit (28) groupes chevauchants.

La hauteur moyenne des lignées de maïs du cycle 2 a été située entre 98,93 cm chez la lignée de petite taille (L46) et 196,53 cm pour la lignée de grande taille (L23). La lignée témoin L1 a enregistré une hauteur de 165,47 cm. Les plus grandes hauteurs par rapport au témoin ont été dans l'ordre décroissant chez les lignées suivantes : L23 (196,53 cm), L72 (190,13 cm), L74 (184,60 cm), L95B (179,47 cm), L8 (177,80 cm) et L95A (170 cm). En revanche, les petites hauteurs ont été enregistrées dans l'ordre croissant chez les lignées suivantes : L46 (98,93 cm), L46A (110,53 cm), L36 (121,53 cm),

L54A (121,80 cm), L67 (122,13 cm), L51 (123,07 cm), L54 (125 cm), L92 (125,07 cm) et L89 (125,67 cm). Le Test HSD de Tukey au seuil 5 % a fait apparaître vingt-cinq (25) groupes chevauchants (tableau IV).

En considérant les des deux cycles de culture, les lignées L23, L72, L95B et L95A ont enregistré les plus grandes hauteurs, contrairement aux lignées L54, L46A, L89, L92, L54A et L46 qui ont enregistré les plus petites hauteurs par rapport au témoin.

### 2.1.2.3. Hauteur d'insertion de l'épi

Les valeurs moyennes de la hauteur d'insertion des épis du cycle 1 ont fluctué entre 36,27 cm (L48) et 96,47 cm (L23). Le témoin L1 a présenté une hauteur d'insertion d'épi de 69,85cm. Ainsi, les plus grandes hauteurs d'insertion d'épi ont évolué dans l'ordre décroissant suivant : L23 (96,47 cm), L41 (93,89 cm) ; L77 (90,76 cm) ; L30 (90,09 cm) et L95B (89,6 cm). Par contre, les petites hauteurs d'insertion ont été enregistrées chez les lignées L48 (36,27 cm) ; L54 (38,4 cm) ; L46A (50,1 cm) et L47 (58,16 cm). Le test HSD de Tukey au seuil de 5% a regroupé les lignées en vingt-huit (28) groupes chevauchants (tableau IV).

La hauteur d'insertion de l'épi du cycle 2 a présenté des valeurs moyennes qui ont été comprise entre 40,2 cm (L46) et 102,13 cm (L23). Le témoin L1 a présenté une hauteur d'insertion d'épi de 78,17 cm. Les lignées L23 (102,13 cm), L8 (101,33 cm), L95B (92,40 cm), L74 (91,67 cm) et L72 (91,33 cm) ont enregistré les plus grandes hauteurs d'insertion d'épi par rapport au témoin. Les lignées L46 (40,2 cm), L36 (45,33 cm), L86 (49, 73 cm), L51(50,27 cm) et L48 (50,47cm) ont quant à elles présenté les plus petites hauteurs d'insertion d'épi. Le test HSD de Tukey au seuil de 5% a regroupé les lignées en vingt-neuf (29) groupes chevauchants (tableau IV).

Au niveau des deux cycles de culture, les lignées L23 et L95B ont présenté les plus grandes hauteurs d'insertions d'épi et la lignée L48 a enregistré la plus petite hauteur d'insertion d'épi par rapport au témoin.

### 2.1.2.4. Indice d'insertion de l'épi

Les indices d'insertion des épis du cycle 1 ont varié de 0,35 (L48) à 0,58 (L59). Celui du témoin L1 a été 0,45. Par rapport au témoin, les plus grands indices d'insertion ont été obtenus dans l'ordre croissant chez les lignées suivantes : L92, L30, L89, L11 et L 59 avec pour indices respectives 0,55 ; 0,55 ; 0,56 ; 0,57 et 0,58. Par contre, les lignées L93 (0,38), L54 (0,38) et L48 (0,35) ont enregistré les

plus petits indices d'insertion comparée à celui témoin L1. Le test HSD de Tukey au seuil de 5% a regroupé les lignées en vingt-quatre (24) groupes chevauchants (tableau IV).

L'indice d'insertion de l'épi du cycle 2 a varié de 0,36 (L93) à 0,58 (L59). Les plus grands indices par rapport au témoin L1 (0,47) ont été enregistrés en ordre décroissant chez les lignées : L59 (0,58), L8 (0,57), L89 (0,54), L30 (0,54), L23 (0,53) et L95B (0,51). Par contre, les lignées L93 (0,36), L75 (0,37), L36 (0,37), L95 (0,37), L86 (0,38) et L48 (0,38) ont enregistré les indices d'insertion les plus petits que celui du témoin L1. Le test HSD de Tukey au seuil de 5% a regroupé les lignées en vingt-trois (23) groupes chevauchants (tableau IV).

En tenant compte des deux cycles de culture, les lignées L89, L30 et L59 ont présenté les plus grands indices d'insertion d'épi et les lignées L93 et L48 ont enregistré les plus petits indices d'insertion d'épi par rapport au témoin.

#### **2.1.2.5. Nombre de feuilles**

Le nombre de feuilles du cycle 1 a varié de 17,47 feuilles (L9) à 23,58 feuilles (L91). Le témoin a produit 19,61 feuilles en moyenne. Les plus grands nombres de feuilles par rapport au témoin ont varié dans l'ordre croissant suivant : L41 (21 feuilles), L59 (21,4 feuilles), L93 (21,6 feuilles), L92 (21,64 feuilles), L11 (22,38 feuilles), L23 (23,29 feuilles) et L91 (23,58 feuilles). Par contre, les plus petites moyennes de nombre de feuilles ont été identifiées chez les lignées L9 (17,47 feuilles), L48 (17,82 feuilles) et L75 (17,88 feuilles). Le Test HSD de Tukey au seuil 5 % a présenté vingt-cinq (25) groupes chevauchants (tableau IV).

Le nombre de feuilles du cycle 2 a varié de 16,8 feuilles (L95) à 21,93 feuilles (L23). Les plus grands nombres de feuilles par rapport au témoin L1 (18,42 feuilles) ont été obtenus au niveau des lignées suivantes : L23 (21,39 feuilles), L91 (20,73 feuilles), L11 (20,53 feuilles), L36 (20 feuilles), L41 (20 feuilles) et L8 (20 feuilles). Les plus petits nombres de feuilles ont quant à eux été obtenus chez les lignées L95 (16,80 feuilles), L75 (17 feuilles), L71 (17,2 feuilles), L72A (17,4 feuilles), L9 (17,53 feuilles), L51 (17,6 feuilles), L67 (17,73 feuilles), L54 (17,87 feuilles), L99 (17,93 feuilles) et L86 (17,93 feuilles). Le Test HSD de Tukey au seuil 5 % a indiqué vingt-deux (22) groupes chevauchants (tableau IV).

En considérant le cycle 1 et le cycle 2 de culture, les lignées L23, L91, L11 et L41 ont enregistré les plus grands nombres de feuilles. Cependant, les lignées L9 et L75 ont présenté les plus petits nombres de feuilles par rapport au témoin.



### **2.1.2.6. Surface foliaire**

La surface foliaire du cycle 1 a varié de 142,66 cm<sup>2</sup> (L54) à 367,80 cm<sup>2</sup> (L23). Quant au témoin L1, il a obtenu une surface foliaire de 281,92 cm<sup>2</sup>. Les lignées suivantes : L95B (301,24 cm<sup>2</sup>), L72A (301,71 cm<sup>2</sup>), L88 (302,80 cm<sup>2</sup>), L91 (303,20 cm<sup>2</sup>), L51 (308,34 cm<sup>2</sup>), L60 (312,55 cm<sup>2</sup>), L93 (313,1 cm<sup>2</sup>) et L23 (367,80 cm<sup>2</sup>) ont enregistré les plus grandes surfaces foliaires par rapport au témoin. Par contre, les plus petites surfaces foliaires ont été observées chez les lignées L54 (142,66 cm<sup>2</sup>) et L48 (148,91 cm<sup>2</sup>). Le Test HSD de Tukey au seuil 5 % a montré vingt-huit (28) groupes chevauchants (tableau IV).

La surface foliaire des lignées de maïs du cycle 2 a varié entre 315,56 cm<sup>2</sup> (L51) et 703,50 cm<sup>2</sup> (L72). Les plus grandes surfaces foliaires par rapport au témoin L1 (281,92 cm<sup>2</sup>) ont été enregistrées chez les lignées L72 (703,50 cm<sup>2</sup>), L23 (673,36 cm<sup>2</sup>), L87 (667,64 cm<sup>2</sup>), L95A (653,48 cm<sup>2</sup>), L8 (640,34 cm<sup>2</sup>), L32 (623,49 cm<sup>2</sup>) et L32A (616,43 cm<sup>2</sup>). Par contre, les plus petites surfaces foliaires ont été observées au niveau des lignées L51 (315,56 cm<sup>2</sup>), L99 (373,06 cm<sup>2</sup>), L71 (394,34 cm<sup>2</sup>). Le Test HSD de Tukey au seuil 5 % a montré vingt-six (26) groupes chevauchants (tableau IV).

Les cycles 1 et 2 ont enregistré la plus grande surface foliaire chez la lignée L23 par rapport au témoin.

### **2.1.2.7. Longueurs des panicules**

Les longueurs du cycle 1 ont varié entre 23,71 cm (L93) pour la petite longueur et 44,98 cm (L41) pour la grande longueur. La longueur de la panicule du témoin L1 a été de 38,53 cm. Les plus grandes longueurs de panicules par rapport au témoin ont été mesurées chez les lignées suivant l'ordre décroissant : L41 (44,98 cm), L71A (43,6 cm), L87 (42,82 cm), L95B (41,82 cm), L32A (41,51 cm) et L23 (41,49 cm). Cependant, les petites longueurs ont été enregistrées chez les lignées L93 (23,71 cm), L51 (27,84 cm), L74 (28,44 cm) et L89 (28,91 cm). Le test HSD de Tukey au seuil de 5 % a permis de distinguer vingt (20) groupes chevauchants (tableau IV).

La longueur des panicules du cycle 2 a varié entre 29,6 cm (L54) pour la petite longueur et 49,80 cm (L87) pour la grande longueur. La longueur de la panicule du témoin L1 a été de 44,4cm. La longueur de la panicule de la lignée L23 (44,4 cm) a été identique à celle du témoin. Les grandes longueurs 46,73 cm et 49,80 cm ont été mesurées respectivement chez les lignées L71 et L87. Les plus petites longueurs ont quant à elles été obtenues chez les lignées L54 (29,6 cm), L95 (29,93 cm), L36 (30,13 cm), L11 (30,13 cm), L51 (30,47 cm) et L32 (30,67 cm). Le test HSD de Tukey au seuil de 5 % a permis de distinguer dix-huit et neuf (19) groupes chevauchants (tableau IV).

Les cycles 1 et 2 ont enregistré la plus grande longueur de panicule chez la lignée L87 et la plus petite longueur de panicule chez la lignée L51 par rapport au témoin.

#### **2.1.2.8. Nombre d'épillets**

Le nombre d'épillets de la panicule du cycle 1 a varié de 5 épillets (L93) à 26 épillets (L92). Le témoin L1 a enregistré un nombre de 16 épillets. Les plus grands nombres d'épillets ont été enregistrés chez les lignées L92 (26,44 épillets), L51 (21,76 épillets), L91 (21,6 épillets), L36 (21,04 épillets), L72A (21 épillets) et L23 (20 épillets). Par opposition, les plus petits nombres d'épillets par rapport au témoin ont été observés chez les lignées L93 (5,11 épillets), L54 (5,58 épillets), L9 (6,4 épillets), L48 (7 épillets), L95 (9,2 épillets) et L8 (9,69 épillets). Le test HSD de Tukey au seuil de 5 % a classé les lignées en vingt-six (26) groupes chevauchants (tableau IV).

Le nombre d'épillets du cycle 2 a varié de 6,89 épillets (L93) à 25,22 épillets (L92). Le témoin L1 a enregistré un nombre d'épillets de 17,66 épillets. Les plus grands nombres d'épillets par rapport au témoin ont été enregistrés en ordre décroissant chez les lignées L92 (25,22 épillets), L23 (24,91 épillets), L91 (22,87 épillets), L51 (20,62 épillets), L63 (19,16 épillets), L77 (18,51 épillets), L95B (18,29 épillets) et L36 (18 épillets). Cependant, les lignées L93 (5 épillets), L9 (7,62 épillets), L99 (10,02 épillets), L7 (10,11 épillets), L46 (10,38 épillets), L75 (10,47 épillets), L95 (10,62 épillets) et L54 (10,64 épillets) ont présenté les plus petits nombres d'épillets par rapport au témoin L1. Le test HSD de Tukey au seuil de 5 % a classé les lignées en vingt-sept (27) groupes chevauchants (tableau IV).

Les cycles de culture 1 et 2 ont présenté les plus grands nombres d'épillets chez les lignées L92, L51, L91, L36 et L23. Par contre, les lignées L93, L54, L9 et L95 ont présenté les plus petits nombres d'épillets par rapport au témoin.

Tableau IV: Valeur moyenne des variables de croissance des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture

Lignées	DP(mm)		HP(cm)		HIE(cm)	
	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle
L1D0	19,15± 2,43 <sup>abcdefg</sup>	16,82±2,88 <sup>bcdefghij</sup>	153,54 ± 15,51 <sup>ghijk</sup>	165,47 ± 19,21 <sup>cdefgh</sup>	69, 85± 12,29 <sup>ijklmno</sup>	78,17 ± 20,5 <sup>bcdefg</sup>
L7 D200	17,38± 2,0 <sup>ghijklmno</sup>	16,08±1,58 <sup>cdefghijkl</sup>	138,51 ± 8,81 <sup>nopqr</sup>	128,2 ± 8,87 <sup>lmnop</sup>	63,38 ± 8, 42 <sup>opqrs</sup>	51,07 ± 7,01 <sup>mnop</sup>
L8 D200	17,61± 2,34 <sup>fghijklmn</sup>	17,37±1,53 <sup>bcdefgh</sup>	159,71 ± 10,75 <sup>fgh</sup>	177,8 ± 11,26 <sup>abcde</sup>	77,27 ± 11,85 <sup>fghij</sup>	101,33 ± 20,37 <sup>a</sup>
L9 D200	16,23 ± 2,21 <sup>lmnop</sup>	15,2±2,32 <sup>defghijkl</sup>	137,67 ± 9,61 <sup>nopqr</sup>	131,53 ± 17,72 <sup>klmnop</sup>	64,87 ± 7,01 <sup>nopqrs</sup>	63,27 ± 14,28 <sup>efghijklmno</sup>
L11 D200	17,65 ± 2,19 <sup>efghijklmn</sup>	17,47±2,05 <sup>bcdefg</sup>	149,69 ± 9,57 <sup>hijklm</sup>	157,4 ± 23,63 <sup>efghi</sup>	69,85 ± 12,29 <sup>cdef</sup>	79,87 ± 20,53 <sup>bcdef</sup>
L23 D200	20,99 ± 3,17 <sup>a</sup>	20,74±2,25 <sup>a</sup>	188,20 ± 19,33 <sup>a</sup>	196,53 ± 27,87 <sup>a</sup>	96,47 ± 14,88 <sup>a</sup>	102,13 ± 14,51 <sup>a</sup>
L86 D200	17,79 ± 2,21 <sup>efghijklm</sup>	13,85±1,88 <sup>ijklm</sup>	146,07 ± 8,46 <sup>klmnop</sup>	130,87 ± 15,31 <sup>klmnop</sup>	67,24 ± 8,62 <sup>mnoqr</sup>	49,73 ± 12,48 <sup>nop</sup>
L87 D200	19,03 ± 3,27 <sup>bcdefg</sup>	18,07±2,19 <sup>abcd</sup>	148,09 ± 14,52 <sup>ijklmn</sup>	159,4 ± 9,87 <sup>defghi</sup>	66,20 ±10,62 <sup>mnoqr</sup>	72 ± 6,85 <sup>defghij</sup>
L88 D200	19,51 ± 2,23 <sup>abcde</sup>	19,10±1,88 <sup>ab</sup>	142,18 ± 13,70 <sup>lmnopq</sup>	157,87 ± 17,53 <sup>defghi</sup>	64,09 ± 10,95 <sup>opqrs</sup>	73,53 ± 9,9 <sup>cdefghi</sup>
L89 D200	16,41 ± 1,54 <sup>klmnop</sup>	14,7±1,72 <sup>fghijklm</sup>	126,0 ± 12,17 <sup>s</sup>	125,67 ± 8,71 <sup>mno</sup>	10,07 ± 7,79 <sup>ijklmno</sup>	68,27 ± 11,03 <sup>defghijklm</sup>
L91 D200	17,13 ± 2,23 <sup>hijklmno</sup>	15,31±2,32 <sup>defghijkl</sup>	136,96 ± 10,71 <sup>opqr</sup>	147,93 ± 15,81 <sup>ghijkl</sup>	70,18 ± 7,90 <sup>ijklmno</sup>	71,86 ± 16,45 <sup>defghijk</sup>
L92 D200	17,61 ± 2,61 <sup>fghijklmn</sup>	15,32±2,83 <sup>defghijkl</sup>	130,13 ± 11,68 <sup>rs</sup>	125,07 ± 18,45 <sup>nop</sup>	70,73 ± 8,38 <sup>ijklmno</sup>	62,53 ± 12,21 <sup>fghijklmno</sup>
L93 D200	19,31 ± 2,72 <sup>abcdef</sup>	16,01±2,5 <sup>cdefghijkl</sup>	156,67 ± 6,81 <sup>fghij</sup>	159,6 ± 11,42 <sup>defghi</sup>	60,02 ± 9,25 <sup>rs</sup>	57,27 ± 5,78 <sup>ijklmnop</sup>
L95 D200	16,65 ± 2,49 <sup>ijklmno</sup>	13,72±2,07 <sup>klm</sup>	157,73 ± 9,78 <sup>fghi</sup>	146,13 ± 6,17 <sup>hijklmn</sup>	63,27 ± 7,73 <sup>opqrs</sup>	54,67 ± 6,18 <sup>ijklmnop</sup>
L99 D200	14,19 ± 1,82 <sup>q</sup>	12,18±1,27 <sup>m</sup>	161,38 ± 11,05 <sup>fg</sup>	149,73 ± 7,5 <sup>fghijkl</sup>	76,84 ± 10,55 <sup>fghijk</sup>	67,53 ± 6,12 <sup>defghijklmn</sup>
L95AD200	18,16 ± 2,0 <sup>defghijk</sup>	15,85±1,22 <sup>cdefghijkl</sup>	171,93 ± 18,44 <sup>cde</sup>	170 ± 20,91 <sup>bcdef</sup>	78,56 ± 10,23 <sup>efghi</sup>	74,13 ± 12,81 <sup>bcdefghi</sup>
L95BD200	19,11 ± 2,33 <sup>abcdefg</sup>	17,84±2,43 <sup>abcde</sup>	174,20 ± 12,40 <sup>bcd</sup>	179,47 ± 13,27 <sup>abcd</sup>	89,60 ± 10,49 <sup>abc</sup>	92,4 ± 11,38 <sup>ab</sup>
L30 D300	16,11 ± 1,71 <sup>mnop</sup>	13,54±2,78 <sup>lm</sup>	164,07 ± 14,24 <sup>ef</sup>	140,87 ± 16,27 <sup>ijklmno</sup>	90,09 ± 12,96 <sup>abc</sup>	76,33 ± 14,7 <sup>bcdefgh</sup>
L32 D300	17,55 ± 2,01 <sup>fghijklmn</sup>	15,71±1,05 <sup>cdefghijkl</sup>	159,73 ± 11,31 <sup>fgh</sup>	147,27 ± 15,77 <sup>hijklm</sup>	68,40 ± 7,1 <sup>lmnopq</sup>	70,53 ± 13,49 <sup>defghijkl</sup>
L36 D300	18,98 ± 2,92 <sup>bcdefgh</sup>	14,58±0,55 <sup>ghijklm</sup>	166,87 ± 15,66 <sup>def</sup>	121,53 ± 8,8 <sup>op</sup>	87,53 ± 11,86 <sup>bcd</sup>	45,33 ± 4,62 <sup>op</sup>
L41 D300	17,84 ± 2,50 <sup>efghijklm</sup>	13,88±0,17 <sup>ijklm</sup>	182,56 ± 10,67 <sup>ab</sup>	148,4 ±1,55 <sup>fghijkl</sup>	93,89 ± 8,92 <sup>ab</sup>	58,67 ± 20,66 <sup>hijklmno</sup>
L46 D300	18,1 ± 2,87 <sup>efghijkl</sup>	15,79±2,08 <sup>cdefghijkl</sup>	131,89 ± 13,21 <sup>qrs</sup>	98,93 ± 15,44 <sup>q</sup>	60,98 ± 10,92 <sup>qrs</sup>	40,2 ± 8,88 <sup>p</sup>
L47 D300	16,03 ± 1,96 <sup>mno</sup>	14,91±1,36 <sup>efghijklm</sup>	142,67 ± 6,82 <sup>lmnop</sup>	132,4 ± 11,52 <sup>ijklmno</sup>	58,16 ± 9,15 <sup>s</sup>	53,87 ± 8,04 <sup>klmnop</sup>
L48 D300	11,14 ± 2,67 <sup>r</sup>	14,07±2,28 <sup>ijklm</sup>	103,51 ± 6,07 <sup>t</sup>	132,73 ± 7,81 <sup>ijklmno</sup>	36,27 ± 7,33 <sup>u</sup>	50,47 ± 6,39 <sup>mno</sup>
L51 D300	20,56 ± 2,67 <sup>abc</sup>	15,42±2,38 <sup>cdefghijkl</sup>	136,56 ± 15,03 <sup>pqr</sup>	123,07 ± 11,96 <sup>op</sup>	69,18 ± 6,77 <sup>klmnop</sup>	50,27 ± 9,72 <sup>mno</sup>
L54 D300	10,54 ± 1,14 <sup>r</sup>	13,42±1,28 <sup>lm</sup>	101,20 ± 14,51 <sup>t</sup>	125 ± 9,54 <sup>nop</sup>	38,40 ± 6,25 <sup>u</sup>	52,33 ± 11,49 <sup>lmnop</sup>
L59 D300	14,70 ± 1,94 <sup>pq</sup>	14,15±1,55 <sup>ijklm</sup>	147,11 ± 11,82 <sup>ijklmno</sup>	145,4 ± 12,74 <sup>hijklmn</sup>	85,40 ± 10,90 <sup>cde</sup>	85,07 ± 15,42 <sup>abcd</sup>
L60 D300	20,02 ± 2,76 <sup>abcd</sup>	17,53±1,82 <sup>bcdefg</sup>	158,69 ± 12,30 <sup>fgh</sup>	161,07 ± 13,11 <sup>defghi</sup>	77,31 ± 6,65 <sup>fghij</sup>	78,47 ± 9,97 <sup>bcdefg</sup>
L61 D300	18,45 ± 2,75 <sup>defghij</sup>	16,61±3,16 <sup>bcdefghijk</sup>	158,16 ± 11,54 <sup>fghi</sup>	143,2 ± 28,09 <sup>ijklmno</sup>	77,73 ± 8,26 <sup>efghij</sup>	58,6 ± 14,0,0 <sup>hijklmno</sup>

## Résultats et Discussion

<b>L63</b> <sub>D300</sub>	18,79 ± 2,67 <sup>cdefgh</sup>	16,84±1,25 <sup>bcdefghi</sup>	130,20 ± 10,10 <sup>rs</sup>	160,53 ± 8,68 <sup>defghi</sup>	61,62 ± 11,20 <sup>pqrs</sup>	80,67 ± 8,21 <sup>bcdef</sup>
<b>L67</b> <sub>D300</sub>	17,43 ± 1,35 <sup>fghijklmno</sup>	15,07±1,78 <sup>efghijklm</sup>	139,69 ± 12,11 <sup>mnoqr</sup>	122,13 ± 13,21 <sup>op</sup>	73,31 ± 9,79 <sup>hijklm</sup>	57,07 ± 13,3 <sup>ijklmno</sup>
<b>L71</b> <sub>D300</sub>	15,57 ± 1,39 <sup>opq</sup>	14,69±2,37 <sup>fghijklm</sup>	145,47 ± 13,71 <sup>klmnop</sup>	140,93 ± 14,77 <sup>ijklmno</sup>	72,64 ± 6,23 <sup>hijklmn</sup>	65,13 ± 12,32 <sup>efghijklmn</sup>
<b>L72</b> <sub>D300</sub>	18,58 ± 2,12 <sup>defghi</sup>	17,62±1,87 <sup>bcdef</sup>	179,13 ± 14,49 <sup>abc</sup>	190,13 ± 16,22 <sup>ab</sup>	86,82 ± 8,53 <sup>bcd</sup>	91,33 ± 9,99 <sup>abc</sup>
<b>L74</b> <sub>D300</sub>	16,53 ± 2,05 <sup>klmnop</sup>	14,43±2,48 <sup>hijklm</sup>	159,24 ± 18,37 <sup>fgh</sup>	184,6 ± 18,33 <sup>abc</sup>	78,22 ± 10,6 <sup>efghi</sup>	91,67 ± 7,95 <sup>abc</sup>
<b>L75</b> <sub>D300</sub>	16,71 ± 1,63 <sup>ijklmno</sup>	14,33±1,42 <sup>ijklm</sup>	156,67 ± 13,95 <sup>fghij</sup>	158,6 ± 7,55 <sup>defghi</sup>	63,62 ± 7,34 <sup>opqrs</sup>	58,73 ± 7,48 <sup>hijklmno</sup>
<b>L77</b> <sub>D300</sub>	17,78 ± 2,23 <sup>efghijklm</sup>	15,34±1,23 <sup>defghijkl</sup>	176,87 ± 9,67 <sup>bcd</sup>	154 ± 12,01 <sup>fghij</sup>	90,76 ± 9,43 <sup>abc</sup>	70,53 ± 8,84 <sup>defghijkl</sup>
<b>L32A</b> <sub>D300</sub>	18,66 ± 2,46 <sup>defgh</sup>	17,56±2,12 <sup>bcdef</sup>	158,87 ± 14,29 <sup>fgh</sup>	169,6 ± 16,55 <sup>bcdefg</sup>	80,49 ± 11,70 <sup>defgh</sup>	81,53 ± 12,16 <sup>bcde</sup>
<b>L46A</b> <sub>D300</sub>	15,86 ± 2,04 <sup>nopq</sup>	14,99±2,12 <sup>efghijklm</sup>	131,89 ± 13,21 <sup>t</sup>	110,53 ± 9,75 <sup>pq</sup>	50,09 ± 7,38 <sup>t</sup>	52,2 ± 7,76 <sup>lmnop</sup>
<b>L54A</b> <sub>D300</sub>	16,56 ± 1,95 <sup>ijklmno</sup>	14,32±1,98 <sup>ijklm</sup>	130,96 ± 12,16 <sup>rs</sup>	121,8 ± 11,86 <sup>op</sup>	63,353 ± 9,51 <sup>opqrs</sup>	53,26 ± 8,93 <sup>lmnop</sup>
<b>L71A</b> <sub>D300</sub>	17,90 ± 2,69 <sup>efghijklm</sup>	13,35±1,93 <sup>lm</sup>	179,22 ± 12,70 <sup>abc</sup>	152,13 ± 22,58 <sup>fghijk</sup>	83,02 ± 9,63 <sup>cdefg</sup>	60,07 ± 15,73 <sup>ghijklmno</sup>
<b>L72A</b> <sub>D300</sub>	20,77 ± 2,59 <sup>ab</sup>	18,37±1,99 <sup>abc</sup>	150,62 ± 10,24 <sup>hijkl</sup>	151,53 ± 11,93 <sup>fghijk</sup>	75,53 ± 8,45 <sup>ghijkl</sup>	70,6 ± 11,57 <sup>defghijkl</sup>
<b>Test</b>	<b>F = 40,583</b>	F = 11,296	<b>F = 115,123</b>	F = 32,100	<b>F = 85,049</b>	F = 21,538
<b>ANOVA</b>	<b>p &lt; 0,0001***</b>	p < 0,0001	<b>p &lt; 0,0001***</b>	p < 0,0001	<b>p &lt; 0,0001***</b>	p < 0,0001

DP: diamètre des plants des lignées; HP: hauteur des plants des lignées; HIE: hauteur d'insertion de l'épi ; F : constante ou variable de test de Fisher ; p: probabilité associée au test d'ANOVA un facteur; \* différence significative; les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes et celles affectées d'une même lettre sont statistiquement identiques (Test HSD de Tukey). La lettre (L) affectée de numéro suivi ou non de lettre désigne l'identifiant de la lignée. D<sub>200</sub> : radiation à la dose 200 gray ; D<sub>300</sub> : radiation à la dose 300

Tableau IV (suite) : Valeur moyenne des variables de croissance des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture

Lignées	IIE		NF		SF	
	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle
L1D0	0,45 ± 0,06 <sup>ijk</sup>	0,46±0,1 <sup>cdefghij</sup>	19,61 ± 1,31 <sup>ijklmn</sup>	18,42±1,28 <sup>defghijk</sup>	281,91 ± 42,44 <sup>bcdefghi</sup>	570,24±118,16 <sup>bcdefghi</sup>
L7 D200	0,46 ± 0,05 <sup>ijk</sup>	0,4±0,05 <sup>hijklm</sup>	19,38 ± 1,11 <sup>klmn</sup>	18,27±0,8 <sup>defghijklm</sup>	249,14 ± 35,68 <sup>hijklmno</sup>	486,65±63,47 <sup>hijklmno</sup>
L8 D200	0,48 ± 0,06 <sup>fg hij</sup>	0,57±0,09 <sup>ab</sup>	19,82 ± 1,25 <sup>hijklmn</sup>	20±1,07 <sup>bc</sup>	261,97 ± 38,89 <sup>ghijklmn</sup>	640,34±71,15 <sup>abcde</sup>
L9 D200	0,57 ± 0,05 <sup>ghijk</sup>	0,48±0,07 <sup>bcdefghi</sup>	17,47 ± 1,44 <sup>q</sup>	17,53±0,74 <sup>ijklm</sup>	213,18 ± 36,97 <sup>pq</sup>	454,35±52,42 <sup>ijklmno</sup>
L11 D200	0,57 ± 0,07 <sup>ab</sup>	0,5±0,08 <sup>abcde</sup>	22,38 ± 1,43 <sup>bc</sup>	20,53±1,06 <sup>ab</sup>	296,76 ± 45,85 <sup>bcdef</sup>	478,22±95,63 <sup>ijklmno</sup>
L23 D200	0,51 ± 0,08 <sup>cdefg</sup>	0,53±0,12 <sup>abcd</sup>	23,29 ± 1,16 <sup>ab</sup>	21,93±0,8 <sup>a</sup>	367,80 ± 65,65 <sup>a</sup>	673,36±58,27 <sup>ab</sup>
L86 D200	0,46 ± 0,05 <sup>ijk</sup>	0,38±0,09 <sup>ijklm</sup>	20,58 ± 1,18 <sup>efghij</sup>	17,93±1,33 <sup>ghijklm</sup>	274,99 ± 40,76 <sup>cdefghij</sup>	523,43±116,92 <sup>efghijklm</sup>
L87 D200	0,45 ± 0,05 <sup>ijklm</sup>	0,46±0,03 <sup>cdefghijkl</sup>	20,0 ± 1,15 <sup>efghijklm</sup>	18±0,85 <sup>efghijklm</sup>	285,80 ± 54,70 <sup>bcdefgh</sup>	667,64± 86,89 <sup>abc</sup>
L88 D200	0,45 ± 0,06 <sup>ijkl</sup>	0,47±0,03 <sup>cdefghijk</sup>	20,67 ± 0,93 <sup>defghi</sup>	19,73±0,96 <sup>bcd</sup>	302,80 ± 39,17 <sup>bcde</sup>	597,71±73,02 <sup>abcdefgh</sup>
L89 D200	0,56 ± 0,5 <sup>abc</sup>	0,54±0,07 <sup>abc</sup>	19,04 ± 1,19 <sup>mno</sup>	18,6±0,91 <sup>cdefghijk</sup>	234,03 ± 23,92 <sup>mnpq</sup>	433,03±69,38 <sup>klmno</sup>
L91 D200	0,51 ± 0,05 <sup>cdefg</sup>	0,48±0,1 <sup>bcdefgh</sup>	23,58 ± 1,06 <sup>a</sup>	20,73±2,15 <sup>ab</sup>	303,19 ± 43,89 <sup>bcd</sup>	578,2± 104,25 <sup>bcdefghi</sup>
L92 D200	0,55 ± 0,06 <sup>abcde</sup>	0,5±0,04 <sup>abcdefg</sup>	21,64 ± 1,28 <sup>cd</sup>	19,93±0,88 <sup>bc</sup>	286,70 ± 50,70 <sup>bcdefg</sup>	573,25±136,28 <sup>bcdefghi</sup>
L93 D200	0,38 ± 0,05 <sup>nop</sup>	0,36±0,03 <sup>m</sup>	21,60 ± 1,27 <sup>cd</sup>	19,27±1,03 <sup>bcdefgh</sup>	313,1 ± 47,32 <sup>b</sup>	473,45±70,3 <sup>ijklmno</sup>
L95 D200	0,40 ± 0,04 <sup>mno</sup>	0,37±0,04 <sup>klm</sup>	18,31 ± 1,02 <sup>opq</sup>	16,8±0,56 <sup>m</sup>	228,96 ± 38,79 <sup>nopq</sup>	426,23±43,98 <sup>lmnop</sup>
L99 D200	0,48 ± 0,08 <sup>ghij</sup>	0,45±0,04 <sup>cdefghijklm</sup>	19,07 ± 0,96 <sup>mno</sup>	17,93±1,44 <sup>ghijklm</sup>	202,70 ± 26,47 <sup>q</sup>	373,06±73,86 <sup>op</sup>
L95A D200	0,46 ± 0,04 <sup>ijk</sup>	0,44±0,05 <sup>defghijklm</sup>	19,91 ± 0,97 <sup>hijklmn</sup>	18,67±0,82 <sup>cdefghijk</sup>	271,30 ± 33,45 <sup>defghijk</sup>	653,48±82,52 <sup>abcd</sup>
L95B D200	0,51 ± 0,5 <sup>cdefg</sup>	0,51±0,04 <sup>abcd</sup>	20,98 ± 1,51 <sup>defg</sup>	19,4±0,99 <sup>bcdefg</sup>	301,24 ± 450 <sup>bcde</sup>	598,33±57,28 <sup>abcdefgh</sup>
L30 D300	0,55 ± 0,06 <sup>abcd</sup>	0,54±0,06 <sup>abc</sup>	20,22 ± 1,02 <sup>efghijkl</sup>	19,6±0,74 <sup>bcde</sup>	244,30 ± 28,37 <sup>ijklmnop</sup>	430,28±63,06 <sup>klmnop</sup>
L32 D300	0,43 ± 0,05 <sup>klmn</sup>	0,48±0,05 <sup>bcdefghi</sup>	20,47 ± 0,99 <sup>efghij</sup>	19,4±1,24 <sup>bcdefg</sup>	269,71 ± 36,11 <sup>efghijkl</sup>	623,49±85,01 <sup>abcdef</sup>
L36 D300	0,53 ± 0,06 <sup>bcdef</sup>	0,37±0,02 <sup>klm</sup>	20,98 ± 1,32 <sup>defg</sup>	20±0,0 <sup>bc</sup>	299,30 ± 53,30 <sup>bcde</sup>	490,4±56,54 <sup>hijklmn</sup>
L41 D300	0,51 ± 0,03 <sup>cdefg</sup>	0,39±0,13 <sup>hijklm</sup>	21,0 ± 1,24 <sup>def</sup>	20±0,0 <sup>bc</sup>	282,16 ± 50,77 <sup>bcdefghi</sup>	528±11,62 <sup>efghijkl</sup>
L46 D300	0,46 ± 0,07 <sup>hijk</sup>	0,4 0,05 <sup>hijklm</sup>	18,96 ± 0,1 <sup>nop</sup>	18,6±0,83 <sup>cdefghijk</sup>	258,13 ± 48,25 <sup>ghijklmn</sup>	478,45±63,65 <sup>ijklmno</sup>
L47 D300	0,41 ± 0,06 <sup>lmno</sup>	0,41±0,07 <sup>efghijklm</sup>	20,98 ± 1,31 <sup>defg</sup>	19,47±0,74 <sup>bcdef</sup>	251,96 ± 33,27 <sup>ijklmno</sup>	516,85±72,07 <sup>efghijklm</sup>
L48 D300	0,35 ± 0,07 <sup>p</sup>	0,38±0,05 <sup>ijklm</sup>	17,82 ± 1,13 <sup>q</sup>	18,13±1,12 <sup>efghijklm</sup>	148,90 ± 35,69 <sup>r</sup>	501,49±74,77 <sup>ghijklmn</sup>
L51 D300	0,51 ± 0,04 <sup>defgh</sup>	0,41±0,05 <sup>ghijklm</sup>	19,98 ± 0,94 <sup>ghijklm</sup>	17,6±0,91 <sup>ijklm</sup>	308,34 ± 43,29 <sup>bc</sup>	315,56±2,19 <sup>p</sup>
L54 D300	0,38 ± 0,06 <sup>op</sup>	0,42±0,07 <sup>efghijklm</sup>	18,0 ± 1,46 <sup>pq</sup>	17,87±0,83 <sup>hijklm</sup>	142,66 ± 21,95 <sup>r</sup>	484,56±50,72 <sup>hijklmno</sup>
L59 D300	0,58 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,58±0,07 <sup>a</sup>	21,40 ± 1,42 <sup>cde</sup>	19,27±1,22 <sup>bcdefgh</sup>	236,71 ± 40,76 <sup>lmnop</sup>	410,96±80,27 <sup>mnp</sup>
L60 D300	0,49 ± 0,04 <sup>fg hij</sup>	0,49±0,04 <sup>bcdefgh</sup>	20,80 ± 1,24 <sup>defgh</sup>	19,27±0,8 <sup>bcdefgh</sup>	312,55 ± 48,68 <sup>b</sup>	545,42±76,71 <sup>defghijk</sup>
L61 D300	0,49 ± 0,04 <sup>fg hi</sup>	0,41±0,04 <sup>efghijklm</sup>	19,64 ± 1,23 <sup>ijklmn</sup>	19,47±1,64 <sup>bcdef</sup>	271,89 ± 40,1 <sup>defghijk</sup>	436,22±74,18 <sup>klmno</sup>

## Résultats et Discussion

<b>L63</b> D300	0,47 ± 0,07 <sup>ghijk</sup>	0,5±0,04 <sup>abcde</sup>	19,84 ± 1,11 <sup>hijklmn</sup>	18,67±1,05 <sup>cdefghijk</sup>	280,15 ± 46,46 <sup>bcdefghi</sup>	576,96±53,55 <sup>bcdefghi</sup>
<b>L67</b> D300	0,53 ± 0,06 <sup>bcdef</sup>	0,46±0,07 <sup>cdefghijkl</sup>	19,04 ± 1,54 <sup>mno</sup>	17,73±0,88 <sup>ijklm</sup>	249,14 ± 29,43 <sup>ijklmno</sup>	494,85±52,22 <sup>hijklmn</sup>
<b>L71</b> D300	0,50 ± 0,02 <sup>efghi</sup>	0,46±0,08 <sup>cdefghijkl</sup>	19,96 ± 1,73 <sup>hijklmn</sup>	17,2±1,15 <sup>klm</sup>	232,19 ± 21,29 <sup>mnopq</sup>	394,34±118,04 <sup>nop</sup>
<b>L72</b> D300	0,49 ± 0,06 <sup>fghij</sup>	0,48±0,05 <sup>bcdefghi</sup>	19,60 ± 1,07 <sup>ijklmn</sup>	19,27±1,28 <sup>bcdefgh</sup>	273,21 ± 35,19 <sup>defghij</sup>	703,5±106,05 <sup>a</sup>
<b>L74</b> D300	0,49 ± 0,06 <sup>fghi</sup>	0,5±0,05 <sup>abcdef</sup>	20,49 ± 1,39 <sup>efghij</sup>	18,93±1,44 <sup>cdefghi</sup>	253,75 ± 35,40 <sup>ghijklmno</sup>	554,85±90,39 <sup>cdefghij</sup>
<b>L75</b> D300	0,41 ± 0,06 <sup>lmno</sup>	0,37±0,054 <sup>lm</sup>	17,89 ± 0,91 <sup>q</sup>	17±0,65 <sup>lm</sup>	224,49 ± 27,27 <sup>opq</sup>	438,7±63,64 <sup>klmno</sup>
<b>L77</b> D300	0,51 ± 0,05 <sup>cdefg</sup>	0,46±0,04 <sup>cdefghijkl</sup>	19,27 ± 0,75 <sup>lmno</sup>	18,6±0,74 <sup>cdefghijk</sup>	257,37 ± 36,80 <sup>ghijklmno</sup>	541,59±57,69 <sup>defghijkl</sup>
<b>L32A</b> D300	0,51 ± 0,06 <sup>defgh</sup>	0,48±0,06 <sup>bcdefghi</sup>	19,82 ± 1,47 <sup>hijklmn</sup>	18,6±0,63 <sup>cdefghijk</sup>	278,44 ± 49,14 <sup>cdefghi</sup>	616,43±77,11 <sup>abcdefg</sup>
<b>L46A</b> D300	0,47 ± 0,06 <sup>ghijk</sup>	0,47±0,05 <sup>cdefghij</sup>	20,11 ± 0,98 <sup>fghijkl</sup>	19,53±0,92 <sup>bcde</sup>	238,80 ± 29,83 <sup>klmnop</sup>	429,95±65,53 <sup>klmnop</sup>
<b>L54A</b> D300	0,48 ± 0,05 <sup>fghij</sup>	0,43±0,06 <sup>defghijklm</sup>	20,38 ± 1,25 <sup>fghijk</sup>	18±1,07 <sup>fghijklm</sup>	252,86 ± 31,25 <sup>hijklmno</sup>	481,18±66,08 <sup>ijklmno</sup>
<b>L71A</b> D300	0,46 ± 0,04 <sup>hijk</sup>	0,39±0,05 <sup>ijklm</sup>	19,71 ± 1,34 <sup>ijklmn</sup>	18,87±0,92 <sup>cdefghij</sup>	264,93 ± 45,87 <sup>fghijklm</sup>	490,93±72,87 <sup>hijklmn</sup>
<b>L72A</b> D300	0,50 ± 0,05 <sup>efghi</sup>	0,46±0,05 <sup>cdefghijk</sup>	19,33 ± 1,37 <sup>lmn</sup>	17,4±1,24 <sup>jkm</sup>	301,71 ± 47,4 <sup>bcde</sup>	439,88±8,06 <sup>ijklmno</sup>
<b>Test</b>	<b>F = 38,637</b>	<b>F = 11,114</b>	<b>F = 52,916</b>	<b>F = 16,78</b>	<b>F = 47,289</b>	<b>F = 18,375</b>
<b>ANOVA</b>	<b>p &lt; 0,0001***</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>	<b>p &lt; 0,0001***</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>	<b>p &lt; 0,0001***</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>

. IIE : indice d'insertion de l'épi ; NF : nombre de feuilles ; SF : surface foliaire ; F : constante ou variable de test de Fisher ; p : probabilité associée au test d'ANOVA un facteur ; \* différence significative ; les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes et celles affectées d'une même lettre sont statistiquement identiques (Test HSD de Tukey). La lettre (L) affectée de numéro suivi ou non de lettre désigne l'identifiant de la lignée. D<sub>200</sub> : radiation à la dose 200 gray ; D<sub>300</sub> : radiation à la dose 300

**Tableau IV** (suite et fin) : Valeur moyenne des variables de croissance des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture

Lignées	LPa (cm)		NE	
	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle
L1 <sub>D0</sub>	38,61 ± 8,31 <sup>bcdefg</sup>	44,4±6,15 <sup>abc</sup>	15,99 ± 5,55 <sup>ghi</sup>	17,66±5,51 <sup>ef</sup>
L7 <sub>D200</sub>	38,69 ± 5,89 <sup>bcdefg</sup>	45,53±5,19 <sup>abc</sup>	11,29 ± 1,46 <sup>opqr</sup>	10,11±0,49 <sup>q</sup>
L8 <sub>D200</sub>	37,69 ± 5,06 <sup>cdefgh</sup>	36,73±7,57 <sup>cdefghijk</sup>	9,69 ± 1,83 <sup>qr</sup>	15,27±3,41 <sup>hijkl</sup>
L9 <sub>D200</sub>	39,22 ± 10,38 <sup>bcdefg</sup>	38,13±5,68 <sup>cdefghij</sup>	6,40 ± 1,01 <sup>t</sup>	7,62±0,75 <sup>r</sup>
L11 <sub>D200</sub>	29,91 ± 6,93 <sup>klm</sup>	30,13±5,21 <sup>k</sup>	13,78 ± 2,07 <sup>jklmn</sup>	15±2,15 <sup>hijkl</sup>
L23 <sub>D200</sub>	41,49 ± 6,71 <sup>abcde</sup>	44,4±5,12 <sup>abc</sup>	20,00 ± 3,2 <sup>bcd</sup>	24,91±5,26 <sup>ab</sup>
L86 <sub>D200</sub>	34,29 ± 7,56 <sup>ghijkl</sup>	39±8,1 <sup>bcdefghi</sup>	14,29 ± 2,03 <sup>ijklm</sup>	14,22±2,36 <sup>ijklmno</sup>
L87 <sub>D200</sub>	42,82 ± 7,29 <sup>abc</sup>	49,8±4,62 <sup>a</sup>	11,89 ± 1,11 <sup>nopq</sup>	11,73±0,65 <sup>opq</sup>
L88 <sub>D200</sub>	38,58 ± 6,72 <sup>bcdefg</sup>	34,4±7,21 <sup>defghijk</sup>	15,09 ± 1,99 <sup>ghijk</sup>	13,2±1,04 <sup>klmno</sup>
L89 <sub>D200</sub>	28,91 ± 4,72 <sup>lmn</sup>	31,13±3,72 <sup>jk</sup>	14,36 ± 1,81 <sup>ijklm</sup>	13,29±1,06 <sup>klmno</sup>
L91 <sub>D200</sub>	37,98 ± 5,45 <sup>cdefgh</sup>	39,27±5,08 <sup>bcdefgh</sup>	21,60 ± 3,02 <sup>b</sup>	22,87±1,9 <sup>bc</sup>
L92 <sub>D200</sub>	39,31 ± 5,46 <sup>bcdefg</sup>	41,07±4,38 <sup>bcdefg</sup>	26,44 ± 3,7 <sup>a</sup>	25,22±3,69 <sup>a</sup>
L93 <sub>D200</sub>	23,71 ± 4,35 <sup>n</sup>	33,47±5,14 <sup>fghijk</sup>	5,11 ± 1,65 <sup>t</sup>	6,89±1,19 <sup>r</sup>
L95 <sub>D200</sub>	30,29 ± 7,14 <sup>klm</sup>	29,93±4,46 <sup>k</sup>	9,2 ± 2,01 <sup>rs</sup>	10,62±0,91 <sup>pq</sup>
L99 <sub>D200</sub>	36,96 ± 4,94 <sup>defghi</sup>	36,67±6,66 <sup>cdefghijk</sup>	11,62 ± 2,05 <sup>nopq</sup>	10,02±0,15 <sup>q</sup>
L95A <sub>D200</sub>	40,49 ± 5,49 <sup>abcdef</sup>	43,33±9,82 <sup>abc</sup>	16,38 ± 2,41 <sup>fghi</sup>	16,73±1,34 <sup>fgh</sup>
L95B <sub>D200</sub>	41,82 ± 10,30 <sup>abcd</sup>	42,2±5,75 <sup>abcd</sup>	16,76 ± 2,53 <sup>efgh</sup>	18,29±2,1 <sup>ef</sup>
L30 <sub>D300</sub>	30,78 ± 3,78 <sup>jklm</sup>	31,13±4,36 <sup>jk</sup>	15,07 ± 2,2 <sup>ghijk</sup>	16,27±2,18 <sup>fghij</sup>
L32 <sub>D300</sub>	32,69 ± 3,54 <sup>hijklm</sup>	30,67±4,97 <sup>jk</sup>	12,42 ± 1,57 <sup>lmnop</sup>	12,58±1,08 <sup>mnpq</sup>
L36 <sub>D300</sub>	37,53 ± 6,40 <sup>cdefgh</sup>	30,13±5,69 <sup>k</sup>	21,04 ± 4,31 <sup>bc</sup>	18±0,0 <sup>ef</sup>
L41 <sub>D300</sub>	44,98 ± 5,71 <sup>a</sup>	42,2±3,1 <sup>abcd</sup>	15,4 ± 2,69 <sup>ghij</sup>	13±0,0 <sup>lmno</sup>
L46 <sub>D300</sub>	39,98 ± 6,92 <sup>abcdef</sup>	33,6±2,44 <sup>efghijk</sup>	15,11 ± 2,83 <sup>ghijk</sup>	10,38±1,28 <sup>pq</sup>
L47 <sub>D300</sub>	29,80 ± 4,61 <sup>klm</sup>	35,27±4,32 <sup>defghijk</sup>	14,87 ± 1,42 <sup>ghijk</sup>	13,76±1,58 <sup>klmno</sup>
L48 <sub>D300</sub>	31,42 ± 6,74 <sup>jklm</sup>	32,07±4,17 <sup>hijk</sup>	7,00 ± 1,82 <sup>st</sup>	12,29±0,99 <sup>nopq</sup>
L51 <sub>D300</sub>	27,84 ± 4,1 <sup>mn</sup>	30,47±3,38 <sup>jk</sup>	21,76 ± 4,12 <sup>b</sup>	20,62±3,47 <sup>cd</sup>
L54 <sub>D300</sub>	29,4 ± 2,60 <sup>lm</sup>	29,6±5,22 <sup>k</sup>	5,58 ± 1,36 <sup>t</sup>	10,64±2 <sup>pq</sup>
L59 <sub>D300</sub>	29,96 ± 9,89 <sup>klm</sup>	33±5,44 <sup>hijk</sup>	12,84 ± 1,7 <sup>klmnop</sup>	13,98±0,99 <sup>ijklmno</sup>
L60 <sub>D300</sub>	34,04 ± 7,64 <sup>ghijkl</sup>	33,33±5,23 <sup>ghijk</sup>	15,47 ± 2,16 <sup>ghij</sup>	16,29±1,6 <sup>fghi</sup>
L61 <sub>D300</sub>	36,09 ± 6,64 <sup>efghij</sup>	35,07±4,92 <sup>defghijk</sup>	11,22 ± 3,27 <sup>opqr</sup>	14,56±4,14 <sup>hijklmno</sup>
L63 <sub>D300</sub>	40,60 ± 9,35 <sup>abcdef</sup>	41,2±4 <sup>bcdef</sup>	14,49 ± 2,43 <sup>hijkl</sup>	19,16±2,21 <sup>de</sup>
L67 <sub>D300</sub>	35,18 ± 8,86 <sup>fghijk</sup>	31,8±5,1 <sup>hijk</sup>	16,31 ± 2,96 <sup>fghi</sup>	13,93±1,68 <sup>klmno</sup>
L71 <sub>D300</sub>	38,53 ± 2,98 <sup>bcdefg</sup>	46,73±5,65 <sup>ab</sup>	10,91 ± 2,73 <sup>pqr</sup>	14,29±1,12 <sup>ijklmno</sup>
L72 <sub>D300</sub>	38,57 ± 6,04 <sup>bcdefg</sup>	42±5,46 <sup>abcd</sup>	14,67 ± 2,31 <sup>ghijkl</sup>	15,36±1,21 <sup>ghijk</sup>
L74 <sub>D300</sub>	28,44 ± 6,25 <sup>mn</sup>	37,27±4,62 <sup>cdefghijk</sup>	14,98 ± 2,29 <sup>ghijk</sup>	14±0,95 <sup>ijklmno</sup>
L75 <sub>D300</sub>	32,07 ± 6,02 <sup>ijklm</sup>	35,4±4,13 <sup>defghijk</sup>	12,00 ± 1,33 <sup>mnpq</sup>	10,47±0,69 <sup>pq</sup>
L77 <sub>D300</sub>	31,44 ± 6,09 <sup>jklm</sup>	34±3,27 <sup>defghijk</sup>	19,00 ± 2,4 <sup>cde</sup>	18,51±0,92 <sup>def</sup>
L32A <sub>D300</sub>	41,51 ± 6,32 <sup>abcde</sup>	41,4±8,08 <sup>bcde</sup>	16,89 ± 2,45 <sup>efg</sup>	15,33±1,28 <sup>hijk</sup>
L46A <sub>D300</sub>	31,38 ± 5,04 <sup>jklm</sup>	31,2±5,45 <sup>ijk</sup>	13,36 ± 2,02 <sup>ijklmno</sup>	15,13 ± 6,98 <sup>hijkl</sup>
L54A <sub>D300</sub>	30,44 ± 8,90 <sup>klm</sup>	34,67±7,45 <sup>defghijk</sup>	11,6 ± 2,43 <sup>nopq</sup>	12,58±1,82 <sup>mnpq</sup>
L71A <sub>D300</sub>	43,60 ± 15,28 <sup>ab</sup>	38±4,28 <sup>cdefghij</sup>	17,89 ± 3,26 <sup>def</sup>	14,73±2,02 <sup>hijklm</sup>
L72A <sub>D300</sub>	31,98 ± 3,85 <sup>jklm</sup>	31,13±5,55 <sup>jk</sup>	21,00 ± 3,28 <sup>bc</sup>	17,64±1,64 <sup>efg</sup>

<b>Test</b>	<b>F = 27,788</b>	<b>F = 16,117</b>	<b>F = 113,175</b>	<b>F = 102,442</b>
<b>ANOVA</b>	<b>p &lt; 0,0001***</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>	<b>p &lt; 0,0001***</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>

*LPa*: longueur de la panicule; *NE*: nombre d'épillets; *F* : constante ou variable de test de Fisher ; *p*:probabilité associée au test d'ANOVA un facteur; \* différence significative; les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes et celles affectées d'une même lettre sont statistiquement identiques (Test HSD de Tukey). La lettre (L) affectée de numéro suivi ou non de lettre désigne l'identifiant de la lignée. *D*<sub>200</sub> : radiation à la dose 200 gray ; *D*<sub>300</sub> : radiation à la dose 300



### **2.1.3. Caractérisation des paramètres de floraison des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture**

Les résultats de l'analyse des lignées du cycle 1 et du cycle 2 consignés dans le tableau V ont montré que les paramètres de floraison tels que le délai d'apparition de l'épi (DaEpi), délai d'apparition de la panicule (DaPa), délai d'apparition des pollens (DaPo), délai d'apparition de la soie (DaSoie), intervalle panicule épi (IpaEpi) et intervalle pollen soie (IpoSoie) ont présenté des différences très hautement significative ( $p < 0,001$ ) entre les lignées d'une part et entre les lignées et le témoin L1 d'autre part. Les différents délais d'apparitions des paramètres de floraison ont permis de classer les lignées en deux grands cycles semis-floraison par rapport à la lignée témoin L1. Le cycle précoce (apparition avant celle du témoin L1) et le cycle tardif (apparition après celle du témoin L1). Ainsi, les variations des délais d'apparitions au sein du cycle tardif, a conduit à les regrouper en cycle semis-tardif, tardif et très tardif.

#### **2.1.3.1. Délai d'apparition de l'épi**

Le délai d'apparition de l'épi du cycle 1 a varié de 49 jours (L9, L99, L95, L95A et L72) à 60 jours (L54, L48). Le témoin L1 a présenté un délai de 51 jours. Les différentes variations du délai d'apparition de l'épi ont conduit à une classification des lignées en différents cycles semis-floraison par rapport au témoin L1. Ainsi, les lignées précoces L9, L99, L95, L95A, L72, L89, L32, L36, L46, L95B, L67, L71A, L61 et L92 ont un cycle de 49 à 50 jours. Les semis-précoce L1, L87, L41, L30, L51, L88, L60, L72A, L8, L75, L7, L86, L91 et L93 ont un cycle de 51 à 52 jours. Les lignées semis-tardive comportant les lignées L63, L32A, L77, L54A, L23, L74, L47 et L11 ont un cycle de 53 à 55 jours. Les lignées tardives L71, L59 et L46A ont obtenu un cycle de 56 à 58 jours. Les lignées très tardives L54 et L48 ont présenté un cycle de 60 jours. Le test de HSD de Tukey au seuil de 5% a défini trente et un (31) groupes chevauchants (tableau V).

Les apparitions d'épi du cycle 2 ont varié de 51 jours (L32 et L99) à 62 jours (L51, L77 et L61). Un délai de 51 jours a été enregistré chez le témoin L1. La variation moyenne des jours d'apparition de l'épi a permis de classer les lignées en des cycles semis-floraison différents par rapport au témoin. Ainsi, les lignées L32, L99 et L95B sont précoces avec un cycle de 51 à 52 jours. Les lignées semis-précoces L8, L89, L95A, L93, L36, L63, L95, L87, L75, L32A, L1 et L30 ont eu un cycle de 53 à 55 jours. Les lignées L67, L9, L72, L71A, L72A, L74, L41, L60, L46, L7, L88, L91, L71, L47 et L11 semis-tardives ont un cycle de 56 à 59 jours. Les lignées tardives L46A, L23, L92, L59, L54A, L48, L54 et L86 ont fait

un cycle de 60 à 61 jours. Les lignées très tardives L51, L77 et L61 ont présenté un cycle de 62 jours. Le test HSD de Tukey au seuil de 5 % a permis d'obtenir vingt-cinq (25) groupes chevauchants (tableau V).

Au cours des deux cycles de culture, les lignées L99, L95A, L32 et L95B ont été précoces alors que les lignées tardives par rapport au témoin ont été L59, L46A, L54 et L48.

### **2.1.3.2. Délai d'apparition de la panicule**

Le délai du cycle 1 a oscillé entre 48 jours (L9) et 62 jours (L48). La lignée témoin L1 a présenté un cycle de 49 jours. Les cycles semis-floraison par rapport au témoin L1 s'observent de la manière suivante : Les lignées L9, L99, L51, L89 et L1 sont les lignées précoces et ont eu un cycle paniculaire de 48 à 49 jours. Le deuxième cycle semis-précoce composé des lignées L95, L95A, L95B, L32, L61, L92, L67, L30, L86, L72, L7, L36, L46, L8, L88, L71A, L87, L41, L72A, L63, L91 et L75 a présenté un cycle de 50 à 52 jours. Le troisième cycle semis-tardif regroupant les lignées L32A, L60, L77, L71, L23 et L54A a enregistré un cycle de 53 à 55 jours. Les lignées tardives L74, L11, L93, L54, L47, L59 et L46A ont obtenu un cycle de 56 à 59 jours. Enfin la lignée très tardive L48 enregistre a marqué un cycle de 62 jours. Le test HSD de Tukey au seuil de 5% a permis d'obtenir vingt-six (26) groupes chevauchants (tableau V).

L'apparition des panicules du cycle 2 a varié entre 50 jours (L99) et 63 jours (L46A). La lignée témoin L1 a présenté un délai de 53 jours. La variation du délai d'apparition des panicules a conduit à l'obtention de différents cycles semis-floraison. Ainsi, la lignée L99 a été la lignée précoce avec un cycle de 50 jours. Le cycle semis-précoce comprend les lignées L8, L95B, L7, L1, L89, L30 et L32 avec un cycle de 52 à 54 jours. Le cycle semis-tardif a présenté les lignées L63, L95A, L87, L75, L9, L95, L72A, L36, L88, L71A, L67, L72, L91, L74, L51, L41, L93, L23, L32A, L60, L71, L11, L46, L86, L92 et L61 avec un cycle de 55 à 59 jours. Les lignées tardives L47, L54, L59, L77 et L48 ont obtenu un cycle de 60 à 61 jours. Les lignées très tardives L54A et 46A ont enregistré un cycle de 62 à 63 jours. Le test de HSD de Tukey au seuil de 5% a permis d'obtenir vingt-neuf (29) groupes chevauchants (tableau V).

En prenant en compte les deux cycles de culture, la lignée L99 a enregistré l'apparition de panicule précoce. Par contre les lignées L54, L59, L46A et L48 ont été tardives par rapport au témoin.

### **2.1.3.3. Délai d'apparition de pollen**

L'apparition de pollen du cycle 1 a varié entre 55 jours (L9 et L95A) et 68 jours (L54). La variation du cycle semis-floraison par rapport au témoin L1 (57 jours) comprenait : les lignées précoces L9, L95A, L95B, L92, L95, L36 et L51 avec un cycle de 55 à 56 jours ; les lignées semis-précoce L67, L32, L61,

L41, L89, L46, L1, L72, L99, L71A, L30, L91, L86 et L7 qui ont eu un cycle de 57 à 59 jours. Les semis-tardives sont caractérisées par les lignées L8, L87, L72A, L63, L75, L23, L11, L32, L88, L60, L54A, L77 et L59 avec un cycle de 60 à 63 jours. Les lignées tardives L47, L74, L46A et L71 ont fait un cycle de 64 à 65 jours. Enfin, le délai de pollen très tardifs s'est enregistré chez les lignées L48 et L54 avec un cycle de 67 à 68 jours. Le test HSD de Tukey au seuil de 5% a fait une classification de vingt-neuf (29) groupes chevauchants (tableau V).

Les apparitions de pollen du cycle 2 ont varié entre 58 jours (L95B) et 66 jours (L86, L54, L71, L77, L54A, L48, L92 et L46). La variation du cycle semis-floraison par rapport au témoin L1 (61 jours) a donné : la lignée précoce L95B avec un cycle de 58 jours ; les lignées semis-précoces constituées de L32, L95A, L30, L63, L36, L99, L1, L8, L89, L87, L95 et L9 ont enregistré un cycle de 60 à 61 jours. Les semis-tardives ont été représentées par les lignées L71A, L72A, L67, L74, L72, L93, L41, L11, L88, L60, L91, L51, L32A, L23, L75, L59, L46A et L7 avec un cycle de 62 à 64 jours. Les lignées tardives L47, L61, L46, L92, L48, L54A, L77, L71, L54 et L86 ont eu un cycle de 65 à 66 jours. Le test HSD de Tukey au seuil de 5% a classé les lignées en vingt (20) groupes chevauchants (tableau V).

Au niveau des deux cycles de culture, les lignées L95A et L95B ont présenté les apparitions de pollen précoce, contrairement aux lignées L47, L71, L48 et L54 qui ont été tardives par rapport au témoin.

#### **2.1.3.4. Délai d'apparition de la soie**

Les apparitions de la soie sur les épis des lignées de maïs du cycle 1 ont permis d'avoir des cycles de semis-floraison qui ont évolué de 55 jours (L9, L71A, L61 et L72) à 67 jours (L54). Les apparitions précoces par rapport au témoin L1 (58 jours) ont été identifiées chez les lignées L9, L71A, L61, L72, L95B, L36, L30, L95A, L32, L92, L95, L67, L89 avec un cycle de 55 à 56 jours. Les semis-précoces ont été observées chez les lignées L99, L46, L51, L41, L72A, L86, L63, L1, L60, L91, L7 et L54A avec un cycle de 57 à 59 jours. Les lignées semis-tardives L8, L87, L23, L93, L47, L77, L75, L88, L74, L59, L32A, L11 et L46A ont eu un cycle de 60 à 63 jours. Les lignées tardives L71 et L48 ont obtenu un cycle de 65 à 66 jours. La lignée très tardive L54 a présenté un cycle de 67 jours. La classification des lignées en vingt-neuf (29) groupes chevauchants (tableau V).

Le délai d'apparition de la soie du cycle 2 a évolué de 58 jours (L41 et L30) à 66 jours (L71). Il a été de 61 jours pour le témoin L1. Les lignées précoces par rapport au témoin L1 ont été composées des lignées L41, L30, L63, L71A, L99, L32 et L89 avec un cycle de 58 à 59 jours. Les semis-précoces ont été les lignées L95B, L8, L72A, L36, L87, L72, L9, L1, L74, L95A, L95, L60 et L67 avec un cycle de

60 à 62 jours. Les lignées semis-tardives comportant L47, L11, L93, L23, L46A, L7, L32A, L61, L91, L46, L77, L75, L59 et L86 ont obtenu un cycle de 63 à 64 jours. Les lignées tardives L51, L88, L54, L48, L92, L54A et L71 ont eu un cycle de 65 à 66 jours. Le test HSD de Tukey au seuil de 5% a montré vingt-trois (23) groupes chevauchants (tableau V).

Le cycle 1 et 2 de culture ont enregistré les apparitions précoces de la soie chez les lignées L71A, L30, L32, L89, L95B et L95A et les apparitions tardives de la soie chez les lignées L71, L48 et L54 par rapport au témoin.

#### **2.1.3.5. Intervalle de jours entre l'apparition de la panicule et l'apparition de l'épi**

L'intervalle de jours entre l'apparition de la panicule et l'apparition de l'épi du cycle 1 a été compris entre 0 jour (L89, L32A, L88, L67 et L61) et 5 jours (L54). Les lignées ayant un (1) jour d'intervalle entre la panicule et l'épi ont été : L11, L92, L23, L95, L99, L77, L95B, L87, L7, L30, L95A, L9, L41, L8, L32, L91, L63, L86, L46, L36, L75, L72A, L72, L46A, L1, L54A et L48. Les intervalles de deux (2) jours ont été observés chez les lignées L51, L74, L71A, L60, L59 et L47. Les lignées L71 et L93 ont présenté respectivement des intervalles de trois (3) et quatre (4) jours. Enfin, la lignée L54 détient le plus grand intervalle avec 5 jours. En utilisant le test HSD de Tukey au seuil de 5% pour la classification des lignées, 14 groupes chevauchants ont été obtenus (tableau V).

L'intervalle de jour du cycle 2 a évolué de 0 jour (L71) à 4 jours (L51 et L7). Les lignées possédant un (1) jour d'intervalle entre la panicule et l'épi ont été : L63, L36, L41, L95B, L67, L71A, L89, L74, L72A, L87, L77, L46, L99, L48, L8 et L75. Les lignées avec deux (2) jours d'intervalles ont été les lignées L92, L95A, L95, L54A, L72, L9, L1, L88, L47, L30, L54, L11, L60, L59 et L91. Les lignées L61, L86, L32A, L23, L32, L93 et L46A ont présenté des intervalles de trois (3) jours. Le test de HSD de Tukey au seuil de 5% pour la classification des lignées présente vingt un (21) groupes chevauchants (tableau V).

Les deux cycles de culture ont enregistré les intervalles d'un (1) jours chez les lignées L99, L77, L95B, L87, L41, L63, L46, L36, L75, L72A et L48, les intervalles de deux (2) jours chez les lignées L60, L59 et L47 et les intervalles de trois (3) jours chez la lignée L93.

#### **2.1.3.6. L'intervalle de jours entre l'apparition des pollens et l'apparition de la soie**

L'intervalle de jours entre l'apparition des pollens et l'apparition de la soie du cycle 1 a varié de 0 jour (L7, L95, L9, L51, L95B, L87, L95A, L8, L59, L75, L36, L32 et L93) à 3 jours (L71A et L30). Les

lignées qui ont présenté un (1) jour d'intervalle ont été composées de L67, L46, L89, L41, L23, L99, L54, L48, L86, L1, L92, L71, L61, L91, L63, L11 et L46A. Les lignées possédant deux (2) jours d'intervalles ont été L74, L88, L72, L77, L72A, L60, L54A, L32A, L47, L71A et L30. Le test de HSD de Tukey au seuil de 5% a enregistré vingt un (21) groupes chevauchants (tableau V).

Cet intervalle du cycle 2 a oscillé entre 0 jour (L71 et L93) à 5 jours (L41). Les lignées présentant un (1) jour d'intervalle ont été L67, L48, L51, L75, L54A, L11, L32A, L23, L87, L9, L46A, L36, L59, L8, L91, L61, L46, L99, L95A, L54, L95, L95B, L92, L63, L88 et L7. Les lignées présentant deux (2) jours d'intervalles ont été L1, L86, L89, L72A, L77, L47, L30, L74, L72, L71A et L32. Enfin, les lignée L60 et L41 ont présenté respectivement 3 et 5 jours d'intervalle. Le test HSD de Tukey au seuil de 5% a présenté six (6) groupes chevauchants (tableau V).

Le cycle 1 et 2 de culture ont enregistré les intervalles d'un (jour) chez les lignées L67, L48, L46, L23, L99, L54, L92, L91, L63, L11 et L46A. Les intervalles de deux (2) jours ont été observés chez les lignées L72, L74, L77, L72A, L47, L71A et L30.

**Tableau V:** Valeurs moyennes des variables de floraison des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture

Lignées	Da. Epi (jrs)		Da. Pa (jrs)		Da. Po (jrs)	
	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle
L1D0	51,08 ± 2,83 <sup>klmnopqrst</sup>	55,69 ± 4,2 <sup>ijklm</sup>	49,82 ± 2,48 <sup>opq</sup>	53,98 ± 3,94 <sup>qrs</sup>	57,8 ± 2,16 <sup>opqr</sup>	61,2 ± 3,02 <sup>klm</sup>
L7 D200	52,44 ± 1,36 <sup>ijklmn</sup>	57,87 ± 3,29 <sup>defghijk</sup>	51,47 ± 1,53 <sup>ijklmn</sup>	53,96 ± 2,8 <sup>qrs</sup>	59,82 ± 0,53 <sup>klm</sup>	64,93 ± 2,17 <sup>abcdefg</sup>
L8 D200	52,13 ± 1,93 <sup>ijklmnop</sup>	53,62 ± 3,09 <sup>mnop</sup>	51,67 ± 2,35 <sup>ijklmn</sup>	52,49 ± 2,45 <sup>st</sup>	60,04 ± 1,89 <sup>ijklm</sup>	61,33 ± 2,58 <sup>klm</sup>
L9 D200	49,11 ± 1,65 <sup>t</sup>	56,37 ± 4,38 <sup>ijklm</sup>	48,53 ± 1,1 <sup>q</sup>	55,64 ± 3,37 <sup>nopq</sup>	55,64 ± 1,09 <sup>t</sup>	61,98 ± 3,23 <sup>ijklm</sup>
L11 D200	55,98 ± 1,98 <sup>cd</sup>	59,67 ± 5,05 <sup>abcdef</sup>	56,8 ± 2,52 <sup>cd</sup>	58,84 ± 4,11 <sup>efghij</sup>	61,51 ± 2,57 <sup>fghij</sup>	63,49 ± 2,8 <sup>ghij</sup>
L23 D200	54,6 ± 2,3 <sup>defg</sup>	60,44 ± 4,72 <sup>abcd</sup>	54,71,2,13 <sup>ef</sup>	58,22 ± 3,3 <sup>fghijkl</sup>	60,8 ± 1,22 <sup>hijk</sup>	64,56 ± 2,17 <sup>cdefgh</sup>
L86 D200	52,53 ± 2,25 <sup>hijklm</sup>	61,82 ± 3,49 <sup>ab</sup>	51,2 ± 1,94 <sup>ijklmno</sup>	59,53 ± 3,72 <sup>cdefghi</sup>	59,82 ± 1,34 <sup>klm</sup>	66,78 ± 1,51 <sup>a</sup>
L87 D200	51,11 ± 1,94 <sup>ijklmnopqrst</sup>	55,29 ± 2,93 <sup>ijklmn</sup>	52,13 ± 2,4 <sup>hijklm</sup>	55,27 ± 1,57 <sup>opqr</sup>	60,22 ± 2,08 <sup>ijkl</sup>	61,76 ± 1,67 <sup>ijklm</sup>
L88 D200	51,8 ± 1,18 <sup>ijklmnopq</sup>	58,02 ± 3,66 <sup>defghij</sup>	51,73 ± 1,12 <sup>ijklmn</sup>	56,04 ± 3,13 <sup>klmnopq</sup>	61,78 ± 1,82 <sup>fghi</sup>	64,04 ± 2,5 <sup>fghi</sup>
L89 D200	50 ± 1,8 <sup>qrst</sup>	53,69 ± 3,65 <sup>mnop</sup>	49,53 ± 1,7 <sup>opq</sup>	54,02 ± 2,36 <sup>qrs</sup>	57,76 ± 1,09 <sup>opqrs</sup>	61,6 ± 2,71 <sup>ijklm</sup>
L91 D200	52,67 ± 1,58 <sup>ghijkl</sup>	58,49 ± 3,76 <sup>cdefghi</sup>	52,67 ± 1,37 <sup>hijk</sup>	57,69 ± 2,22 <sup>hijklmn</sup>	59,71 ± 2,64 <sup>klmn</sup>	64,4 ± 2,24 <sup>defgh</sup>
L92 D200	50,8 ± 1,6 <sup>lmnopqrst</sup>	60,56 ± 3,82 <sup>abcd</sup>	50,93 ± 1,72 <sup>ijklmnop</sup>	59,8 ± 2,4 <sup>bcdefgh</sup>	56,33 ± 1,33 <sup>st</sup>	66,22 ± 2,46 <sup>abcd</sup>
L93 D200	52,91 ± 2,2 <sup>fghijk</sup>	54,36 ± 2,65 <sup>lmno</sup>	56,87 ± 2,6 <sup>cd</sup>	58,11 ± 1,43 <sup>ghijklm</sup>	61,04 ± 1,52 <sup>ghijk</sup>	63,42 ± 1,88 <sup>ghij</sup>
L95 D200	49,53 ± 1,5 <sup>rst</sup>	55,16 ± 4,07 <sup>ijklmn</sup>	50,04 ± 1,87 <sup>nopq</sup>	55,8 ± 2,41 <sup>mnopq</sup>	56,53 ± 1,06 <sup>rst</sup>	61,96 ± 2,31 <sup>ijklm</sup>
L99 D200	49,47 ± 1,79 <sup>st</sup>	51,44 ± 3,07 <sup>op</sup>	49,16 ± 1,52 <sup>pq</sup>	50,59 ± 2,57 <sup>t</sup>	58,4 ± 1,51 <sup>mnopq</sup>	61,11 ± 2,68 <sup>klm</sup>
L95AD200	49,62 ± 1,85 <sup>rst</sup>	54,18 ± 3,83 <sup>lmnop</sup>	50,4 ± 1,9 <sup>mnopq</sup>	55,27 ± 2,45 <sup>opqr</sup>	55,71 ± 0,69 <sup>t</sup>	60,64 ± 2,3 <sup>lm</sup>
L95BD200	50,47 ± 1,5 <sup>nopqrst</sup>	52,51 ± 2,83 <sup>nop</sup>	50,51 ± 2,34 <sup>lmnop</sup>	52,98 ± 2,68 <sup>rs</sup>	56,33 ± 1,3 <sup>st</sup>	58,67 ± 2,22 <sup>a</sup>
L30 D300	51,49 ± 1,32 <sup>ijklmnopqrs</sup>	55,82 ± 3,85 <sup>ijklm</sup>	51,07 ± 1,6 <sup>ijklmno</sup>	54,16 ± 2,26 <sup>pqrs</sup>	58,8 ± 3,14 <sup>lmno</sup>	60,89 ± 2,43 <sup>klm</sup>
L32 D300	50,09 ± 1,56 <sup>pqrst</sup>	51,22 ± 2,7 <sup>p</sup>	50,58 ± 1,6 <sup>lmnop</sup>	54,87 ± 3,2 <sup>opqrs</sup>	57,31 ± 2,01 <sup>opqrst</sup>	60,16 ± 2,49 <sup>mn</sup>
L36 D300	50,27 ± 2,55 <sup>opqrst</sup>	55 ± 0,0 <sup>klmn</sup>	51,51 ± 2,11 <sup>ijklmn</sup>	56 ± 0,0 <sup>lmnopq</sup>	56,76 ± 1,68 <sup>qrst</sup>	60,98 ± 1,01 <sup>klm</sup>
L41 D300	51,42 ± 1,34 <sup>ijklmnopqrs</sup>	56,89 ± 3,52 <sup>fghijkl</sup>	52,31 ± 1,62 <sup>hijkl</sup>	58 ± 4,52 <sup>ghijklmn</sup>	57,49 ± 2,15 <sup>opqrs</sup>	63,44 ± 4,02 <sup>ghij</sup>
L46 D300	50,4 ± 1,74 <sup>nopqrst</sup>	57,76 ± 2,75 <sup>defghijk</sup>	51,53 ± 2,19 <sup>ijklmn</sup>	59,38 ± 2,11 <sup>defghi</sup>	57,76 ± 1,33 <sup>opqrs</sup>	66,04 ± 0,98 <sup>abcde</sup>
L47 D300	55,4 ± 1,79 <sup>cde</sup>	59,42 ± 3,37 <sup>bcdefg</sup>	57,98 ± 2,2 <sup>bc</sup>	60,2 ± 2,83 <sup>bcdefg</sup>	64 ± 1,82 <sup>de</sup>	65,13 ± 1,91 <sup>abcdefg</sup>
L48 D300	60,6 ± 1,95 <sup>a</sup>	61,73 ± 3,34 <sup>ab</sup>	62,29 ± 1,75 <sup>a</sup>	61,84 ± 3,38 <sup>abc</sup>	67,53 ± 1,69 <sup>ab</sup>	66,27 ± 1,36 <sup>abcd</sup>
L51 D300	51,53 ± 2,7 <sup>ijklmnopqr</sup>	62,16 ± 4,04 <sup>ab</sup>	49,44 ± 2,45 <sup>opq</sup>	57,93 ± 3,91 <sup>ghijklmn</sup>	56,93 ± 1,84 <sup>pqrst</sup>	64,51 ± 3,16 <sup>defgh</sup>
L54 D300	60,29 ± 1,85 <sup>a</sup>	61,8 ± 2,81 <sup>ab</sup>	57,04 ± 4,29 <sup>c</sup>	60,56 ± 4,53 <sup>bcdef</sup>	68,38 ± 1,01 <sup>a</sup>	66,67 ± 1,95 <sup>ab</sup>
L59 D300	57,4 ± 4,07 <sup>bc</sup>	61 ± 3,75 <sup>abc</sup>	58,02 ± 2,44 <sup>bc</sup>	60,84 ± 2,32 <sup>bcde</sup>	63 ± 2,31 <sup>ef</sup>	64,8 ± 2,06 <sup>bcdefg</sup>
L60 D300	51,89 ± 0,98 <sup>ijklmnopq</sup>	57,42 ± 3,45 <sup>efghijk</sup>	53,89 ± 1,35 <sup>fgh</sup>	58,67 ± 2,46 <sup>efghij</sup>	61,87 ± 1,74 <sup>fghi</sup>	64,24 ± 1,84 <sup>efghi</sup>
L61 D300	50,76 ± 1,46 <sup>lmnopqrst</sup>	62,62 ± 4,57 <sup>a</sup>	50,8 ± 1,52 <sup>klmnop</sup>	59,91 ± 2,6 <sup>bcdefgh</sup>	57,49 ± 1,55 <sup>opqrs</sup>	65,73 ± 2,31 <sup>abcdefg</sup>

*Résultats et Discussion*

<b>L63</b> D300	53,13 ± 2,06 <sup>fg hij</sup>	55,09 ± 1,79 <sup>ijklmn</sup>	52,62 ± 1,64 <sup>hijk</sup>	55,07 ± 1,86 <sup>opqr</sup>	60,6 ± 2,45 <sup>ijk</sup>	60,96 ± 1,33 <sup>klm</sup>
<b>L67</b> D300	50,51 ± 2,13 <sup>mnpqrst</sup>	56,31 ± 3,95 <sup>ijklm</sup>	50,96 ± 1,82 <sup>ijklmnop</sup>	56,53 ± 3,16 <sup>ijklmnop</sup>	57,24 ± 2,35 <sup>opqrst</sup>	62,38 ± 2,19 <sup>ijkl</sup>
<b>L71</b> D300	56,42 ± 7,89 <sup>cd</sup>	59,38 ± 1,54 <sup>bcdefgh</sup>	54,58 ± 4,93 <sup>efg</sup>	58,82 ± 1,86 <sup>efghij</sup>	65,96 ± 4,23 <sup>bc</sup>	66,53 ± 1,38 <sup>ab</sup>
<b>L72</b> D300	49,71 ± 1,82 <sup>rst</sup>	56,42 ± 4,53 <sup>hijklm</sup>	51,22 ± 2,07 <sup>ijklmno</sup>	57,22 ± 2,81 <sup>ijklmno</sup>	58,07 ± 2,27 <sup>nopqr</sup>	63,33 ± 2,45 <sup>ghij</sup>
<b>L74</b> D300	54,87 ± 2,79 <sup>def</sup>	56,84 ± 2,62 <sup>fg hijkl</sup>	56,2 ± 2,81 <sup>cde</sup>	57,82 ± 2,27 <sup>ghijklmn</sup>	64,07 ± 1,29 <sup>de</sup>	62,73 ± 2,26 <sup>hijk</sup>
<b>L75</b> D300	52,2 ± 2,55 <sup>ijklmno</sup>	55,4 ± 4,08 <sup>ijklmn</sup>	52,76 ± 1,52 <sup>ghij</sup>	55,27 ± 2,38 <sup>opqr</sup>	60,62 ± 1,4 <sup>ijk</sup>	64,78 ± 1,92 <sup>bcdefg</sup>
<b>L77</b> D300	54,53 ± 1,89 <sup>defgh</sup>	62,31 ± 2,66 <sup>ab</sup>	54,58 ± 1,85 <sup>efg</sup>	61,33 ± 2,17 <sup>abcd</sup>	62,71 ± 2,49 <sup>efg</sup>	66,49 ± 1,87 <sup>ab</sup>
<b>L32A</b> D300	53,53 ± 3,33 <sup>efghi</sup>	55,51 ± 3,55 <sup>ijklm</sup>	53,73 ± 3,72 <sup>fg hi</sup>	58,44 ± 3,17 <sup>efghijk</sup>	57,31 ± 2,01 <sup>fg hij</sup>	64,53 ± 2,32 <sup>cdefgh</sup>
<b>L46A</b> D300	58,56 ± 5,23 <sup>ab</sup>	60,2 ± 4,35 <sup>abcde</sup>	59,67 ± 3,44 <sup>b</sup>	63,71 ± 2,86 <sup>a</sup>	65,49 ± 2,57 <sup>cd</sup>	64,91 ± 2,07 <sup>abcdefg</sup>
<b>L54A</b> D300	54,6 ± 2,2 <sup>defg</sup>	61,67 ± 3,52 <sup>ab</sup>	55,04 ± 1,82 <sup>def</sup>	62,13 ± 2,81 <sup>ab</sup>	62,31 ± 1,35 <sup>fgh</sup>	66,44 ± 1,52 <sup>abc</sup>
<b>L71A</b> D300	50,6 ± 1,6 <sup>mnpqrst</sup>	56,53 ± 3,79 <sup>ghijklm</sup>	51,89 ± 2,18 <sup>ijklmn</sup>	56,22 ± 3,04 <sup>klmnopq</sup>	58,44 ± 2,52 <sup>mnpq</sup>	62,02 ± 2,62 <sup>ijklm</sup>
<b>L72A</b> D300	52 ± 1,3 <sup>ijklmnopq</sup>	56,76 ± 4,12 <sup>fg hijkl</sup>	52,6 ± 1,95 <sup>hijk</sup>	55,98 ± 2,62 <sup>lmnopq</sup>	60,42 ± 1,44 <sup>ijkl</sup>	62,36 ± 2,58 <sup>ijkl</sup>
<b>Test</b>	<b>F = 61,149</b>	<b>F = 34,290</b>	<b>F = 87,783</b>	<b>F = 47,029</b>	<b>F = 115,523</b>	<b>F = 40,717</b>
<b>ANOVA</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>

*DaEpi* : délai d'apparition de l'épi ; *DaPa* : délai d'apparition de la panicule ; *DaPo* : délai d'apparition du pollen ; *F* : constante ou variable de test de Fisher ; *p* : probabilité associée au test d'ANOVA un facteur ; \* différence significative ; les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes et celles affectées d'une même lettre sont statistiquement identiques (Test HSD de Tukey). La lettre (L) affectée de numéro suivi ou non de lettre désigne l'identifiant de la lignée. *D*<sub>200</sub> : radiation à la dose 200 gray ; *D*<sub>300</sub> : radiation à la dose 300

Tableau V (suite et fin) : Valeurs moyennes des variables de floraison des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture

Lignées	Da. Soie (jrs)		IPa-Epi (jrs)		IPo-Soie (jrs)	
	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle
L1D0	58,92 ± 3,38 <sup>ijkl</sup>	61,47 ± 4,04 <sup>hijkl</sup>	1,84 ± 1,71 <sup>defgh</sup>	2,18 ± 1,92 <sup>defghijkl</sup>	1,71 ± 2,09 <sup>cdefghijk</sup>	2,01 ± 1,76 <sup>cd</sup>
L7 D200	59,62 ± 0,68 <sup>ghijkl</sup>	63,91 ± 1,95 <sup>bcdefg</sup>	1,29 ± 1,14 <sup>fghi</sup>	4,27 ± 2,7 <sup>ab</sup>	0,6 ± 0,54 <sup>k</sup>	1,91 ± 2,05 <sup>cd</sup>
L8 D200	60,09 ± 2,05 <sup>ghijk</sup>	60,11 ± 2,11 <sup>klmno</sup>	1,44 ± 1,16 <sup>fghi</sup>	1,93 ± 1,53 <sup>fghijkl</sup>	0,8 ± 1,21 <sup>ijk</sup>	1,53 ± 1,55 <sup>cd</sup>
L9 D200	55,22 ± 1,15 <sup>s</sup>	61,29 ± 3,24 <sup>hijklm</sup>	1,4 ± 1,25 <sup>fghi</sup>	2,16 ± 1,72 <sup>efghijkl</sup>	0,73 ± 0,84 <sup>jk</sup>	1,44 ± 1,55 <sup>cd</sup>
L11 D200	62,87 ± 1,99 <sup>bc</sup>	63,22 ± 3,51 <sup>bcdefgh</sup>	1,04 ± 0,95 <sup>ghi</sup>	2,42 ± 1,53 <sup>cdefghijkl</sup>	1,93 ± 1,42 <sup>cdefghij</sup>	1,29 ± 0,99 <sup>cd</sup>
L23 D200	60,69 ± 1,87 <sup>efghi</sup>	63,73 ± 2,25 <sup>bcdefg</sup>	1,13 ± 0,66 <sup>fghi</sup>	3,56 ± 2,61 <sup>abcde</sup>	1,22 ± 1,06 <sup>fghijk</sup>	1,4 ± 1,44 <sup>cd</sup>
L86 D200	58,27 ± 1,64 <sup>klmn</sup>	64,8 ± 1,77 <sup>abcd</sup>	1,6 ± 1,5 <sup>fghi</sup>	3,3 <sup>E</sup> 6 ± 2,21 <sup>abcdefg</sup>	1,56 ± 0,97 <sup>defghijk</sup>	2,02 ± 1,47 <sup>bcd</sup>
L87 D200	60,29 ± 2,76 <sup>fghij</sup>	60,78 ± 2,14 <sup>ijklmno</sup>	1,29 ± 1,58 <sup>fghi</sup>	1,67 ± 1,98 <sup>hijkl</sup>	0,78 ± 1,11 <sup>ijk</sup>	1,42 ± 1,37 <sup>cd</sup>
L88 D200	61,53 ± 1,73 <sup>cdefg</sup>	65,11 ± 1,99 <sup>abc</sup>	0,89 ± 1,09 <sup>hi</sup>	2,2 ± 1,83 <sup>defghijkl</sup>	2,24 ± 1 <sup>bcdefg</sup>	1,87 ± 1,53
L89 D200	56,71 ± 1,5 <sup>nopqrs</sup>	59,91 ± 3,53 <sup>lmno</sup>	0,58 ± 0,69 <sup>i</sup>	1,44 ± 1,29 <sup>ijkl</sup>	1,13 ± 0,66 <sup>ghijk</sup>	2,04 ± 1,64 <sup>bcd</sup>
L91 D200	59,53 ± 2,1 <sup>hijkl</sup>	64,27 ± 2,15 <sup>abcdef</sup>	1,51 ± 1,25 <sup>fghi</sup>	2,67 ± 2,2 <sup>cdefghi</sup>	1,91 ± 1,5 <sup>cdefghij</sup>	1,56 ± 1,41 <sup>cd</sup>
L92 D200	56,64 ± 1,51 <sup>nopqrs</sup>	65,36 ± 2,83 <sup>abc</sup>	1,11 ± 1,11 <sup>fghi</sup>	2 ± 1,38 <sup>fghijkl</sup>	1,73 ± 1,16 <sup>cdefghijk</sup>	1,8 ± 2,14 <sup>cd</sup>
L93 D200	60,87 ± 1,66 <sup>defghi</sup>	63,38 ± 2,52 <sup>bcdefg</sup>	4,36 ± 2,65 <sup>b</sup>	3,76 ± 2,11 <sup>abc</sup>	0,98 ± 0,92 <sup>hijk</sup>	0,89 ± 0,98 <sup>cd</sup>
L95 D200	56,69 ± 0,99 <sup>nopqrs</sup>	62,31 ± 2,2 <sup>efghijk</sup>	1,18 ± 1,25 <sup>fghi</sup>	2,07 ± 1,51 <sup>efghijkl</sup>	0,64 ± 0,53 <sup>k</sup>	1,73 ± 1,64 <sup>cd</sup>
L99 D200	57,2 ± 1,5 <sup>mnpqr</sup>	59,76 ± 3,13 <sup>lmno</sup>	1,2 ± 1,04 <sup>fghi</sup>	1,84 ± 1,83 <sup>ghijkl</sup>	1,29 ± 1,2 <sup>efghijk</sup>	1,71 ± 1,59 <sup>cd</sup>
L95A D200	56,42 ± 0,97 <sup>nopqrs</sup>	62,18 ± 3,03 <sup>fghijk</sup>	1,24 ± 1,3 <sup>fghi</sup>	2,07 ± 1,76 <sup>efghijkl</sup>	0,8 ± 0,76 <sup>ijk</sup>	1,71 ± 1,36 <sup>cd</sup>
L95B D200	56,07 ± 0,75 <sup>pqrs</sup>	60,11 ± 2,98 <sup>klmno</sup>	1,29 ± 1,18 <sup>fghi</sup>	1,36 ± 1,38 <sup>ijkl</sup>	0,76 ± 0,86 <sup>ijk</sup>	1,8 ± 2,05 <sup>cd</sup>
L30 D300	56,22 ± 2,25 <sup>opqrs</sup>	58,64 ± 3 <sup>no</sup>	1,31 ± 1,14 <sup>fghi</sup>	2,2 ± 1,85 <sup>defghijkl</sup>	3,91 ± 3,42 <sup>a</sup>	2,24 ± 1,33 <sup>bcd</sup>
L32 D300	56,58 ± 1,54 <sup>nopqrs</sup>	59,84 ± 4,01 <sup>lmno</sup>	1,47 ± 1,2 <sup>fghi</sup>	3,69 ± 2,01 <sup>abcd</sup>	0,96 ± 0,93 <sup>hijk</sup>	2,62 ± 1,91 <sup>bc</sup>
L36 D300	56,11 ± 2 <sup>opqrs</sup>	60,51 ± 0,51 <sup>ijklmno</sup>	1,64 ± 1,42 <sup>efghi</sup>	1 ± 0,0 <sup>kl</sup>	0,91 ± 1 <sup>hijk</sup>	1,49 ± 0,51 <sup>cd</sup>
L41 D300	57,93 ± 2,28 <sup>lmnop</sup>	58 ± 0,0 <sup>o</sup>	1,42 ± 1,2 <sup>fghi</sup>	1,11 ± 1,01 <sup>ijkl</sup>	1,15 ± 1,31 <sup>ghijk</sup>	5,44 ± 4,02 <sup>a</sup>
L46 D300	57,2 ± 1,97 <sup>mnpqr</sup>	64,36 ± 1,79 <sup>abcde</sup>	1,62 ± 1,87 <sup>fghi</sup>	1,76 ± 1,42 <sup>hijkl</sup>	1,11 ± 1,01 <sup>ghijk</sup>	1,69 ± 0,94 <sup>cd</sup>
L47 D300	61,18 ± 1,37 <sup>cdefghi</sup>	63,18 ± 1,81 <sup>cdefgh</sup>	2,84 ± 1,99 <sup>cd</sup>	2,2 ± 1,85 <sup>defghijkl</sup>	2,82 ± 1,23 <sup>abc</sup>	2,17 ± 1,48 <sup>bcd</sup>
L48 D300	66,44 ± 3,05 <sup>a</sup>	65,27 ± 1,81 <sup>abc</sup>	1,87 ± 1,73 <sup>defgh</sup>	1,89 ± 2,26 <sup>ghijkl</sup>	1,51 ± 2,43 <sup>defghijk</sup>	1,13 ± 1,1 <sup>cd</sup>
L51 D300	57,27 ± 2,21 <sup>mnpq</sup>	65,04 ± 2,35 <sup>abcd</sup>	2,09 ± 1,56 <sup>defg</sup>	4,76 ± 1,91 <sup>a</sup>	0,73 ± 0,61 <sup>jk</sup>	1,16 ± 1,11 <sup>cd</sup>
L54 D300	67,07 ± 0,45 <sup>a</sup>	65,13 ± 2,17 <sup>abc</sup>	5,91 ± 2,14 <sup>a</sup>	2,4 ± 2,46 <sup>cdefghijkl</sup>	1,31 ± 1 <sup>efghijk</sup>	1,71 ± 0,87 <sup>cd</sup>
L59 D300	62,44 ± 2,98 <sup>bcde</sup>	64,67 ± 2,42 <sup>abcd</sup>	2,8 ± 0,87 <sup>cde</sup>	2,6 ± 2,02 <sup>cdefghij</sup>	0,82 ± 1,05 <sup>hijk</sup>	1,51 ± 1,59 <sup>cd</sup>
L60 D300	59,38 ± 2,18 <sup>ijkl</sup>	62,39 ± 3,02 <sup>efghij</sup>	2,27 ± 1,37 <sup>cdef</sup>	2,49 ± 2,67 <sup>cdefghijkl</sup>	2,49 ± 1,41 <sup>bcde</sup>	3,69 ± 9,89 <sup>ab</sup>
L61 D300	55,6 ± 1,67 <sup>qrs</sup>	64,2 ± 3,31 <sup>abcdef</sup>	0,89 ± 0,96 <sup>hi</sup>	3,16 ± 2,34 <sup>bcdefgh</sup>	1,89 ± 1,15 <sup>cdefghij</sup>	1,62 ± 1,84 <sup>cd</sup>
L63 D300	58,84 ± 1,3 <sup>klm</sup>	59,18 ± 1,66 <sup>mno</sup>	1,53 ± 1,62 <sup>fghi</sup>	1 ± 1,15 <sup>kl</sup>	1,93 ± 1,59 <sup>cdefghij</sup>	1,82 ± 1,25 <sup>cd</sup>



Résultats et Discussion

<b>L67</b> D300	56,69 ± 2,48 <sup>nopqrs</sup>	62,8 ± 3,12 <sup>defghi</sup>	0,89 ± 0,96 <sup>hi</sup>	1,38 ± 1,28 <sup>ijkl</sup>	1,09 ± 1,33 <sup>ghijk</sup>	1,09 ± 1,04 <sup>cd</sup>
<b>L71</b> D300	65,69 ± 6,12 <sup>a</sup>	66,4 ± 1,56 <sup>a</sup>	3,4 ± 2,11 <sup>bc</sup>	0,96 ± 1,11 <sup>l</sup>	12,73 ± 1,3 <sup>cdefghijk</sup>	0,84 ± 0,93 <sup>d</sup>
<b>L72</b> D300	55,71 ± 1,77 <sup>qrs</sup>	60,89 ± 3,29 <sup>ijklmn</sup>	1,18 ± 1,13 <sup>defgh</sup>	2,09 ± 2 <sup>efghijkl</sup>	2,4 ± 1,76 <sup>bcdef</sup>	2,58 ± 1,36 <sup>bcd</sup>
<b>L74</b> D300	62,02 ± 2,06 <sup>bcdef</sup>	61,87 ± 3,44 <sup>ghijkl</sup>	2,18 ± 1,56 <sup>defg</sup>	1,56 ± 1,25 <sup>ijkl</sup>	2,04 ± 1,81 <sup>cdefgh</sup>	2,29 ± 1,73 <sup>bcd</sup>
<b>L75</b> D300	61,33 ± 1,65 <sup>cdefgh</sup>	64,53 ± 1,69 <sup>abcde</sup>	1,67 ± 1,46 <sup>efghi</sup>	1,96 ± 2,09 <sup>fghijkl</sup>	0,89 ± 1,01 <sup>hijk</sup>	1,22 ± 1,26 <sup>cd</sup>
<b>L77</b> D300	61,33 ± 2,12 <sup>cdefgh</sup>	64,49 ± 2,23 <sup>abcde</sup>	1,24 ± 0,53 <sup>fghi</sup>	1,69 ± 1,47 <sup>hijkl</sup>	2,49 ± 2,11 <sup>bcde</sup>	2,18 ± 1,64 <sup>bcd</sup>
<b>L32A</b> D300	62,78 ± 4,61 <sup>bcd</sup>	64,13 ± 2,35 <sup>bcdef</sup>	1,47 ± 1,2 <sup>hi</sup>	3,42 ± 2,5 <sup>abcdef</sup>	2,64 ± 2,71 <sup>bcd</sup>	1,38 ± 1,43 <sup>cd</sup>
<b>L46A</b> D300	63,51 ± 3,31 <sup>b</sup>	63,89 ± 1,93 <sup>bcdefg</sup>	1,78 ± 1,26 <sup>defgh</sup>	3,78 ± 1,98 <sup>abc</sup>	1,98 ± 1,2 <sup>cdefghi</sup>	1,47 ± 1,12 <sup>cd</sup>
<b>L54A</b> D300	59,76 ± 1,51 <sup>ghijkl</sup>	65,47 ± 1,66 <sup>ab</sup>	1,87 ± 1,29 <sup>defgh</sup>	2,07 ± 1,8 <sup>efghijkl</sup>	2,56 ± 1,75 <sup>bcd</sup>	1,24 ± 1,09 <sup>cd</sup>
<b>L71A</b> D300	55,31 ± 2,01 <sup>rs</sup>	59,44 ± 2,92 <sup>mno</sup>	2,22 ± 1,65 <sup>def</sup>	1,42 ± 1,56 <sup>ijkl</sup>	3,36 ± 1,82 <sup>ab</sup>	2,58 ± 1,44 <sup>bcd</sup>
<b>L72A</b> D300	58,02 ± 1,08 <sup>lmno</sup>	60,47 ± 3,47 <sup>ijklmn</sup>	1,76 ± 1,68 <sup>defgh</sup>	1,58 ± 2,03 <sup>ijkl</sup>	2,49 ± 1,39 <sup>bcde</sup>	2,07 ± 1,16 <sup>bcd</sup>
<b>Test</b>	<b>F = 79,448</b>	<b>F = 31,128</b>	<b>F = 20,866</b>	<b>F = 10,966</b>	<b>F = 12,946</b>	<b>F = 6,006</b>
<b>ANOVA</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>	<b>p &lt; 0,0001</b>

*DaSoie* : délai d'apparition de la soie ; *IPaEpi* : intervalle panicule épi ; *IPOsoie* : intervalle pollen soie ; *F* : constante ou variable de test de Fisher ; *p* : probabilité associée au test d'ANOVA un facteur ; \* différence significative ; les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes et celles affectées d'une même lettre sont statistiquement identiques (Test HSD de Tukey). La lettre (L) affectée de numéro suivi ou non de lettre désigne l'identifiant de la lignée. *D*<sub>200</sub> : radiation à la dose 200 gray ; *D*<sub>300</sub> : radiation à la dose 300

#### **2.1.4. Caractérisation des paramètres de production des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture.**

Les résultats de l'analyse du cycle 1 et du cycle 2 consignés dans les tableaux VI ont montré que les variables de production relatifs au diamètre de l'épi (DEpi), longueur de l'épi (LEpi), nombre moyen de grains par épi (NMGepi), nombre de rangs de grains par épi (NRGEpi), poids moyen des grains par épi (PMGEpi), poids de mille grains ( Pds 1000 grs), poids de l'épi (Pds Epi) et le rendement (Rdt) ont présenté des différences très hautement significative ( $p < 0,001$ ) entre les lignées d'une part et avec le témoin L1 d'autre part.

##### **2.1.4.1. Diamètre des épis**

Le diamètre des épis de maïs du cycle 1 étudié a varié de 29,90 mm (L48) à 43,09 mm (L23). Le témoin L1 a obtenu un diamètre de 39,59 mm. Ainsi, les plus grands diamètres ont été enregistrés dans l'ordre décroissant chez les lignées L23 (43,09 mm), L32A (42,72 mm), L95B (41,97 mm), L71A (40,66 mm), L86 (40,38 mm) et L7 (40,31 mm). Par contre, les plus petits diamètres ont été observés chez les lignées L48 (29,90 mm), L46A (31,83 mm), L9 (31,88 mm), L54 (32,21 mm), et L99 (32,45 mm). L'étude comparative avec le Test HSD de Tukey au seuil 5% a révélé dix-huit (18) groupes chevauchants (tableaux VI).

La variation du diamètre du cycle 2 a été comprise entre 30,31 mm (L46A) et 45,29 mm (L23). Le témoin L1 a présenté un diamètre de 37,85 mm. Les plus grands diamètres ont été observés chez les lignées L23 (45,29 mm), L91 (42,02 mm), L95B (41,88 mm), L41 (41,61 mm), L32 (40,93 mm), L36 (40,81 mm) et L32A (40,61 mm). Quant aux plus petits diamètres, ils ont été mesurés chez les lignées L46A (30,31 mm), L99 (30,38 mm), L30 (30,81 mm), L93 (31,54 mm) et L75 (31,92 mm). Le Test HSD de Tukey au seuil de 5 % a révélé quinze (15) groupes chevauchants (tableaux VI).

Au cours des deux cycles de culture, les lignées L23, L32A et L95B ont enregistré les plus grands diamètres d'épi, contrairement au lignées L46A et L99 qui ont enregistré les plus petits diamètres d'épi par rapport au témoin.

##### **2.1.4.2. Longueur des épis**

La longueur des épis du cycle 1 a varié de 8,48 cm (L9) à 15,74 cm (L32A). Le témoin L1 a enregistré une longueur d'épi de 15,45 cm. Les deux lignées L32A et L72 ont présenté des longueurs d'épis supérieur (ou plus grandes) que le témoin respectivement 15,74 cm et 15,71 cm. Par contre, les plus petites longueurs ont été mesurées dans l'ordre croissant chez les lignées L9 (8,48 cm), L54 (9 cm),

L59 (9,85 cm), L48 (10 cm), L75 (10,12 cm), L11 (10,25 cm), L92 (10,9 cm), L51 (10,94 cm) et L47 (10,97 cm). Le Test HSD de Tukey au seuil 5 % a fait apparaître vingt-six (26) groupes chevauchants (tableaux VI).

La longueur des épis du cycle 2 a varié de 10,6 cm (L11) à 15,47 cm (L41). Le témoin L1 a présenté une longueur d'épi de 14,09 cm. Les plus grandes longueurs d'épis ont été mesurées chez les lignées L41 (15,47 cm), L95B (15,25 cm), L36 (15,24 cm) par rapport au témoin. Par contre, les plus petites longueurs d'épis ont été obtenues au niveau des lignées L11 (10,6 cm) ; L51 (11,19 cm) ; L60, L59 et L54 (11,5 cm) et L30 (11,6 cm). Le Test HSD de Tukey au seuil 5 % a fait apparaître treize (13) groupes chevauchants (tableaux VI).

En considérant les des deux cycles de culture seulement les lignées L54, L59, L11 et L51 ont enregistré les plus petites longueurs d'épi par rapport au témoin.

#### **2.1.4.3. Nombre moyen de grains par épi**

Le nombre moyen de grains par épi du cycle 1 a varié de 181,22 grains (L75) à 492,19 grains (L32A). Le témoin L1 a présenté un nombre de grains de 363,17 grains. Les lignées présentant les plus grands nombres de grains ont été L32A (492,19 grains), L36 (430,94 grains), L61 (389,23 grains) et L60 (369,14 grains). Par contre, les plus petits nombres de grains ont été observés chez les lignées L75 (181,22 grains), L48 (185,56 grains), L92 (200,51 grains), L51 (201,41 grains), L54 (201,67 grains), L9 (211,05 grains) et L77 (217,83 grains). L'étude comparée des moyennes au seuil de 5 % par le Test HSD de Tukey a fait ressortir vingt-cinq (25) groupes chevauchants (tableaux VI).

Le nombre moyen de grain par épi du cycle 2 a varié de 122,33 grains (L75) à 440,94 grains (L63). Le témoin L1 a été caractérisé par un nombre de grains de 317,39 grains. Les lignées ayant obtenues des nombres de grains supérieurs au témoin ont été : L36 (440,94 grains), L63 (370,82 grains), L23 (344,33 grains), L32A (339,56 grains), L71 (329,22 grains) et L95B (319,3 grains). Cependant, des nombres de grains très petits ont été obtenus chez les lignées L75 (122,33 grains), L46A (160,92 grains), L48 (190,95 cm), L93 (195,39 cm) et L51 (196,10 cm). Le Test HSD de Tukey a fait ressortir vingt et un (21) groupes chevauchants (tableaux VI).

Au niveau des deux cycles de culture, les lignées L32A et L36 ont présenté les plus grands nombres moyens de grains par épi et les lignées L75, L48 et L51 ont enregistré les plus petits nombres de grains par épi par rapport au témoin.

#### **2.1.4.4. Nombre de rangées de grains par épi**

Les résultats du cycle 1 ont varié entre 10 rangées (L88) et 16,42 rangées (L60). Le témoin L1 a eu un nombre de rangées de 12,89 rangées. Les plus grands nombres de rangées à celui du témoin comprennent les lignées L60 (16,42 rangées), L32A (15,11 rangées), L23 (14,77 rangées), L87 (14,22 rangées), L86 (14,18 rangées), L61 (14 rangées) et L71 (14 rangées). Par contre, les plus petits nombres de rangées de grains ont été observés chez les lignées L88 (10 rangées), L54 (10 rangées), L48 (10 rangées), L95A (10,26 rangées), L54A (10,33 rangées), L75 (10,47 rangées), L72 (10,73 rangées) et L30 (10,88 rangées). Le Test HSD de Tukey a présenté vingt-trois (23) groupes chevauchants (tableaux VI).

Les épis du cycle 2 ont présenté des nombres de rangées allant de 8,86 rangées (L88) à 14,94 rangées (L36). Le témoin L1 a présenté un nombre de rangée de 12,54 rangées. Les nombres de rangées de grains les plus élevés que celui du témoin ont été dénombrés au niveau des lignées les lignées L36 (14,94 rangées), L23 (14,67 rangées), L71 (14 rangées), L61 (14 rangées) et L99 (14 rangées). Par contre, Les plus petits nombres de rangées ont été enregistré chez les lignées L88 (8,86 rangées), L92, L72, L54A, L95A et L48 (10 rangées), L54 (10,09 rangées), L30 (10,2 rangées), L77 (10,4 rangées), L71A (10,43 rangées), L46A (10,5 rangées), L93 (10,55 rangées) et L75 (10,67 rangées). Le Test HSD de Tukey a permis de distinguer vingt et un (21) groupes chevauchants (tableaux VI).

En tenant compte des deux cycles de culture, les lignées L23, L61 et L71 ont présenté les plus grands nombres de rangées de grains par épi et les lignées L88, L54, L48, L95A, L54A et L75 ont enregistré les plus petits nombres de rangées de grains par épi par rapport au témoin.

#### **2.1.4.5. Poids moyen des grains par épis**

Le poids moyen des grains par épi du cycle 1 a varié de 42, 92 g (L75) à 124,39 g (L32A). Le témoin L1 a obtenu un poids moyen des grains qui est de 110,34 g. Les lignées portant les poids moyens de grains élevés ont été L32A (124,39 g) et L36 (118,73 g). Cependant, les lignées avec des poids moyens de grains très inférieurs à celui du témoin ont été enregistrées chez les lignées L75 (42,92 g), L99 (45,8 g), L48 (46,44 g), L9 (47,25 g) et L54 (47,44 g). Le Test HSD de Tukey au seuil 5 % a distingué les lignées en vingt-six (26) groupes chevauchants (tableaux VI).

Le poids moyen des grains par épi du cycle 2 a varié de 21, 57 g (L46A) à 115,81 g (L36). Le témoin L1 a obtenu un poids moyen des grains qui est de 63,82 g. Les lignées portant les poids moyens de grains les plus élevés ont été : L36 (115,81 g), L95B (95,04 g), L41 (92 g), L63 (89 g) et L23 (81,05 g). Par contre, les lignées avec des poids moyens de grains très inférieurs à celui du témoin ont été

présentées chez les lignées L46A (21,57 g), L75 (25 g) et L30 (29,05 g). Le Test HSD de Tukey au seuil 5 % a distingué les lignées en dix-sept (17) groupes chevauchants (tableaux VI).

Les cycles 1 et 2 ont enregistré le plus grand poids moyen des grains par épi chez la lignée L36 et le plus petit poids moyen des grains par épi chez la lignée L75 par rapport au témoin.

#### **2.1.4.6. Poids de 1000 grains**

Ce poids du cycle 1 a varié de 161,63 g (L30) à 312,08 g (L72). Le témoin L1 a enregistré un poids de 1000 grains de 303,40 g. Le plus grand poids de 1000 grains par rapport au témoin a été observé chez la lignée L72 (312,08 g). Par contre, les plus petits poids de 1000 grains ont été enregistrés chez les lignées L30 (161,63 g), L99 (170,12 g) et L59 (190,34 g). Le Test HSD de Tukey au seuil 5 % a montré vingt-quatre (24) groupes chevauchants (tableaux VI).

Le poids de 1000 grains des lignées du cycle 2 a varié entre 104,98 g (L99) et 292,13 g (L95B). Le poids de 1000 grains du témoin L1 a été de 198,96 g. Les poids de 1000 grains les plus élevés ont été enregistrés chez les lignées L95B (292,13 g), L36 (286,24 g), L71A (283,98 g) et L92 (275,83 g). Par contre, Les plus petits poids de 1000 grains ont été observés chez les lignées L99 (104,97 g), L30 (122,72 g), L46A (134,1 g) et L9 (143,97 g). Le Test HSD de Tukey au seuil 5 % a présenté quatorze (14) groupes chevauchants (tableaux VI).

Les cycles de culture 1 et 2 ont présenté les plus petits poids de 100 grains chez les lignées L30 et L99 par rapport au témoin.

#### **2.1.4.7. Poids des épis**

Le poids des épis du cycle 1 a varié de 34 g (L54) à 143,19 g (L32A). Le témoin L1 a enregistré un poids d'épi de 102,71 g. Les poids d'épis les plus grands ont été observé chez les lignées L32A (143,19 g), L71A (122,79 g), L95B (119,59 g), L72 (118,86 g), L36 (117,05 g) et L72A (108,95 g). Par contre, les plus petits poids d'épis ont été obtenus chez les lignées L54 (34 g), L9 (41,09 g), L48 (42,75 g) et L59 (46,46 g). Le Test HSD de Tukey au seuil 5% a classé vingt-cinq (25) groupes chevauchants (tableaux VI).

Le poids des épis du cycle 2 a évolué de 28,26 g (L46A) à 128,52 g (L23). Le témoin L1 a présenté un poids d'épi de 70,76 g. Les poids d'épis les plus élevés par rapport au témoin ont été enregistrés chez les lignées L23 (128,52 g), L36 (119,05 g), L95B (112,77 g), 95A (99,14 g) et L63 (91,70 g). Par contre, les plus petits poids d'épis ont été rencontré chez les lignées L46A (28,26 g), L75 (31,57 g), L30 (33,15

g), L99 (34,58 g) et L9 (39,14 g). Le Test HSD de Tukey au seuil 5 % a classé seize (16) groupes chevauchants (tableaux VI).

Au niveau des deux cycles de culture, les lignées L36 et L95B ont enregistré les poids d'épi les plus grands contre la lignée L9 qui a présenté le poids d'épi le plus petit par rapport au témoin.

#### **2.1.4.8. Rendement**

Le rendement des grains des épis des lignées du cycle 1 a fluctué entre 1,34 t/ha (L75) et 3,89 t/ha (L32A). Le témoin L1 a obtenu un rendement de 3,5 t/ha. Les rendements les plus élevés par rapport au témoin ont été obtenus chez les lignées L32A (3,9 t/ha) et L36 (3,7 t/ha).

Cependant, les plus petits rendements ont été enregistrés chez les lignées L75 (1,3 t/ha), L99 (1,4 t/ha), L48 (1,5 t/ha), L9 (1,5 t/ha), L54 (1,5 t/ha). Le Test HSD de Tukey au seuil 5 % a identifié dans l'ordre décroissant vingt-six (26) groupes chevauchants (tableaux VI).

Le rendement des grains des différentes lignées du cycle 2 a varié entre 0,67 t/ha (L46A) et 4,7 t/ha L36. Le témoin L1 a enregistré un rendement de 2,0 t/ha. Les rendements les plus élevés par rapport au témoin ont été obtenus chez les lignées L36 (4,7 t/ha), L71(3,3 t/ha), L95B (3,0 t/ha) et L63 (2,8 t/ha). Par contre, les lignées possédant les plus petits rendements ont été L46A (0,7 t/ha), L75 (0,8 t/ha), L30 (0,9 t/ha) et L99 (1,03 t/ha). Le Test HSD de Tukey au seuil 5 % a identifié dans l'ordre décroissant dix-sept (17) groupes chevauchants (tableaux VI).

Les cycles 1 et 2 de culture ont enregistré la lignée L36 avec le plus grand rendement et les lignées L75 et L99 présentant les plus faibles rendements par rapport au témoin.

**Tableau VI:** Valeurs moyennes des variables de production des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture

Lignées	DEpi (mm)		LEpi (cm)		NMGEpi	
	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle
L1D0	39,59±5,30 <sup>abcdef</sup>	37,85 ±2,91 <sup>bcde</sup>	15,45±1,87 <sup>ab</sup>	14,09 ±1,85 <sup>abc</sup>	363,17±97,67 <sup>bcde</sup>	317,39 ±65,38 <sup>abcd</sup>
L7 D200	40,31±2,16 <sup>abcde</sup>	38,38 ±11,01 <sup>abcde</sup>	14,44±1,20 <sup>abcd</sup>	14,1 ±1,87 <sup>abcde</sup>	2759±39,22 <sup>ghijklm</sup>	298,8 ±82,5 <sup>abcdefgh</sup>
L8 D200	35,81±2,77 <sup>defghij</sup>	35,93 ±3,69 <sup>bcdefgh</sup>	13,78±0,86 <sup>bcdefgh</sup>	14,7 ±0,82 <sup>abc</sup>	353,85±43,44 <sup>bcdefg</sup>	317 ±30,39 <sup>abcde</sup>
L9 D200	31,88±2,86 <sup>jk</sup>	34,45 ±2,29 <sup>cdefgh</sup>	8,48±1,98 <sup>r</sup>	12 ±0,0 <sup>cdefg</sup>	221,05±66,76 <sup>klmno</sup>	263,11 ±36,03 <sup>bcdefghij</sup>
L11 D200	39,68±4,29 <sup>abcdef</sup>	35,31 ±3,51 <sup>bcdefgh</sup>	10,25±0,55 <sup>nopq</sup>	10,6 ±1,31 <sup>g</sup>	252,43±57,14 <sup>ijklmno</sup>	311,53 ±52,42 <sup>abcdef</sup>
L23 D200	43,09±4,63 <sup>a</sup>	45,29 ±2,67 <sup>a</sup>	11,35±1,66 <sup>klmnop</sup>	13,5 ±0,55 <sup>abcdef</sup>	250,26±86,84 <sup>ijklmno</sup>	344,33 ±42,46 <sup>ab</sup>
L86 D200	40,38±1,69 <sup>abcde</sup>	36,54 ±2,01 <sup>bcdefgh</sup>	12,71±1,26 <sup>efghijk</sup>	14,4 ±0,89 <sup>abcd</sup>	288,48±45,16 <sup>efghijk</sup>	271,07 ±34,74 <sup>abcdefg</sup>
L87 D200	39,65±2,66 <sup>abcdef</sup>	39,3 ±3,25 <sup>abcd</sup>	14,40±1,49 <sup>abcde</sup>	14,68 ±0,9 <sup>abc</sup>	306,74±36,15 <sup>defghij</sup>	295,15 ±62,53 <sup>abcdefg</sup>
L88 D200	35,40±1,47 <sup>fghij</sup>	35,76 ±2,17 <sup>bcdefgh</sup>	12,67±0,90 <sup>fghijkl</sup>	14,02 ±1,46 <sup>abcdef</sup>	278,89±25,39 <sup>fghijklm</sup>	202,57 ±51,63 <sup>ghijk</sup>
L89 D200	35±1,23 <sup>fghij</sup>	37,35 ±3,49 <sup>bcdefg</sup>	11,85±1,77 <sup>ijklmn</sup>	12,3 ±1,51 <sup>bcdefg</sup>	288±62,90 <sup>efghijk</sup>	269,1 ±29,64 <sup>abcdefghi</sup>
L91 D200	37,75±2,29 <sup>cdefgh</sup>	42,02 ±2,94 <sup>ab</sup>	14,52±0,76 <sup>abcd</sup>	14,38 ±0,79 <sup>abcd</sup>	362,52±65,88 <sup>bcde</sup>	315,75 ±64,46 <sup>abcde</sup>
L92 D200	39,83± 2,90 <sup>abcdef</sup>	37,04 ±1,6 <sup>bcdefgh</sup>	19,9±0,96 <sup>mno</sup>	12,83 ±0,76 <sup>abcdefg</sup>	200,51±26,76 <sup>mno</sup>	241,11 ±16,78 <sup>bcdefghij</sup>
L93 D200	35,68± 2,17 <sup>efghij</sup>	31,54 ±3,19 <sup>efgh</sup>	12,41±1,12 <sup>ghijklm</sup>	13,63 ±1,73 <sup>abcdef</sup>	278,56±43,70 <sup>fghijklm</sup>	195,39 ±25,63 <sup>hijk</sup>
L95 D200	37,39±2,50 <sup>cdefgh</sup>	35,75 ±0,28 <sup>bcdefgh</sup>	13,10±0,95 <sup>defghij</sup>	12,5 ±0,71 <sup>abcdefg</sup>	317,90±46,08 <sup>cdefghij</sup>	209,67 ±8,96 <sup>efghijk</sup>
L99 D200	32,45±1,84 <sup>ijk</sup>	30,38 ±0,4 <sup>gh</sup>	11,05±1,04 <sup>klmnop</sup>	13,25 ±0,5 <sup>abcdefg</sup>	270,67±40,85 <sup>ijklm</sup>	312,67 ±0,0 <sup>abcdef</sup>
L95A D200	39,20±2,72 <sup>abcdefg</sup>	38,47 ±2,96 <sup>abcde</sup>	14,26±1,15 <sup>abcdef</sup>	14,89 ±1,09 <sup>ab</sup>	262, 56±27,84 <sup>ijklmn</sup>	306,11 ±34,96 <sup>abcdefg</sup>
L95B D200	41,97±2,73 <sup>abc</sup>	41,88 ±2,99 <sup>ab</sup>	13,90±1,24 <sup>bcdefgh</sup>	15,25 ±2,1 <sup>a</sup>	334,76±37,21 <sup>cdefghi</sup>	319,3 ±80,51 <sup>abcd</sup>
L30 D300	33,65±1,56 <sup>hijk</sup>	30,81 ±2,18 <sup>fgh</sup>	14,45±0,69 <sup>abcd</sup>	11,6 ±0,84 <sup>defg</sup>	350,96±45,30 <sup>cdefgh</sup>	236,6 ±18,96 <sup>cdefghij</sup>
L32 D300	37,74±2,86 <sup>cdefgh</sup>	40,93 ±1,83 <sup>abc</sup>	11,43±1,62 <sup>ijklmnop</sup>	12,94 ±0,95 <sup>abcdefg</sup>	272,14±80,90 <sup>hijklm</sup>	295,56 ±28,55 <sup>abcdefg</sup>
L36 D300	38,81±2,60 <sup>abcdefg</sup>	40,81 ±2,60 <sup>abc</sup>	14,24±0,75 <sup>abcdef</sup>	15,24 ±0,75 <sup>a</sup>	430,94±42,66 <sup>ab</sup>	440,94 ±42,66 <sup>a</sup>
L41 D300	37,61±2,08 <sup>cdefgh</sup>	41,61 ±2,08 <sup>ab</sup>	12,47±1,24 <sup>ghijklm</sup>	15,47 ±1,24 <sup>a</sup>	288,98±36,40 <sup>efghijk</sup>	298,98 ±36,40 <sup>abcdefg</sup>
L46 D300	36,99±3,94 <sup>defghi</sup>	36,27 ±1,77 <sup>bcdefgh</sup>	11,28±1,48 <sup>klmnop</sup>	14 ±0,58 <sup>abcdef</sup>	283,33±74,80 <sup>fghijk</sup>	259,71 ±66,43 <sup>bcdefghij</sup>
L47 D300	38,68±2,79 <sup>abcdefg</sup>	37,1 ±2,56 <sup>bcdefgh</sup>	10,97±0,96 <sup>lmnop</sup>	13,5 ±2,38 <sup>abcdef</sup>	338,21±73,39 <sup>cdefghi</sup>	302,33 ±61,37 <sup>abcdefg</sup>
L48 D300	29,90±1,47 <sup>k</sup>	32,77 ±2,02 <sup>defgh</sup>	10±0,71 <sup>pqr</sup>	12 ±0,0 <sup>cdefg</sup>	185,56±18,46 <sup>no</sup>	190,95 ±21,32 <sup>ijk</sup>
L51 D300	37,80±3,26 <sup>cdefgh</sup>	32,86 ±2,08 <sup>defgh</sup>	10,94±1,13 <sup>mno</sup>	11,19 ±1,47 <sup>fg</sup>	201,41±42,70 <sup>lmno</sup>	196,1 ±28,69 <sup>hijk</sup>
L54 D300	32,21±0,85 <sup>ijk</sup>	33,08 ±2,08 <sup>defgh</sup>	9 ±1,10 <sup>qr</sup>	11,5 ±1,12 <sup>efg</sup>	201,67±49,30 <sup>lmno</sup>	207,48 ±31,99 <sup>fghijk</sup>
L59 D300	33,53±9,86 <sup>hijk</sup>	37,43 ±6,22 <sup>bcdef</sup>	9,85±0,43 <sup>pqr</sup>	11,5 ±2,12 <sup>efg</sup>	260,83±22,92 <sup>ijklmn</sup>	252,33 ±20,27 <sup>bcdefghij</sup>
L60 D300	38,85±3,30 <sup>abcdefg</sup>	38,29 ±1,9 <sup>bcde</sup>	11,17±1,05 <sup>klmnop</sup>	11,5 ±0,46 <sup>efg</sup>	369,14±75,36 <sup>bcd</sup>	290,46 ±42,3 <sup>abcdefg</sup>
L61 D300	35,52±2,57 <sup>efghij</sup>	35,81 ±2,35 <sup>bcdefgh</sup>	14,36±0,78 <sup>abcdef</sup>	13,86 ±0,69 <sup>abcdef</sup>	389,23±65,12 <sup>bc</sup>	312 ±48,0 <sup>abcdef</sup>

## Résultats et Discussion

<b>L63 D300</b>	36,20±1,21 <sup>defghij</sup>	39,29 ±3,66 <sup>abcd</sup>	14,94±1,21 <sup>abc</sup>	14,53 ±1,59 <sup>abc</sup>	321,88±33,75 <sup>cdefghij</sup>	370,82 ±48,96 <sup>ab</sup>
<b>L67 D300</b>	35,32±2,24 <sup>fg hij</sup>	32,62 ±2,23 <sup>defgh</sup>	12,24±0,49 <sup>hijklm</sup>	12,81 ±0,75 <sup>bcdefg</sup>	356,31±39,98 <sup>bcdef</sup>	239,94 ±40,72 <sup>bcdefghij</sup>
<b>L71 D300</b>	39,46±2,62 <sup>abcdefg</sup>	39,66 ±2,62 <sup>abcd</sup>	12 ±1 <sup>ijklm</sup>	12 ±71 <sup>bcdefg</sup>	328,22±5,39 <sup>cdefghij</sup>	329,22 ±5,39 <sup>abc</sup>
<b>L72 D300</b>	38,22±2,26 <sup>bcdefgh</sup>	34,73 ±1,04 <sup>cdefgh</sup>	15,70±1,44 <sup>a</sup>	14,67 ±0,82 <sup>abc</sup>	334,72±44,96 <sup>cdefghi</sup>	243,33 ±24,04 <sup>bcdefghij</sup>
<b>L74 D300</b>	37,37±2,17 <sup>cdefgh</sup>	37,09 ±4,85 <sup>bcdefgh</sup>	12,29±0,67 <sup>hijklm</sup>	14,75 ±0,5 <sup>abc</sup>	254,77±36,93 <sup>ijklmno</sup>	279 ±89,47 <sup>bcdefghij</sup>
<b>L75 D300</b>	34,64±4,45 <sup>ghijk</sup>	31,92 ±1,96 <sup>efgh</sup>	10,12±0,76 <sup>opqr</sup>	12 ±0,0 <sup>cdefg</sup>	181,22±48,16 <sup>o</sup>	122,33 ±39,79 <sup>k</sup>
<b>L77 D300</b>	36,59±2,77 <sup>defghij</sup>	37,73 ±1,78 <sup>bcdef</sup>	11,96±0,3 <sup>ijklmn</sup>	12,2 ±0,41 <sup>bcdefg</sup>	217,83±11,9 <sup>klmno</sup>	225,24 ±26,49 <sup>defghijk</sup>
<b>L32AD300</b>	42,72±1,28 <sup>ab</sup>	40,61 ±3,35 <sup>abc</sup>	15,74±0,48 <sup>a</sup>	14 ±1,67 <sup>abcdef</sup>	492,19±72,16 <sup>a</sup>	339,56 ±108,45 <sup>abc</sup>
<b>L46AD300</b>	31,84±0,99 <sup>jk</sup>	30,31 ±2,19 <sup>h</sup>	11,30±1,11 <sup>klmnop</sup>	12,63 ±0,52 <sup>abcdefg</sup>	280,27±31,26 <sup>fghijkl</sup>	160,92 ±37,38 <sup>jk</sup>
<b>L54AD300</b>	37,91±2,04 <sup>bcdefgh</sup>	35,25 ±2,37 <sup>bcdefgh</sup>	11,79±0,66 <sup>ijklmno</sup>	13,14 ±1,43 <sup>abcdefg</sup>	249,33±29,85 <sup>ijklmno</sup>	254,85 ±15,01 <sup>bcdefghij</sup>
<b>L71AD300</b>	40,66±2,17 <sup>abcd</sup>	37,02 ±2,15 <sup>bcdefgh</sup>	13,61±0,90 <sup>cdefghi</sup>	12,86 ±1,65 <sup>abcdefg</sup>	328,17±31,37 <sup>cdefghij</sup>	230,71 ±33,31 <sup>defghij</sup>
<b>L72AD300</b>	39,26 ± 2 <sup>abcdefg</sup>	38,32 ±1,18 <sup>abcde</sup>	14,04 ± 1,09 <sup>abcdefg</sup>	13,28 ±0,76 <sup>abcdefg</sup>	354,43 ± 31,7 <sup>bcdefg</sup>	242,86 ±15,44 <sup>bcdefghij</sup>
<b>Test</b>	F = 13,217	F = 13,217	F = 50,342	F = 50,342	F = 29,063	F = 29,063
<b>ANOVA</b>	p < 0,0001 ***	p < 0,0001 ***	p < 0,0001 ***	p < 0,0001 ***	p < 0,0001 ***	p < 0,0001 ***

*DEpi* : diamètre de l'épi ; *LEpi* : longueur de l'épi ; *NMGEpi* : nombre moyen de grain par épi ; *F* : constante ou variable de test de Fisher ; *p* : probabilité associée au test d'ANOVA un facteur ; \* différence significative ; les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes et celles affectées d'une même lettre sont statistiquement identiques (Test HSD de Tukey). La lettre (L) affectée de numéro suivi ou non de lettre désigne l'identifiant de la lignée. *D*<sub>200</sub> : radiation à la dose 200 gray ; *D*<sub>300</sub> : radiation à la dose 300



Tableau VI (suite) : Valeurs moyennes des variables de production des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture

Lignées	NRGEpi		PMGEpi (g)		Pds 1000grs (g)	
	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle
L1D0	12,89±1,44 <sup>defghij</sup>	12,54 ±1,02 <sup>abcdefgh</sup>	110,34±33,95 <sup>abc</sup>	63,82±21,16 <sup>abcdefg</sup>	303,4±40,56 <sup>ab</sup>	198,96 ±35,39 <sup>defg</sup>
L7 D200	13,25±1,24 <sup>cdefgh</sup>	13,6 ±1,58 <sup>abc</sup>	73,7±13,78 <sup>ghijklm</sup>	59,44±13,43 <sup>abcdefgh</sup>	266,92±32,07 <sup>bcdefghi</sup>	202,1 ±26,27 <sup>defg</sup>
L8 D200	12,56±0,92 <sup>efghij</sup>	12,8 ±1,03 <sup>abcdefg</sup>	100,7±16,55 <sup>abcde</sup>	62,65±5,64 <sup>abcdefg</sup>	285,53±37,51 <sup>abcde</sup>	198,31 ±16,19 <sup>defg</sup>
L9 D200	11,43±1,43 <sup>ijklmno</sup>	12,67 ±1,15 <sup>abcdefgh</sup>	47,25±14,95 <sup>opq</sup>	37,58±3,25 <sup>efghi</sup>	223,9±0,0 <sup>ijklmn</sup>	143,97 ±15,65 <sup>fghi</sup>
L11 D200	11,7±0,98 <sup>hijklmn</sup>	13,2 ±1,03 <sup>abcdef</sup>	50,83 ±11,94 <sup>lmnopq</sup>	60,17±12,99 <sup>abcdefgh</sup>	201,37±12,16 <sup>mnpq</sup>	192,5 ±24,79 <sup>defgh</sup>
L23 D200	14,77±2,24 <sup>bc</sup>	14,67 ±1,03 <sup>a</sup>	63,1±25,55 <sup>ijklmnopq</sup>	81,05±14,65 <sup>abc</sup>	247,02±30,71 <sup>efghijkl</sup>	235,13 ±27,94 <sup>abcde</sup>
L86 D200	14,16±1,66 <sup>bcd</sup>	12,4 ±0,89 <sup>abcdefghij</sup>	63,41±7,6 <sup>ijklmnopq</sup>	54,94±7,4 <sup>bcdefghi</sup>	221,32±14,71 <sup>ijklmn</sup>	203,14 ±19,59 <sup>defg</sup>
L87 D200	14,22±0,65 <sup>bcd</sup>	13,55 ±1,97 <sup>abcd</sup>	83,67±14,95 <sup>defghi</sup>	69,69±21,12 <sup>abcde</sup>	272,14±31,93 <sup>bcdefg</sup>	235,88 ±43,5 <sup>abcde</sup>
L88 D200	10 ±0,0 <sup>o</sup>	8,86 ±1,57 <sup>l</sup>	68,31±10,68 <sup>hijklmnop</sup>	46,69±16,81 <sup>cdefghi</sup>	244,04±21,23 <sup>efghijkl</sup>	226,24 ±33,21 <sup>abcde</sup>
L89 D200	12±0,0 <sup>ghijklm</sup>	12,3 ±0,95 <sup>bcdefghijk</sup>	63,78±15,16 <sup>ijklmnopq</sup>	65,68±10,33 <sup>abcdef</sup>	220,95±15,09 <sup>ijklmn</sup>	243,82 ±26,05 <sup>abcde</sup>
L91 D200	13,44±1,34 <sup>cdefg</sup>	13,25 ±1,49 <sup>abcdef</sup>	93,56±18,74 <sup>cdefg</sup>	72,11±19,46 <sup>abcde</sup>	259,82±33,82 <sup>cdefghij</sup>	226,3 ±18,13 <sup>abcde</sup>
L92 D200	12,07±0,37 <sup>ghijklm</sup>	10 ±0,0 <sup>kl</sup>	48,57±9,75 <sup>nopq</sup>	66,65±13,42 <sup>abcdef</sup>	242,15±35,9 <sup>efghijklm</sup>	275,83 ±48,26 <sup>abc</sup>
L93 D200	12,22±0,65 <sup>ghijkl</sup>	10,55 ±0,93 <sup>ghijkl</sup>	64,04±12,82 <sup>ijklmnopq</sup>	37,31±6,06 <sup>efghi</sup>	229,52±22,31 <sup>hijklmn</sup>	190,65 ±16,05 <sup>defgh</sup>
L95 D200	11,6±1,67 <sup>ijklmno</sup>	11 ±1,41 <sup>fghijkl</sup>	78,25±10,88 <sup>efghijk</sup>	39,04±0,17 <sup>efghi</sup>	246,87±16,48 <sup>efghijkl</sup>	186,4 ±8,77 <sup>defgh</sup>
L99 D200	12,84±1,01 <sup>defghij</sup>	14 ±0,0 <sup>ab</sup>	45,80±6,10 <sup>pg</sup>	32,82±1,3 <sup>fghi</sup>	170,12±14,66 <sup>op</sup>	104,98 ±4,16 <sup>i</sup>
L95AD200	10,26±0,68 <sup>no</sup>	10 ±0,0 <sup>kl</sup>	77,33±12,76 <sup>efghijk</sup>	78,0 ±13,88 <sup>abcd</sup>	294,68±36,49 <sup>abcd</sup>	254,47 ±31,11 <sup>abcd</sup>
L95BD200	12,86±1,01 <sup>defghij</sup>	11,33 ±1,53 <sup>cdefghijk</sup>	98,99±14,44 <sup>bcdef</sup>	95,04±39,12 <sup>ab</sup>	297,15±39,74 <sup>abcd</sup>	292,13 ±60,47 <sup>a</sup>
L30 D300	10,88±1,02 <sup>klmno</sup>	10,2 ±0,63 <sup>ijkl</sup>	57,37±21,26 <sup>ijklmnopq</sup>	29,04±5,84 <sup>ghi</sup>	161,63±48,30 <sup>p</sup>	122,72 ±20,04 <sup>hi</sup>
L32 D300	13,14±1,02 <sup>defghi</sup>	12,44 ±0,88 <sup>abcdefghi</sup>	67,9±21,47 <sup>hijklmnop</sup>	64,63±12,7 <sup>abcdefg</sup>	249,33±22,97 <sup>efghijkl</sup>	218,22 ±33,52 <sup>bcde</sup>
L36 D300	13,94 ±0,9 <sup>bcdef</sup>	14,94±0,9 <sup>a</sup>	118,73±16,49 <sup>ab</sup>	115,81±16,49 <sup>a</sup>	276,24±34,06 <sup>abcdef</sup>	286,24 ±34,06 <sup>ab</sup>
L41 D300	11,65±1,06 <sup>ijklmn</sup>	12,65 ±1,06 <sup>abcdefgh</sup>	72,02±12,68 <sup>ghijklmno</sup>	92,02±12,68 <sup>ab</sup>	248,24±19,55 <sup>efghijkl</sup>	258,24 ±19,55 <sup>abc</sup>
L46 D300	12,67±1,32 <sup>defghij</sup>	12,29 ±0,76 <sup>bcdefghijk</sup>	71,37±23,07 <sup>ghijklmno</sup>	47,06±15,42 <sup>cdefghi</sup>	250,85±34,6 <sup>efghijk</sup>	179,57 ±17,63 <sup>efgh</sup>
L47 D300	13,47±1,50 <sup>cdefg</sup>	12 ±2,31 <sup>bcdefghijk</sup>	90,55±17,35 <sup>cdefgh</sup>	60,95±28,56 <sup>abcdefgh</sup>	269,46±20,06 <sup>bcdefgh</sup>	201,08 ±84,77 <sup>defg</sup>
L48 D300	10 ±0,0 <sup>o</sup>	10 ±0,0 <sup>kl</sup>	46,44±7,20 <sup>pq</sup>	37,78±6,91 <sup>efghi</sup>	249,48±19,09 <sup>efghijkl</sup>	196,93 ±17,53 <sup>defg</sup>
L51 D300	12,22±1,66 <sup>ghijkl</sup>	11,08 ±1,32 <sup>efghijkl</sup>	48,81±12,44 <sup>mnpq</sup>	41,12±7,27 <sup>efghi</sup>	241,79±27,73 <sup>fghijklm</sup>	209,03 ±13,44 <sup>cdef</sup>
L54 D300	10 ±0,0 <sup>o</sup>	10,09 ±0,3 <sup>kl</sup>	47,44±7,35 <sup>opq</sup>	38,35±6,54 <sup>efghi</sup>	240,72±30,89 <sup>fghijklm</sup>	184,72 ±13,52 <sup>defgh</sup>
L59 D300	12,20±0,89 <sup>ghijkl</sup>	12 ±2,83 <sup>bcdefghijk</sup>	49,58±5,53 <sup>mnpq</sup>	51,75±20,41 <sup>cdefghi</sup>	190,34±16,87 <sup>nop</sup>	202,5 ±64,63 <sup>defg</sup>
L60 D300	16,42 ±2,31 <sup>a</sup>	13,77 ±1,17 <sup>ab</sup>	76,23±13,37 <sup>efghijk</sup>	57,15±10,55 <sup>bcdefghi</sup>	208,3±16,8 <sup>lmno</sup>	197,88 ±31,3 <sup>defg</sup>
L61 D300	14 ±1,29 <sup>bcde</sup>	14 ±0,0 <sup>ab</sup>	89,6±21,09 <sup>cdefgh</sup>	60,37±7,91 <sup>abcdefgh</sup>	228,34±24,99 <sup>hijklmn</sup>	194,24 ±10,07 <sup>defg</sup>
L63 D300	12,35±0,79 <sup>fghijk</sup>	12,15 ±0,55 <sup>bcdefghijk</sup>	72,67±9,29 <sup>ghijklmn</sup>	89±21,23 <sup>ab</sup>	226,08±22,19 <sup>ijklmn</sup>	238,98 ±41,12 <sup>abcde</sup>

## Résultats et Discussion

<b>L67 D300</b>	13,83±0,82 <sup>bcdef</sup>	11,27 ±1,35 <sup>defghijk</sup>	75,18±11,96 <sup>fghijkl</sup>	43,05±8,53 <sup>defghi</sup>	210,71±22,05 <sup>klmno</sup>	178,9 ±14,98 <sup>efgh</sup>
<b>L71 D300</b>	14 ±0,0 <sup>bcde</sup>	14 ±0,0 <sup>ab</sup>	74,51±19,63 <sup>fghijkl</sup>	78,51±19,63 <sup>abcd</sup>	226,6±57,28 <sup>ijklmn</sup>	229,6 ±57,28 <sup>abcde</sup>
<b>L72 D300</b>	10,73±0,98 <sup>lmno</sup>	10 ±0,0 <sup>kl</sup>	104,64±16,14 <sup>abcd</sup>	58,44±8,68 <sup>bcdefgh</sup>	312,08±16,61 <sup>a</sup>	239,53 ±15,64 <sup>abcde</sup>
<b>L74 D300</b>	12±0,0 <sup>ghijklm</sup>	12 ±0,0 <sup>bcdefghijk</sup>	66,62±13,64 <sup>hijklmnopq</sup>	60,17±32,34 <sup>abcdefgh</sup>	259,51±23,54 <sup>defghij</sup>	206,3 ±43,38 <sup>cdef</sup>
<b>L75 D300</b>	10,47±0,87 <sup>mno</sup>	10,67 ±1,03 <sup>ghijkl</sup>	42,92±10,58 <sup>q</sup>	25±6,74 <sup>hi</sup>	239,84±24,25 <sup>fghijklm</sup>	209,12 ±24,86 <sup>cdef</sup>
<b>L77 D300</b>	11,94±0,34 <sup>ghijklm</sup>	10,4 ±0,83 <sup>ghijkl</sup>	49,32±5,56 <sup>mno</sup>	49,84±6,72 <sup>cdefghi</sup>	226,44±22,66 <sup>ijklmn</sup>	221,42 ±16,52 <sup>bcde</sup>
<b>L32A D300</b>	15,11±1,37 <sup>ab</sup>	13,33 ±1,63 <sup>abcde</sup>	124,39±24,27 <sup>a</sup>	69,9±21,17 <sup>abcde</sup>	252,41±28,6 <sup>efghijk</sup>	207,32 ±15,0 <sup>cdef</sup>
<b>L46A D300</b>	11,80±0,63 <sup>hijklmn</sup>	10,5 ±0,93 <sup>ghijkl</sup>	67,36±9,99 <sup>hijklmnopq</sup>	21,57±4,92 <sup>i</sup>	240,66±24,18 <sup>fghijklm</sup>	134,1 ±5,51 <sup>ghi</sup>
<b>L54A D300</b>	10,33±0,78 <sup>no</sup>	12 ±0,0 <sup>kl</sup>	55,7±7,77 <sup>klmnopq</sup>	53,09±7,24 <sup>bcdefghi</sup>	223,55±18,08 <sup>ijklmn</sup>	207,85 ±21,25 <sup>cdef</sup>
<b>L71A D300</b>	12 ±0,0 <sup>ghijklm</sup>	10,43 ±0,85 <sup>hijkl</sup>	98,83±15,83 <sup>bcdef</sup>	66,1± 18,66 <sup>abcdef</sup>	301,81±44,74 <sup>abc</sup>	283,98 ±61,76 <sup>ab</sup>
<b>L72A D300</b>	12,35 ± 0,79 <sup>fghijk</sup>	12 ±0,0 <sup>bcdefghijk</sup>	81,69±8,85 <sup>defghij</sup>	51,57±7,26 <sup>cdefghi</sup>	231,05 ± 22,55 <sup>ghijklmn</sup>	211,86 ±21,12 <sup>cdef</sup>
<b>Test</b>	F = 26,924	F = 26,924	F = 33,427	F = 33,427	F = 30,429	F = 30,429
<b>ANOVA</b>	p < 0,0001 ***	p < 0,0001 ***	p < 0,0001 ***	p < 0,0001 ***	p < 0,0001 ***	p < 0,0001 ***

*NRGEpi* : nombre de range de grains par épi ; *PMGEpi* : poids moyen des grains par épi ; *Pds 1000grs* : poids de mille grains ; *F* : constante ou variable de test de Fisher ; *p* : probabilité associée au test d'ANOVA un facteur ; \* différence significative ; les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes et celles affectées d'une même lettre sont statistiquement identiques (Test HSD de Tukey). La lettre (L) affectée de numéro suivi ou non de lettre désigne l'identifiant de la lignée.  
*D<sub>200</sub>* : radiation à la dose 200 gray ; *D<sub>300</sub>* : radiation à la dose 300

**Tableau VI (suite et fin) : Valeurs moyennes des variables de production des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture**

Lignées	Pds Epi (g)		Rdt (t/ha)	
	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle	1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>ème</sup> cycle
L1D0	102,71±24,48 <sup>bcdef</sup>	70,76±23,88 <sup>bcdefghi</sup>	3,4 ±0,11 <sup>abc</sup>	2 ±0,07 <sup>abcdefg</sup>
L7 D200	85,99±12,54 <sup>efghijk</sup>	61,7 ±15,09 <sup>cdefghi</sup>	2,3 ±0,04 <sup>ghijklm</sup>	1,9 ±0,04 <sup>abcdefgh</sup>
L8 D200	89,14 ±12,88 <sup>efghijk</sup>	80,4 ±13,55 <sup>bcdefg</sup>	3,1 ±0,05 <sup>abcde</sup>	2 ±0,2 <sup>abcdefg</sup>
L9 D200	41,09 ±16,91 <sup>qr</sup>	39,14 ±7,18 <sup>ghi</sup>	1,5 ±0,05 <sup>opq</sup>	1,2 ±0,01 <sup>efghi</sup>
L11 D200	65,94±17,89 <sup>ijklmnopq</sup>	50,63 ±16,8 <sup>defghi</sup>	1,6 ±0,04 <sup>lmnopq</sup>	1,9 ±0,04 <sup>abcdefgh</sup>
L23 D200	85,98 ±29,62 <sup>efghijk</sup>	128,52 ±18,82 <sup>a</sup>	2 ±0,08 <sup>ijklmnopq</sup>	2,5 ±0,05 <sup>abc</sup>
L86 D200	85,47 ±15,62 <sup>efghijk</sup>	59,91 ±14,49 <sup>cdefghi</sup>	2 ±0,02 <sup>ijklmnopq</sup>	1,7 ±0,02 <sup>bcdefghi</sup>
L87 D200	91,74±18,84 <sup>defghi</sup>	73,42 ±17,44 <sup>bcdefgh</sup>	2,6 ±0,05 <sup>defghi</sup>	2,2 ±0,07 <sup>abcde</sup>
L88 D200	71,33±12,77 <sup>ghijklmno</sup>	59,36 ±18,8 <sup>cdefghi</sup>	2,1 ±0,03 <sup>hijklmnop</sup>	1,5 ±0,05 <sup>cdefghi</sup>
L89 D200	56,53 ±9,8 <sup>lmnopqr</sup>	48,9 ±6,8 <sup>defghi</sup>	2 ±0,05 <sup>ijklmnopq</sup>	2,1 ±0,03 <sup>abcdef</sup>
L91 D200	94,33 ±10,13 <sup>cdefgh</sup>	87,62 ±44,88 <sup>abcde</sup>	2,9 ±0,06 <sup>cdefg</sup>	2,3 ±0,06 <sup>abcde</sup>
L92 D200	63,74 ±14, 8 <sup>ijklmnopq</sup>	70,14±15,52 <sup>bcdefghi</sup>	1,5 ±0,03 <sup>nopq</sup>	2,1 ±0,04 <sup>abcdef</sup>
L93 D200	79,84 ±15,43 <sup>fghijkl</sup>	45,59 ±16,74 <sup>efghi</sup>	2 ±0,04 <sup>ijklmnopq</sup>	1,2 ±0,02 <sup>efghi</sup>
L95 D200	70,86 ±13,29 <sup>hijklmno</sup>	44,83 ±4,32 <sup>efghi</sup>	2,4 ±0,03 <sup>efghijk</sup>	1,2 ±0,0 <sup>efghi</sup>
L99 D200	56,55 ±14,1 <sup>lmnopqr</sup>	34,58 ±14,73 <sup>hi</sup>	1,4 ±0,02 <sup>pq</sup>	1 ±0,0 <sup>fghi</sup>
L95A D200	97,57±12,73 <sup>bcdefg</sup>	99,14 ±26,23 <sup>abc</sup>	2,4±0,04 <sup>efghijk</sup>	2,4 ±0,04 <sup>abcd</sup>
L95B D200	119,59±22,05 <sup>abc</sup>	112, 77 ±32,34 <sup>ab</sup>	3,1±0,05 <sup>bcdef</sup>	3 ±0,12 <sup>a</sup>
L30 D300	72,92±7,20 <sup>ghijklmno</sup>	33,15 ±8,21 <sup>hi</sup>	1,8±0,07 <sup>ijklmnopq</sup>	0,9 ±0,02 <sup>ghi</sup>
L32 D300	76,49±20,21 <sup>fghijklmn</sup>	84,07 ±24,27 <sup>bcdef</sup>	2,1±0,07 <sup>hijklmnop</sup>	2 ±0,04 <sup>abcdefg</sup>
L36 D300	117,05±25,96 <sup>abcd</sup>	119,05 ±25,96 <sup>a</sup>	3,7±0,05 <sup>ab</sup>	4,7 ±0,05 <sup>a</sup>
L41 D300	79,44±11,94 <sup>fghijkl</sup>	89,44 ±11,94 <sup>abcde</sup>	2,3±0,04 <sup>ghijklmno</sup>	2,5 ±0,04 <sup>abc</sup>
L46 D300	71,79±36,76 <sup>ghijklmno</sup>	58,22 ±17,18 <sup>cdefghi</sup>	2,2±0,07 <sup>ghijklmno</sup>	1,5 ±0,05 <sup>cdefghi</sup>
L47 D300	84,08±16,02 <sup>efghijk</sup>	70,57±28,37 <sup>bcdefghi</sup>	2,8±0,05 <sup>cdefgh</sup>	1,9 ±0,09 <sup>abcdefgh</sup>
L48 D300	42,75±15,16 <sup>pqr</sup>	45,87 ±9,92 <sup>efghi</sup>	1,5±0,02 <sup>pq</sup>	1,2 ±0,02 <sup>efghi</sup>
L51 D300	63,45±15,64 <sup>ijklmnopq</sup>	40,76 ±13,73 <sup>fghi</sup>	1,5±0,04 <sup>mnopq</sup>	1,3 ±0,02 <sup>efghi</sup>
L54 D300	34 ±9,6 <sup>r</sup>	45,92 ±14,32 <sup>efghi</sup>	1,5±0,02 <sup>opq</sup>	1,2 ±0,02 <sup>efghi</sup>
L59 D300	46,46±11,32 <sup>opqr</sup>	52,48 ±17,8 <sup>defghi</sup>	1,5±0,02 <sup>mnopq</sup>	1,6 ±0,06 <sup>cdefghi</sup>
L60 D300	89,51±24,96 <sup>efghij</sup>	69,59±17,68 <sup>bcdefghi</sup>	2,4±0,04 <sup>efghijk</sup>	1,8 ±0,03 <sup>bcdefghi</sup>
L61 D300	77,25±19,01 <sup>fghijklm</sup>	64,81 ±27,8 <sup>cdefghi</sup>	2,8±0,07 <sup>cdefgh</sup>	1,9 ±0,02 <sup>abcdefgh</sup>
L63 D300	69,4±13,9 <sup>hijklmnop</sup>	91,7 ±15,63 <sup>abcd</sup>	2,3±0,03 <sup>ghijklmn</sup>	2,8 ±0,07 <sup>ab</sup>
L67 D300	87,04±10,84 <sup>efghijk</sup>	51,97 ±11,43 <sup>defghi</sup>	2,3±0,04 <sup>fghijkl</sup>	1,3 ±0,03 <sup>defghi</sup>
L71 D300	50,33±30,19 <sup>nopqr</sup>	53,33 ±30,19 <sup>defghi</sup>	2,3±0,06 <sup>fghijkl</sup>	3,3 ±0,06 <sup>a</sup>
L72 D300	118,86±14,31 <sup>abc</sup>	72,51±11,93 <sup>bcdefghi</sup>	3,3±0,05 <sup>abcd</sup>	1,8±0,03 <sup>bcdefgh</sup>
L74 D300	67,03±21,51 <sup>ijklmnopq</sup>	64,67 ±31,8 <sup>cdefghi</sup>	2,1±0,04 <sup>hijklmnopq</sup>	1,9 ±0,1 <sup>abcdefgh</sup>
L75 D300	51,3±15,22 <sup>mnopqr</sup>	31,57 ±8,81 <sup>hi</sup>	1,3±0,03 <sup>q</sup>	0,8 ±0,02 <sup>hi</sup>
L77 D300	57,05±13,32 <sup>lmnopqr</sup>	59,06 ±16,1 <sup>cdefghi</sup>	1,5±0,02 <sup>mnopq</sup>	1,6 ±0,02 <sup>cdefghi</sup>
L32A D300	143,19±32,61 <sup>a</sup>	89,01 ±29,31 <sup>abcde</sup>	3,9±0,08 <sup>a</sup>	2,2 ±0,07 <sup>abcde</sup>
L46A D300	62,72±11,12 <sup>klmnopq</sup>	28,26 ±7,51 <sup>i</sup>	2,1±0,03 <sup>hijklmnopq</sup>	0,7 ±0,02 <sup>i</sup>
L54A D300	85,5±11,88 <sup>efghijk</sup>	67,56 ±26,67 <sup>cdefghi</sup>	1,7±0,02 <sup>klmnopq</sup>	1,7 ±0,02 <sup>bcdefghi</sup>
L71A D300	122,79±15,68 <sup>ab</sup>	71,02±16,68 <sup>bcdefghi</sup>	3,1±0,05 <sup>bcdef</sup>	2,1 ±0,06 <sup>abcdef</sup>
L72A D300	108,95±16,65 <sup>bcde</sup>	65,33 ±18,02 <sup>cdefghi</sup>	2,6±0,03 <sup>defghij</sup>	1,6 ±0,02 <sup>cdefghi</sup>

<b>Test</b>	F = 32,303	F = 32,303	F = 33,427	F = 33,427
<b>ANOVA</b>	$p < 0,0001$ ***	$p < 0,0001$ ***	$p < 0,0001$ ***	$p < 0,0001$ ***

*PdsEpi* : poids d'épi ; *Rdt* : rendement ; *F* : constante ou variable de test de Fisher ; *p* : probabilité associée au test d'ANOVA un facteur ; \* différence significative ; les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes et celles affectées d'une même lettre sont statistiquement identiques (Test HSD de Tukey). La lettre (L) affectée de numéro suivi ou non de lettre désigne l'identifiant de la lignée. *D*<sub>200</sub> : radiation à la dose 200 gray ; *D*<sub>300</sub> : radiation à la dose 300

### **2.1.5. Caractérisation des paramètres qualitatifs des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture**

Certains paramètres qualitatifs de croissance, de floraison et de production ont permis de caractériser qualitativement les lignées de maïs du premier et du second cycle de culture (tableau VII).

La couleur des feuilles du cycle 1 et 2 est généralement verte. Cependant les lignées L88, L89, L47, L59, L71 et L77 des deux cycles ont présenté des feuilles à couleur vert-tacheté de jaune, gris ou violet.

L'orientation des feuilles des lignées de maïs sur la tige est la position des feuilles par rapport à la tige. Cette position définit soit des feuilles retombantes, soit des feuilles érigées. La quasi-totalité des feuilles du cycle 1 et 2 ont été retombantes, sauf les lignées L11, L86, L41, L60, L63, L77 et L72A qui ont présenté des feuilles érigées.

La couleur de la tige est définie par l'aspect des gaines enveloppant la tige. Les tiges des lignées du cycle 1 et 2 ont présenté une couleur verte, sauf la lignée L99 qui a présenté une tige de couleur violette.

La forme de la tige des différentes lignées est appréciée sur la base de sa morphologie. Les tiges du cycle 1 et 2 se présentent sous la forme robuste, moyen robuste et mince. Seule la lignée L99 des deux cycles a présenté une tige mince.

L'orientation de la tige est la direction que prend la tige au cours de la croissance de la plante. Les tiges des lignées présentent une orientation verticale ou oblique. Les lignées des cycles 1 et 2 ont présenté en grande partie des tiges disposées de façon verticale, sauf les lignées L91 et L99 qui possèdent des tiges obliques par le bas.

L'aspect des racines des lignées a été déterminé en fonction du nombre de nœuds de fixation (niveau d'insertion) sur la tige et du type de racine (fasciculées et échasses ou adventives). Les codifications telles que : faible, moyen et important ont permis d'exprimer l'aspect des racines. Ainsi, l'aspect faible des racines du cycle 1 et 2 a été représenté par les lignées avec des racines fasciculées ayant un seul nœud d'insertion (L72A). L'aspect moyen des racines du cycle 1 et 2 a regroupé les lignées avec des racines échasses ou adventives à deux (2) nœuds d'insertion. L'aspect important des racines du cycle 1 et 2 a rassemblé les lignées avec des racines échasses ou adventives à trois (3) nœuds d'insertion (L91, L93, L59, L71, L72, L32A et L71A).

Le type de verse est l'état de l'organe défaillant (racine ou tige) du maïs. La plante de maïs peut être très sensible aux facteurs tels que le vent, la pluie, les micro-organismes du sol. Ces facteurs peuvent

entraîner au sein de certaines lignées des tiges couchées, cassées ou déracinées. Le type de verse peut être racinaire, caulinaire (tige) et racinaire-caulinaire. La quasi-totalité des lignées du cycle 1 et 2 ont été résistantes à la verse (absence de verse). Cependant, au niveau du cycle 1, les lignées L11, L41 et L77 ont présenté un type de verse de tige (caulinaire) et les lignées L91, L92, L99 et L59 un type de verse racinaire. Quant au Cycle 2, les lignées L11, L91 ont présenté une verse caulinaire-racinaire et les lignées L99 et L59 une verse racinaire.

La couleur des panicules du cycle 1 et 2 a été en majorité verte, sauf les lignées L9, L11, L99, L46, L47, L48, L59, L67 et L32A des deux cycles ont présenté des panicules violette.

La soie qui représente la cellule reproductrice femelle du maïs apparait au bout des épis des différentes lignées avec une couleur violette au cours du cycle 1 et 2.

La disposition des épillets de la panicule est l'orientation des épillets sur la panicule des lignées. Cette orientation des épillets a défini des panicules en forme dressées et horizontales au cours du cycle 1 et 2. La panicule est de forme dressée lorsque les épillets sont plus renfermés sur l'axe. Elle est de forme horizontale lorsque les épillets sont disposés de façon horizontale sur l'axe principale de la panicule.

Le remplissage des épis est l'occupation de toute la surface de la rafle par les grains de maïs. Le remplissage des différentes lignées étudiées est apprécié par une couverture totale de la rafle de l'épi par les grains de maïs. Les lignées du cycle 1 et 2 ont donc toutes présenté un bon remplissage de l'épi.

La couverture de l'épi est la distance entre le bout de la rafle et le sommet des spathes de l'épi. Les différentes lignées du cycle 1 et 2 ont enregistré des types de couvertures long-fermé, court-fermé et ouvert. La lignée 72A des deux cycles a le type de couverture ouvert. Les autres lignées ont une couverture d'épi soit long-fermé, soit court-fermé (tableau VII).

**Tableau VII :** Caractéristiques des variables qualitatives des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture

Lignées	Paramètres de Floraison				Paramètres végétatifs							
	C.Soisé		CPa		C.F		O.F		F.T		C.T	
	Cycle1	Cycle2	Cycle1	Cycle2	Cycle1	Cycle2	Cycle1	Cycle2	Cycle1	Cycle2	Cycle1	Cycle2
L1D0	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
L7 D200	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Re	Ret	Moy	Moy	Vert	Vert
L8 D200	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
L9 D200	Violet	Violet	Violet	Violet	Vert	Vert	Ret	Ret	Moy	Moy	Vert	Vert
L11 D200	Violet	Violet	Violet	Violet	Vert	Vert	Er	Eri	Rob	Rob	Vert	Vert
L23 D200	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
L86 D200	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Eri	Er	Rob	Rob	Vert	Vert
L87 D200	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
L88 D200	Violet	Violet	Vert	Vert	VertTj	Vert-Tj	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
L89 D200	Violet	Violet	Vert	Vert	VertTj	Vert-Tj	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
L91 D200	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
L92 D200	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
L93 D200	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
L95 D200	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Moy	Moy	Vert	Vert
L99 D200	Violet	Violet	Violet	Violet	Vert	Vert	Ret	Ret	Min	Min	Violet	Violet
L95AD200	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
L95BD200	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
L30 D300	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Moy	Moy	Vert	Vert
L32 D300	Violet	Violet	Violet	Violet	Vert	Vert	Ret	Ret	Moy	Moy	Vert	Vert
L36 D300	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
L41 D300	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Eri	Er	Moy	Moy	Vert	Vert
L46 D300	Violet	Violet	Violet	Violet	Vert	Vert	Ret	Ret	Moy	Moy	Vert	Vert
L47 D300	Violet	Violet	Violet	Violet	VertTj	Vert-Tj	Ret	Ret	Moy	Moy	Vert	Vert
L48 D300	Violet	Violet	Violet	Violet	Vert	Vert	Ret	Ret	Moy	Moy	Vert	Vert
L51 D300	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
L54 D300	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Moy	Moy	Vert	Vert

*Résultats et Discussion*

<b>L59</b> D300	Violet	Violet	Violet	Violet	VertTj	Vert-Tj	Er	Er	Moy	Moy	Vert	Vert
<b>L60</b> D300	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Er	Er	Rob	Rob	Vert	Vert
<b>L61</b> D300	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
<b>L63</b> D300	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Er	Er	Rob	Rob	Vert	Vert
<b>L67</b> D300	Violet	Violet	Violet	Violet	Vert	Vert	Ret	Ret	Moy	Moy	Vert	Vert
<b>L71</b> D300	Violet	Violet	Vert	Vert	VertTj	Vert-Tj	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
<b>L72</b> D300	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
<b>L74</b> D300	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
<b>L75</b> D300	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Moy	Moy	Vert	Vert
<b>L77</b> D300	Violet	Violet	Vert	Vert	VertTj	Vert-Tj	Er	Er	Moy	Moy	Vert	Vert
<b>L32A</b> D300	Violet	Violet	Violet	Violet	Vert	Vert	Ret	Ret	Rob	Rob	Vert	Vert
<b>L46A</b> D300	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Moy	Moy	Vert	Vert
<b>L54A</b> D300	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Moy	Moy	Vert	Vert
<b>L71A</b> D300	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Ret	Ret	Moy	Moy	Vert	Vert
<b>L72A</b> D300	Violet	Violet	Vert	Vert	Vert	Vert	Er	Er	Rob	Rob	Vert	Vert

*CSoie*  
:

*couleur de la soie ; CPa : couleur de la panicule ; CF : couleur de la feuille ; OF : orientation de la feuille ; FT : forme de la tige ; CT : Vert-Tj : vert tâcheté de jaune. Er : Erigée ; Ret : Retombante ; Rob : Robuste ; moy : Moyenne ; Min : Mince ;*



**Tableau VII** (suite et fin) : Caractéristiques des variables qualitatives des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture

Lignées	Paramètres végétatifs								Paramètres de production			
	OT		AR		DEPA		TV		REpi		C.Epi	
	Cycle1	Cycle2	Cycle1	Cycle2	Cycle1	Cycle2	Cycle1	Cycle2	Cycle1	Cycle2	Cycle1	Cycle2
L1D0	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Long-f	Long-f
L7 D200	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L8 D200	Ver	Ver	Moy	Moy	Dres	Dres	Abst	Abst	Bon	Bon	Long-f	Long-f
L9 D200	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Long-f	Long-f
L11 D200	Ver	Ver	Moy	Moy	Dres	Dres	Tige	Tg/Rac	Bon	Bon	Long-f	Long-f
L23 D200	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Long-f	Long-f
L86 D200	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L87 D200	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Long-f	Long-f
L88 D200	Ver	Ver	Moy	Moy	Dres	Dres	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L89 D200	Ver	Ver	Moy	Moy	Dres	Dres	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L91 D200	Ob	Ob	Imp	Imp	Horiz	Horiz	Rac	Tg/Rac	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L92 D200	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Rac	Abst	Bon	Bon	Long-f	Long-f
L93 D200	Ver	Ver	Imp	Imp	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L95 D200	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L99 D200	Tor	Ob	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Rac	Rac	Bon	Bon	Long-f	Long-f
L95A D200	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L95B D200	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L30 D300	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L32 D300	Ver	Ver	Moy	Moy	Hres	Dres	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L36 D300	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L41 D300	Ver	Ver	Moy	Moy	Dres	Dres	Tige	Abst	Bon	Bon	Long-f	Long-f
L46 D300	Ver	Ver	Moy	Moy	Dres	Dres	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L47 D300	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L48 D300	Ver	Ver	Moy	Moy	Dres	Dres	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L51 D300	Ver	Ver	Moy	Moy	Dres	Dres	Abst	Abst	Bon	Bon	Long-f	Long-f
L54 D300	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Long-f	Long-f
L59 D300	Ver	Ver	Imp	Imp	dres	Dres	Abst	Rac	Bon	Bon	Court-f	Court-f
L60 D300	Ver	Ver	Moy	Moy	Dres	Dres	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f

*Résultats et Discussion*

<b>L61</b> <sub>D300</sub>	Ver	Ver	Moy	Moy	Dres	Dres	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
<b>L63</b> <sub>D300</sub>	Ver	Ver	Moy	Moy	Dres	Dres	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
<b>L67</b> <sub>D300</sub>	Ver	Ver	Moy	Moy	Dres	Dres	Abst	Abst	Bon	Bon	Long-f	Long-f
<b>L71</b> <sub>D300</sub>	Ver	Ver	Imp	Imp	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Long-f	Long-f
<b>L72</b> <sub>D300</sub>	Ver	Ver	Imp	Imp	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
<b>L74</b> <sub>D300</sub>	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Long-f	Long-f
<b>L75</b> <sub>D300</sub>	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Long-f	Long-f
<b>L77</b> <sub>D300</sub>	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Tige	Abs	Bon	Bon	Court-f	Court-f
<b>L32A</b> <sub>D300</sub>	Ver	Ver	Imp	Imp	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
<b>L46A</b> <sub>D300</sub>	Ver	Ver	Moy	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Long-f	Long-f
<b>L54A</b> <sub>D300</sub>	Ver	Ver	Moy	Moy	Dress	Dres	Abst	Abst	Bon	Bon	Court-f	Court-f
<b>L71A</b> <sub>D300</sub>	Ver	Ver	Imp	Moy	Horiz	Horiz	Abst	Abst	Bon	Bon	Long-f	Long-f
<b>L72A</b> <sub>D300</sub>	Ver	Ver	Faible	Faible	dres	Dres	Abst	Abst	Bon	Bon	Ouvert	Ouvert

*OT* : orientation de la tige ; *AR* : aspect de la racine ; *DEPa* : disposition des épillets de la panicule ; *TV* : type de verse ; *REpi* : remplissage de l'épi ; *CEpi* : couverture de l'épi ; *Vert-Tj* : *Ver* : Verticale ; *Imp* : Important ; *Moy* : Moyenne ; *Horiz* : Horizontale ; *Dres* : Dressée ; *Abst* : Absent ; *Rac* : Racine ; *Tg/Rac* : Tige/Racine ; *Long-f* : Long-fermé ; *Court-f* : Court-fermé

## 2.2. Discussion

### Évaluation de la germination des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture

L'évaluation du pouvoir germinatif des quarante (40) lignées étudiées a présenté des différences significatives au cours des deux cycles de production. Les lignées ont eu un délai de germination variant de 5 jours (L59) à 7 jours (L47 et L48) et un taux de germination allant de 72 % (L71) à 100 % (L95B et L71A) pour le cycle 1 et un délai de germination de 4 jours (L11 et L93) à 7 jours (L92, L61 et L48) pour un taux de 50 % (L41) à 100 % (AL59, L11, L89 et L93) au niveau du second cycle.

Les différences dans l'expression du pouvoir germinatif des différentes lignées seraient dues à un effet génétique montrant la diversité génétique des lignées étudiées. Cet effet de variation génotypique a été observé dans les travaux d'Oluwaranti *et al.* (2020) sur l'évaluation de la qualité physiologique des semences et la performance agronomique du maïs. Pour eux, la germination des semences dans les conditions de terrain est fonction des performances génétiques. Colombo *et al.* (2023), ont aussi affirmé que la différence de germination des semences est dépendante du génotype. L'expression génotypique pourrait être modifiée par l'irradiation aux rayonnements des semences. Ainsi donc, la différence observée au cours de la germination pourrait être attribuée par les différentes doses d'irradiation appliquées. Nos résultats relèvent cet état des faits. En effet, les lignées issues des doses 300 grays ont enregistré en majorité les délais de germination les plus longs que celles issues des doses 200 grays. L'étude menée par Amri-Tiliouine (2020) sur l'induction de la variabilité génétique par radio-mutagenèse (rayons gamma allant de 150 à 400 grays) chez le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) et l'évaluation agronomique a montré que le pouvoir germinatif diminue avec l'augmentation de la concentration du mutagène jusqu'à une dose létale. Un effet similaire a été observé chez le génotype Kabuli de pois chiche exposé à des doses d'irradiation gamma plus proche de 300 grays. Cependant, aucune différence de germination n'a été observée avec les faibles doses allant de 10 à 110 grays (Qureshi *et al.*, 2014). Par contre, selon Majeed *et al.* (2016), des doses de rayonnement gamma faibles entraînent souvent une amélioration de la germination de *Pisum sativum* et *Triticum aestivum*. Pour Brahmi *et al.* (2014) et Mullainathan (2015), la germination diminue avec l'augmentation des doses d'irradiation gamma.

Par ailleurs, la différence de germination pourrait être attribuée aussi aux conditions climatiques de la période des cultures. Ainsi, les fortes températures et les longues durées d'ensoleillement ainsi que les faibles précipitations seraient responsables du comportement germinatif des lignées. Des résultats de

la variation du délai de germination en période de faibles précipitations ont été rapportés par Goalbaye (2014) sur des variétés locales de maïs. Selon cet auteur, la précocité de germination et la phase végétative d'une graine est régulée à la fois par la synergie des caractères génétiques avec l'hétérogénéité des facteurs environnementaux. Pour Khaeim *et al.* (2022), les études réalisées sur l'impact de la température et de l'eau sur la germination des graines et la croissance des semis de maïs, a montré que la température a affecté de manière significative la durée de la germination et la croissance des semis en modifiant la phénologie des grains. Aussi, Meng *et al.* (2022), ont présenté des variations de durée et du taux de germination des grains de maïs dans l'étude de l'impact des basses températures sur la croissance des semis à température normale. Pour eux, la fluctuation de la température retarderait la germination de certaines semences. En plus, Xiaofei *et al.* (2021) ont affirmé dans leur étude sur le réseau de régulation derrière la germination des graines de maïs que la germination est influencée par des facteurs exogènes (température et eau). Ces auteurs soutiennent que les degrés de variation de ces facteurs entraînent des lacunes au sein des graines en modifiant ainsi les délais et les taux de germination des graines. Ensuite, Heloisa *et al.* (2018) ont mis en évidence l'effet de la température du sol sur l'émergence des graines de maïs. Ils ont évalué les valeurs de température idéales pour la germination dans chaque grain utilisé. Pour eux, le pourcentage de germination, le nombre de premières germinations, l'émergence des semis et la vitesse d'émergence sont influencés par la température. Enfin, la fluctuation du délai et du taux de germination pourrait résulter de la teneur en eau de la graine. Selon l'étude menée par Rakotoarimalala (2015) sur la caractérisation morphologique et physiologique des variétés d'arachide pour la tolérance à la sécheresse, il a obtenu différents délais et taux de germination à travers la variation en eau des graines d'arachide.

### **Caractérisation des variables de croissance des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture**

La variabilité structurale des plantes au sein des cultures peut être exploitée pour mettre au point des stratégies d'échantillonnage de plante pour estimer la production (Sarron, 2019). C'est pourquoi la variabilité des caractères de croissance des quarante (40) nouvelles lignées de maïs a été analysée. Les résultats obtenus ont montré un effet significatif conduisant à une distribution différente des variables. Ainsi, les lignées diffèrent entre elles par les variables telles que le diamètre de la plante, la hauteur de la plante, la hauteur d'insertion de l'épi, l'indice d'insertion de l'épi, le nombre de feuilles, la surface foliaire, la longueur de la panicule et le nombre d'épillettes au cours des deux cycles de culture. Les résultats obtenus présentent d'une part des variables avec de petits nombres, de faibles valeurs et de

petites tailles et formes et d'autre part des variables avec de grands nombres, de grandes valeurs, de grandes tailles et robustes par rapport au témoin. Ces différentes variations ont permis de mettre en évidence une hétéro-diversité des lignées étudiées.

Ces différentes diversités morphologiques seraient liées à la variabilité des ressources génétiques de chaque lignée due à la capacité de s'adapter à l'environnement de culture. L'évaluation de la performance agronomique des cultivars de maïs dans un environnement semi-aride a montré que les caractères agro-morphologiques évalués ont différencié significativement. Ceci montre la diversité génotypique de ces cultivars de maïs (Mtyobile, 2021). Aussi, dans une étude montrant la variation de la hauteur et du diamètre de la tige sous le stress de la sécheresse à différents stades de croissance chez le maïs, Sabrie *et al.* (2014) ont montré que ces diversités morphologiques étaient dues à l'étendue de la variabilité génétique dans les génotypes du maïs. Pour Mabire (2019), les travaux menés sur l'adaptation chez le maïs ont affirmé que la diversité morphologique des lignées provient des variations structurales et des performances des hybrides chez le maïs. Aussi, la variation de la croissance des plants de maïs est fonction de l'héritabilité et des relations dans les environnements agronomiques. Cette diversité de croissance réside dans l'interaction entre le large éventail de germoplasmes possibles qui contribuent à la modification des plantes face aux multiples conditions environnementales potentielles dans lesquelles elles s'expriment (Tucker, 2020).

L'aspect génotypique a été souligné chez d'autres espèces. Ainsi, les travaux de Fondio *et al.* (2013) et de Coulibaly *et al.* (2019) sur des variétés de tomate ont lié la différence de croissance variétale au génotype et à l'environnement dans lequel elles ont été testées.

La réponse diversifiée des lignées dans leur croissance pourrait être attribuée aux différentes conditions de cultures et plus précisément aux variables climatiques qui sont la température, la pluviométrie, le taux d'humidité et la durée de l'ensoleillement. En effet, au cours de ces travaux, l'on a noté une fluctuation mensuelle de ces composantes climatiques. D'autres travaux ont affirmé l'implication de ces variables dans la discrimination des variétés (Promchote *et al.*, 2022 ; Sharma *et al.*, 2022 ; Walne *et al.*, 2022). Holzkämper & Fuhrer (2015), ont présenté dans leurs travaux la répercussion du changement climatique sur la culture du maïs. Selon eux, les aptitudes climatiques ont modifié les variables de croissance des variétés de maïs cultivées dans les zones à différentes conditions de température. Le climat étant sujet à de fortes variabilités des températures, les conséquences restent néfastes pour la croissance du maïs. Cette situation qui compromet la disponibilité de ressource en eau, perturbe fortement l'activité agricole et affecte les aspects phénologiques des cultures en modifiant la

morphologie des lignées et variétés (Djohy *et al.*, 2015). Les résultats des travaux de Traoré (2016) sur l'analyse de l'adaptation de la culture du maïs en saison sèche et froide ont révélé des retards de croissance, des croissances normales et des accélérations de croissance des cultures de maïs. Selon lui, ces divergences de croissance dépendent de la capacité de chaque variété à s'adapter aux variations de températures des conditions du milieu. Cette diversité au sein des lignées de maïs est aussi marquée par les phénomènes de précipitations. Siéné *et al.* (2020) ont affirmé que la culture du maïs est potentiellement dépendante du climat qui est de plus en plus soumis à des variations et à des baisses de la pluviométrie. Leur étude sur l'analyse de l'influence de la pluviométrie sur les paramètres de croissance des variétés de maïs a présenté divers types de variétés à croissance retardée. En effet, la variation des précipitations modifie l'activité des racines qui influence la croissance des plantes de maïs. Pour Dahal *et al.* (2021), les conditions de précipitations et d'humidité satisfaisantes ont conduit à des croissances remarquables des hybrides de maïs. Ils soutiennent que les conditions météorologiques adéquates favorisent une bonne croissance des variétés de maïs. Admasu *et al.* (2017) ont étudié l'effet de l'humidité sur quatre stades de croissance de variétés hybrides de maïs.

Les résultats obtenus ont indiqué qu'il y avait une variation significative entre les traitements pour la biomasse, la hauteur et le diamètre des plantes. Cette variation était due à l'efficacité de l'utilisation de l'eau par les plantes de maïs. Peichl *et al.* (2018) ont soutenu que les anomalies de l'humidité du sol impactaient la croissance des variétés de maïs. En effet, l'humidité du sol et de l'air sont fonction des caractères saisonniers dont leurs variations influencent remarquablement la croissance des plantes (Affoh *et al.*, 2023). La variation de la croissance des différentes lignées étudiées pourrait aussi être provoquée par la durée d'ensoleillement. Song & Jin (2020) ont exploré les effets de la diminution des heures d'ensoleillement sur les processus de croissance du maïs. Il a été constaté que la baisse de la durée d'ensoleillement réduisait la croissance du maïs par rapport aux durées d'insolations plus longues. Gao *et al.* (2017) ont enregistré une variation de croissance chez des variétés de maïs dans une étude sur l'accumulation et la distribution de la photosynthèse dans la plante de maïs soumis à un stress d'ombrage. Pour eux, la variation de la durée de la lumière modifie l'activité du système photosynthétique des plantes et conduit à l'obtention de différentes hauteurs, surfaces foliaires, nombres de feuilles et diamètres.

Cette variabilité entre les lignées de maïs pourrait encore être tributaire des doses d'irradiations dont émanent les lignées. En moyenne, les lignées issues des doses 200 grays (161,17 cm toutes lignées confondues) croissent plus que celles issues des doses 300 grays (149,66 cm toutes lignées confondues). Nos résultats sont similaires à ceux de Yadav *et al.* (2019) qui ont évalué l'impact de l'irradiation gamma

sur la croissance du maïs. Ils ont noté que les doses plus faibles ont enregistré une croissance améliorée par rapport aux doses plus élevées. En outre, une étude sur les caractéristiques agro-morphologiques de trois (03) variétés de maïs ayant subi une irradiation aux rayons gamma a été réalisée. Les résultats ont révélé que les doses 100 et 200 grays ont présenté les meilleures caractéristiques végétatives par rapport aux doses 300 (Konan *et al.*, 2021). Pour Yapo *et al.* (2020) certaines doses de rayonnement gamma ont un effet dépressif sur la performance agronomique des plantes de maïs. Ce qui engendre les changements de forme de la surface photosynthétique, du nombre de feuilles et d'envergure de la plante. Sur les plants de tomate, Djibo & Léi (2014) ont montré que les plantes ayant reçu de fortes doses d'irradiation gamma enregistrent une faible croissance par rapport à celles ayant reçu des moyennes doses, montrant ainsi une diversité de croissance au niveau des plantes de tomate. Pour Iwahamire (2018), les mutations induites au niveau des plantes sont responsables de la variation de la croissance des plantes. Les travaux de Amri-Tiliouine (2020) sur le pois chiche ont montré que la hauteur des plantules de deux cultivars de pois chiche irradiés aux rayonnements gamma à une dose de 150 grays était supérieure à celle du témoin. Mais à une dose d'irradiation supérieur à 200 grays, la hauteur moyenne des plantules diminue progressivement avec l'augmentation de la dose. Cependant, ce résultat ne concorde pas avec celui obtenu par Khan *et al.* (2005) qui rapportent que la hauteur de la plante diminue de façon non significative avec l'irradiation gamma de 100 à 1100 Grays.

Les résultats relatifs à la synthèse des feuilles et l'expression de leur surface foliaire ont révélé également une diversité de valeur entre les lignées. Cette diversité s'expliquerait aussi par l'induction des rayonnements ionisants responsables du criblage des lignées. Ainsi, les lignées étudiées ont présenté des comportements agro-morphologiques différents. Ces résultats sont en rapport avec une étude sur les grains de maïs irradiés à des doses d'irradiation gamma (15 et 30 grays). Ces rayonnements ont induit une amélioration significative de la croissance de feuilles et de hauteurs, due à une favorable activité photosynthétique. Mai, l'effet d'amélioration le plus important a été observé avec le traitement 15 grays (Noha & Iman, 2016). Aussi, d'autres formes d'irradiations induites chez le maïs ont présenté des variétés ayant de meilleures croissances avec des doses réduites (Hasan *et al.*, 2020). Ils ont évalué les caractéristiques de croissance des graines de maïs exposées au laser. Les rayonnements pendant 85 secondes ont montré des améliorations significatives en termes de surface foliaire, longueur des plantules et nombre de feuilles contrairement au laser de 105 secondes.

Cette variabilité dans la croissance des lignées serait aussi liée aux caractères physiologiques et biochimiques. Selon El-Ezz & Hafez (2019), l'accumulation de la proline et d'autres molécules

métaboliques dans les plantes modifient l'expression des gènes responsables des réponses chez les plantes en croissance. Pour eux, la production accrue de proline en fonction des lignées permet de modifier la dynamique de croissance des plantes. La variation de la taille et de la forme des lignées s'expliquerait aussi par l'expression des protéines intervenant dans la croissance des plantes cultivées. Leur accumulation dans les cultivars modifierait la croissance de chaque plante (Raisan *et al.*, 2019 ; Ibrahim *et al.*, 2022). Les protéines jouent des rôles physiologiques importants tels que structurels et enzymatiques au niveau des cellules et il n'est pas possible pour les cellules de continuer à croître à long terme sans les protéines (Raza *et al.*, 2023). Tout facteur qui inhibe la synthèse des protéines bloque également la duplication de l'ADN, ce qui entraîne un échec de la croissance cellulaire. Ce mécanisme explique la différence de forme et de taille des lignées (Adamczyk *et al.*, 2010 ; Pandey *et al.*, 2015). Le nombre d'épillets de la panicule (épillets) a fortement varié entre les lignées avec des écarts significatifs au sein des deux cycles. Cette variation du nombre d'épillets pourrait être liée à l'interaction génotype et environnement. Selon Siéné *et al.* (2020), le manque d'eau lors des cultures est un facteur limitant dans l'élaboration de certains organes. Ce fait est fonction des variétés. Pour Moussa *et al.* (2020), la capacité à synthétiser les épillets et les feuilles est sous le contrôle des facteurs environnementaux tels que la lumière et la température. Ces facteurs pourraient être responsables de la variation du nombre de feuilles et d'épillets. Aussi, Barro (2010) a estimé que la diversité agro-morphologique et génétique de variétés est fonction de la durée du cycle de la plante. Cette durée est responsable de la variabilité de la longueur des plantes, la longueur des panicules, le nombre, la largeur et la longueur des feuilles.

### **Caractérisation des paramètres de floraison des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture**

La description des caractères déterminant le cycle et la précocité des lignées de maïs a laissé observer d'importants écarts entre les différentes lignées étudiées. Ces descripteurs de la précocité du maïs ont concerné le délai d'apparition de l'épi, de la panicule, du pollen, de la soie, de l'intervalle de jours entre l'apparition de la panicule et de l'épi et de l'intervalle de jours entre l'apparition du pollen et de la soie. Ainsi, des effets significatifs entre les lignées ont été enregistrés pour ces variables de floraison.

Les délais d'apparition des épis ont varié de 49 à 60 jours et de 51 à 62 jours respectivement pour le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> cycle de culture. Les délais d'apparition de la panicule ont oscillé entre 48 et 62 jours pour le 1<sup>er</sup> cycle et entre 50 et 63 jours pour le 2<sup>ème</sup> cycle. De même, les délais d'apparition du pollen du cycle 1 au cycle 2 ont varié respectivement entre 50 et 63 jours et entre 58 et 66 jours. Enfin, les délais d'apparition de la soie ont varié de 55 à 67 jours (cycle 1) et de 58 à 66 jours (cycle 2). Les différents



délais ont été plus longs pour le cycle 2 par rapport au cycle 1. Ce constat a permis de classer les lignées étudiées en cinq cycles florale dont précoce, semi-précoce, semi-tardive, tardive et très tardive par rapport au témoin. Ce qui témoigne de la diversité des lignées étudiées.

Ces variations du cycle floral des plants seraient liées aux caractères génétiques de chaque lignée. Dans une étude de l'effet génétique sur les caractéristiques de la floraison chez le maïs pour une utilisation potentielle dans les futures sélections, Kahriman *et al.* (2015) ont constaté une variation considérable des caractères de floraison évalués entre les familles et leurs générations. Selon eux, les types d'action des gènes, les valeurs d'héritabilité étroites, le nombre de gènes effectifs et le gain génétique étaient responsables des multiples variations florales. Pour Dooner *et al.* (2019), la variabilité florale du maïs repose sur la mutation spontanée des gènes. Ces mutations sont fréquentes dans certaines lignées et proviennent principalement de rétro-transpositions. Les rétrotransposons spécifiques sont mobiles chez certaines lignées de maïs, mais pas dans d'autres. Ce qui serait à l'origine des différentes dates d'apparition de pollen, d'épi et de la soie chez les lignées. Du *et al.* (2021) ont disséqué les bases génétiques de la durée de floraison à l'aide de deux populations haploïdes doublées chez le maïs. Ces auteurs admettaient que la variation des dates d'apparition des caractères de floraison était liée à la souche génétique de chaque lignée. En effet, les variations dans les apparitions florales, tant entre espèces qu'au sein d'une même espèce, sont façonnées par les interactions mutualistes entre les plantes et leurs bases génétiques (Todesco *et al.*, 2022). Cette diversité des écarts de floraison c'est aussi observé chez d'autres espèces. Les travaux de Coulibaly *et al.* (2019) sur l'architecture des gènes et la sexualité des fleurs de la tomate ont également montré les écarts de floraison exprimés sous l'expression génotypique. Selon cet auteur, cette expression du génome est responsable de la diversité des cycles semis-floraison des plantes. Pour Deffan *et al.* (2015), la variabilité de l'initiation à l'inflorescence est à l'origine du changement des cycles semis-floraison des variétés cultivées.

Les écarts de floraison obtenus entre les lignées pourraient encore être attribués aux facteurs agroécologiques (température, pluviométrie et insolation). Les changements environnementaux mondiaux, qui se traduisent par des épisodes de vagues de chaleur plus extrêmes, constituent des menaces majeures pour les stades de floraison et la productivité agricole (Ahmed *et al.*, 2022 ; Shao *et al.*, 2021). La culture du maïs a besoin d'une température optimale pour une meilleure productivité de la récolte. Une température extrême au stade épiaison et floraison pendant une durée prolongée peut avoir un effet négatif sur les processus d'apparition florale. Ce qui pourrait être à l'origine des écarts de floraison des lignées. Les températures extrêmes (hautes et basses) sur les processus de croissance ralentissent ou

accélèrent l'apparition des organes reproducteurs selon les types de variété (Waqas *et al.*, 2021). Des travaux menés par Wang *et al.* (2022) sur l'impact du stress thermique autour de la floraison, la dynamique de croissance et celle du développement du maïs ont présenté des écarts de floraison d'épi, de soie et de pollen. Cette expérience en plein champ a mis en évidence les régimes de température avec des effets qui nuisent à l'apparition florale et à leur développement. Bheemanahalli *et al.* (2022) ont aussi accordé une grande attention aux réponses des plantes de maïs à la chaleur et à la sécheresse. Cette étude visait à quantifier l'impact des températures diurnes optimales (30 °C, contrôle) et des températures diurnes plus chaudes (35 °C, stress thermique) sur les organes de floraison des génotypes de maïs. Les stress combinés de sécheresse et de chaleur ont entraîné une diversité significative des délais d'apparition des organes de floraison (Yebei *et al.*, 2021). L'intensité de la durée de l'ensoleillement est aussi l'un des facteurs les plus importants pour la production de maïs. Ce qui permet au maïs de tirer parti de l'intensité lumineuse plus élevée. Au cours de la saison de croissance, le maïs est toutefois souvent confronté à de faibles intensités lumineuses qui limitent sa capacité de croissance et de floraison (Ye Yu-xiu *et al.*, 2020). Song & Jin (2020) ont évalué la réponse de différents génotypes de maïs à l'ombrage à différents stades de croissance. L'accumulation de matière sèche a été réduite et le stade de croissance a été retardé pour tous les traitements d'ombrage, en particulier au stade de floraison. Il y avait des différences entre les génotypes dans les réponses au stress lumineux. L'ampleur des écarts de floraison était liée à la capacité de chaque variété à gérer les stades d'ombrages et les durées d'ensoleillement (Magalhães *et al.*, 2020). Yang *et al.* (2019) dans leurs travaux sur l'amélioration du rendement en grains du maïs par l'adaptation de la croissance du maïs au rayonnement solaire, ont fait savoir que l'adéquation entre les apparitions florales du maïs et le rayonnement solaire est d'une grande importance pour obtenir un rendement élevé. Les intensités de rayonnement solaire pourraient contribuer à la variation de la floraison des lignées (c'est l'effet de la photopériode sur l'induction florale chez les variétés photopériodiques).

Le phénomène de la température peut se manifester dans certains cas par les élévations et les baisses de précipitations. Atiah *et al.* (2021) ont analysé la vulnérabilité de la floraison du maïs à la variabilité minimale et maximale aux précipitations et à l'humidité du sol. En outre, l'impact de conditions pluviométriques inférieures et supérieures à la normale sur les variétés de maïs est à l'origine des écarts de floraison. Le manque d'eau est souvent le principal obstacle au développement floral dans les zones arides et semi-arides (Admasu *et al.*, 2017). Sur la base des besoins réels de chaque variété, l'efficacité de l'utilisation de l'eau peut améliorer ou nuire au stade de floraison de la variété (Klimešová *et al.*, 2021).

Nos résultats sont conformes à ceux de Moussa *et al.* (2018) sur la performance agro-morphologique des variétés locales et améliorées de maïs. Pour eux, l'intervalle requis entre la floraison mâle et la floraison femelle est de 3 à 9 jours et est très dépendant de la température du sol et de l'humidité relative. Ensuite les cycles précoces, intermédiaires et tardives pourrait s'expliquer par l'existence d'une relation étroite entre la longueur du cycle et la disponibilité en eau. Pour N'da *et al.* (2014), l'expérience réalisée sur l'évaluation de la diversité agro-morphologique des accessions de maïs (*Zea mays* L.) collectées en Côte d'Ivoire, a présenté dans ses résultats que la plus précoce a commencé sa floraison mâle à partir de 53 jours après semis et la plus tardive à 99 jours. Pour eux, cette variabilité dépend de la disponibilité en eau et de la teneur en eau de chaque plante. Le déficit de teneur en eau de la plante peut influencer le cycle semis-floraison.

Les variations des cycles semis-floraison entre les lignées peuvent aussi provenir de l'effet des doses d'irradiation gamma. Arifin *et al.* (2017), ont obtenu des plantes uniques de maïs violet avec des caractéristiques florales spécifiques à chaque génotype après irradiation gamma du pollen de quarante génotypes de maïs à différentes doses (25, 50 et 100 grays). Des travaux menés pour étudier l'effet des rayons gamma sur la croissance, la morphologie et les propriétés phénotypiques des semis de maïs ont exposé les semences de maïs à des rayons gamma pendant 24, 48 et 72 heures. Les résultats ont montré que le rayonnement a influencé de manière significative les caractéristiques de croissance telles que le délai d'apparition des panicules, de pollen, d'épi, de soie, le nombre d'épis, le poids de l'épi et le nombre de graines (Mohsen *et al.*, 2016).

### **Caractérisation des paramètres de production des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture**

L'analyse de la diversité des variables de production des lignées de maïs étudiées, révèle des écarts importants entre les caractères analysés. Ce qui témoigne d'une forte hétérogénéité agro-morphologique des épis entre les cultivars. Cette variabilité des caractéristiques des épis des lignées a concerné le diamètre de l'épi, la longueur de l'épi, le nombre moyen de grain par épi, le nombre de rangé de grains par épi, le poids moyen de grain par épi, le poids de 1000 grains, le poids de l'épi et le rendement. Ces différentes variables de production des lignées ont présenté pour certaines de faibles valeurs, des valeurs moyennes et pour d'autres des valeurs élevées.

La diversité entre les variables de production des lignées pourrait résulter de la diversité génétique de chacune des lignées. En effet, l'augmentation de la production et de la capacité de productivité des lignées de maïs est sous le contrôle de l'efficacité génétique. Ces résultats sont en accord avec ceux de

Bishnu & Kumar (2020), qui ont testé la performance de productivité de dix hybrides de maïs pendant la saison d'hiver de deux années. Ils ont obtenu plusieurs tonnages de production des hybrides. Mais en comparant les deux années, les hybrides (P3396 et Shresta) surpassent systématiquement les autres hybrides en termes de diamètre de l'épi, longueur de l'épi et rendement en grains. Ce qui met en évidence les différences obtenues entre les lignées étudiées. Ensuite, Abduselam *et al.* (2017) ont testé l'adaptabilité génétique des variétés de maïs locales et des variétés hybrides pour identifier et sélectionner la ou les meilleures variétés à haut rendement pour des zones cibles. La variété de maïs hybride Argane a donné le plus haut rendement en grain et une bonne qualité d'épi que les autres variétés testées. De plus, des différences entre les variables de production ont été observées dans les travaux de Kusa *et al.* (2022). Leur expérience a été menée pour sélectionner et recommander des variétés de maïs adaptables, à haut rendement et à maturation précoce. Les résultats ont enregistré deux variétés de maïs (Melkassa 07 et 03) précoces avec des épis de qualité et un rendement plus élevé. Aussi, Moosavi *et al.* (2018) ont fait une analyse génétique des composantes du rendement et des caractères phénologiques du maïs dans des conditions de stress environnementaux. Ils ont obtenu des hybrides de maïs améliorés et tolérants à la sécheresse. Ces hybrides avaient la capacité de réduire considérablement la consommation d'eau et d'augmenter le rendement dans les environnements arides. Ces performances résidaient dans l'héritage du rendement des variétés hybrides (Buso *et al.*, 2019). Dans une étude de comparaison de productivité des variétés de maïs, les hybrides à trois voies ont présenté les meilleures variables de production et de rendement grâce à leur performance génétique (Cyplik *et al.*, 2022 ; Makore *et al.*, 2022). Les différences de production ont été aussi observées chez d'autres espèces. Selon l'étude menée par Barro (2010) sur la diversité agro-morphologique et génétique de variétés locales de sorgho, la variation de la durée du cycle des variétés de sorgho enregistrée dans les résultats est à l'origine de la variabilité du poids des grains, du poids de 1000 grains et du rendement.

La température étant indispensable dans les réactions chimiques, elle affecte de nombreux processus physiologiques et biochimiques dans le fruit tels que la croissance, le mûrissement, le nombre de grains, la forme des épis et le poids des grains (Li *et al.*, 2022).

La température élevée pendant la phase de reproduction est l'une des principales contraintes qui affecte négativement le remplissage et la formation des graines chez le maïs (Qi *et al.*, 2022 ; Zhang *et al.*, 2022). Cela explique le type de remplissage, la forme des grains, le nombre de grains et le poids des épis des lignées étudiées. Iqbal *et al.* (2020) ont évalué le potentiel de stress thermique sur le rendement des variétés de maïs. Les résultats ont révélé qu'une température plus élevée à maturité entraînait une fuite

au niveau des membranes, une réduction des pigments photosynthétiques et du taux d'assimilation nette. Ce qui conduisait finalement à une diminution du nombre de grains des épis et une perte de rendement de certaines lignées. Qi *et al.* (2022) ont mené une expérience de terrain pour évaluer les effets combinés de trois facteurs de stress (température élevée, sécheresse et durée du stress) pendant la phase de remplissage sur la période phénologique, le taux de remplissage des grains, les composantes du rendement et le rendement. Les résultats ont indiqué une réduction et une variabilité des caractères de rendement sous des facteurs de stress élevés. Selon Cudjoe *et al.* (2021), l'examen des effets des changements climatiques sur la production du maïs montre que le rendement peut augmenter ou diminuer en fonction des stades d'évolution de la température. Pour Maitah *et al.* (2021), les études de l'influence de la température sur la production de maïs ont relevé que plus les températures sont élevées plus le rendement est en baisse. Pour ces auteurs, les différentes variations des composantes du rendement sont fonction des capacités de chaque variété à croître dans l'environnement de culture. L'augmentation de la température peut raccourcir ou allonger la durée de maturité des épis. Cela entraîne les divers types de remplissage d'épi, poids d'épi, nombre de rangée de l'épi, diamètre d'épi et longueur des épis (Luhunga, 2017 ; Batho *et al.*, 2019).

La durée de la lumière solaire pourrait contribuer à la variabilité entre des composantes du rendement, au développement et à la maturation des épis en améliorant ou en détériorant la qualité et la quantité des grains. Koimbori *et al.* (2022) ont montré que la diminution de la lumière de l'ensoleillement réduisait le rendement et les longues durées d'insolations rendaient les grains récoltés à maturité plus fermes que ceux à l'ombre. L'utilisation de la durée d'insolation pour le remplissage des grains est fonction de chaque lignée. Cette capacité de capter la lumière solaire va contribuer à l'obtention de différentes longueurs, diamètres et nombre de grains des épis (Song & Jin, 2020). De plus nos résultats pourraient s'expliquer par la quantité d'assimilates disponibles. En effet, le volume et la masse des épis augmentent avec la quantité d'assimilates disponibles (Ngao *et al.*, 2021). Par conséquent, la masse de l'épi et les composantes du rendement dépendent de la disponibilité en carbone et du fonctionnement photosynthétique des feuilles exposées à la lumière solaire (Sun *et al.*, 2021 ; Wen *et al.*, 2021). L'utilisation et la répartition inégale du rayonnement solaire est l'une des principales raisons des variations de l'écart de rendement entre les différentes variétés. Les résultats des expériences de Yang *et al.* (2021) ont montré que la variation du rayonnement solaire entraînait une variation des composantes du rendement des cultivars.

Cette variabilité des paramètres de production pourrait en plus s'expliquer par la teneur en eau des plantes de chaque lignée. Les résultats des travaux de N'da *et al.* (2014) sur la capacité d'utilisation de l'eau par les cultivars de maïs ont montré différents nombres de grains par rangée et différents poids de cent grains. En effet, une teneur en eau faible des plantes réduit ou modifie le remplissage des épis, le nombre de grains et de rangées, le poids des épis et le poids des grains (Oroka, 2016). La teneur en eau des lignées serait responsable de la diversité des paramètres de production. Les expériences réalisées par Adikuru *et al.* (2020) sur l'adaptation à l'arrivée tardive des pluies pour la production de maïs dans un environnement tropical humide, ont montré une réduction du rendement de certains cultivars et l'obtention de différences entre les composantes du rendement. Klimešová *et al.* (2021) ont évalué la relation entre la transpiration du maïs et le rendement pour déterminer l'efficacité de l'utilisation de l'eau par les cultivars. Le rendement diminue avec la baisse des précipitations et la réduction de la disponibilité de l'eau du sol. Les résultats ont mis en évidence des poids d'épi, des remplissages de l'épi, le nombre de grains par épis qui diffèrent d'une lignée à l'autre. Pour Huang (2015), ses travaux sur l'influence des précipitations sur le rendement du maïs révèlent que la variation du régime de précipitation menace les composantes du rendement.

Les différences observées entre les variables de rendement de nos résultats pourraient être l'effet des doses d'irradiation. Parmi les céréales, l'irradiation gamma est connue pour améliorer le rendement des cultures du maïs. Yadav *et al.* (2019) ont évalué l'effet induit par l'irradiation gamma sur le rendement du maïs. Le poids de l'épi, le poids de 100 grains et les autres composantes du rendement ont réagi positivement aux faibles doses d'irradiation contrairement aux fortes doses.

### **Caractérisation des paramètres qualitatifs des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture**

L'analyse des caractères qualitatifs des différentes lignées étudiées a concerné la couleur de la soie, la couleur de la panicule, la couleur des feuilles, l'orientation des feuilles, la forme de la tige, la couleur de la tige, l'orientation de la tige, l'aspect de la racine, la disposition des épillets de la panicule, la verse, le remplissage de l'épi et la couverture de l'épi. Les lignées de maïs ont présenté toutes les mêmes couleurs violettes de la soie au cours des deux cycles de culture. La couleur des panicules est en majorité verte à l'exception de quelques lignées (L9, L11, L99, L46, L47, L48, L59, L67 et L32A) qui présentent des panicules violettes. La couleur des feuilles est verte, mais certaines lignées (L88, L89, L47, L59, L71 et L77) ont des feuilles tachetées de jaune, gris ou violet. Les feuilles sont en grande partie retombante, excepté les lignées L11, L86, L41, L60, L63, L77 et L72A qui ont une orientation érigée. Les tiges de maïs sont soit de forme robuste, moyenne ou mince (L99). Les tiges présentent une couleur

verte, sauf la lignée L99 avec une tige violette. L'orientation des tiges dans leur croissance est soit verticale ou oblique par le bas. Les lignées L91 et L99 possèdent des tiges obliques. L'expression des racines est soit faible, moyen important ou important. Les épillets des panicules sont disposés de façon dressée ou horizontale. La verse racinaire ou caulinaire concerne les lignées L11, L41, L77, L91, L92, L99 et L59. Tous les épis ont un bon remplissage. La couverture des épis s'est présentée en trois descripteurs bonne (long-fermé), faible (court-fermé) et très faible (ouvert)

Ces changements dans les caractères qualitatifs des lignées peuvent être dus à l'effet de la modification de l'information génétique suite à l'irradiation gamma dont résultent les lignées. Cela est en accord avec les travaux de Delia *et al.* (2013) qui affirment que l'effet de l'irradiation gamma agit sur les gènes en modifiant certains pigments résultants de la diversité des couleurs, des formes et aspects des organes. Pour Yang *et al.* (2022), les travaux réalisés sur la variation de la coloration des feuilles ont révélé que la biosynthèse des anthocyanes est associée à la variation naturelle de la coloration des feuilles. Ces auteurs ont constaté que l'augmentation de presque tous les gènes codant pour les enzymes impliquées dans la synthèse des anthocyanes dans les variantes des couleurs des feuilles étaient responsables de la variation de la coloration des feuilles. Selon Hodge *et al.* (2009), l'étude menée sur l'architecture et le fonctionnement de la structure des racines dans le sol affirment que le degré de couverture des épis et la structure des racines sont typiquement sous le contrôle du génome. Les différents aspects de la racine observés au niveau des lignées peuvent être aussi causés soit par le type d'engrais ou le mode de nutrition. En effet, grâce à l'expression génétique de leur système racinaire, les plantes ont la capacité de s'adapter à leur environnement afin de mieux exploiter les ressources en eau et en sels minéraux disponibles pour la plante (Postam *et al.* 2017 ; Le Cadre *et al.*, 2018 ; Tahri, 2018 ; Bahlali, 2020).

La variation ou la modification des variables qualitatives des lignées pourraient être sous le contrôle de la température, la pluviométrie et la durée d'ensoleillement considérées comme les premiers déclencheurs du comportement alternant des plantes. Pour Chentoufi *et al.* (2014), l'étude menée sur la diversité agro-morphologique et la gestion variétale du maïs, certains facteurs extérieurs, comme la disponibilité en eau et la température ont un impact direct sur le métabolisme et les caractéristiques du génome, d'où la diversité des couleurs, des formes et des aspects. Menzel & Le Lagadec (2017) ont indiqué que l'environnement impactait fortement la structure et l'aspect des plantes et était l'un des facteurs explicatifs de la variabilité. Pour Traoré *et al.* (2019) sur la collecte, le tri et la caractérisation des accessions de maïs (*Zea mays* L.) de décrue cultivée au niveau de la haute et moyenne vallée du

fleuve Sénégal, la combinaison de trois caractères descripteurs (couleur de la graine, texture des grains et la couleur de la rafle) a permis de regrouper plusieurs accessions en morphotypes.

### **2.3. Conclusion partielle**

La caractérisation des variables de germination, croissance, floraison et de production des lignées a conduit à l'obtention de différents groupes de lignées au sein de chaque variable. Ainsi, malgré les deux différentes années de culture, certaines lignées ont conservé les mêmes caractéristiques pour certaines variables au cours des deux cycles de culture et d'autres lignées ont présenté des caractères distincts des variables. Quant aux variables qualitatives, les deux cycles de culture ont présenté quasiment les mêmes caractères sauf quelques variations enregistrées chez certaines lignées.

Les variables de germination, des deux cycles de culture ont enregistré les mêmes lignées L59<sub>D300</sub> avec un délai de 5 jours et L48<sub>D300</sub> faisant un délai de 7 jours. Les plus grands taux de germination ont été observés chez les lignées à dose 200 grays et certaines lignées à dose 300 grays. Les plus bas taux ont été enregistrés uniquement chez les doses 300 grays. Concernant les variables de croissance, les lignées L23, L95A, L95B, L91 et L72 ont enregistré les plus grandes valeurs contrairement aux lignées L54, L46A, L48, L93, L75, L9 et L95 qui ont présenté les plus petites valeurs au cours des deux cycles de culture. Les paramètres de floraison ont présenté des apparitions précoces chez les lignées L32, L99 et L95B et des apparitions tardives et très tardives chez les lignées L54, L48, L47 et L71. Les variables de production ont enregistré au cours des deux cycles de culture, les valeurs élevées chez les lignées L7, L32A, L95B, L23, L72, L36 et L32A et les petites valeurs chez les lignées L75, L30, L99, L46A, L48, L54, L51 et L75.



## CHAPITRE 3 : STRUCTURATION DES LIGNÉES EN FONCTION DE LEURS CARACTÈRES AGRONOMIQUES

La structuration des lignées s'apprécie à travers le rapport entre les lignées et les variables agronomiques étudiées. Ainsi, les résultats des différentes variables agronomiques des lignées obtenues ont permis de déterminer la performance agronomique des lignées. En effet, la performance agronomique est la distribution des lignées en fonction des variables qui les caractérisent et des relations qui existent entre les variables. Dans ce chapitre, les expériences ont été réalisées au cours de deux années de culture. La structuration des lignées s'est faite d'une part, avec une analyse en composante principale et d'autre part, à travers une corrélation entre les différentes variables. Ces méthodes ont conduit à déterminer les liens entre les lignées et leurs variables.

### 3.1. Résultats

#### 3.1.1. Classification des lignées de maïs au cours du premier cycle de culture

##### 3.1.1.1 Analyse en Composantes Principales des paramètres de germination et de floraison des lignées de maïs du premier cycle de culture

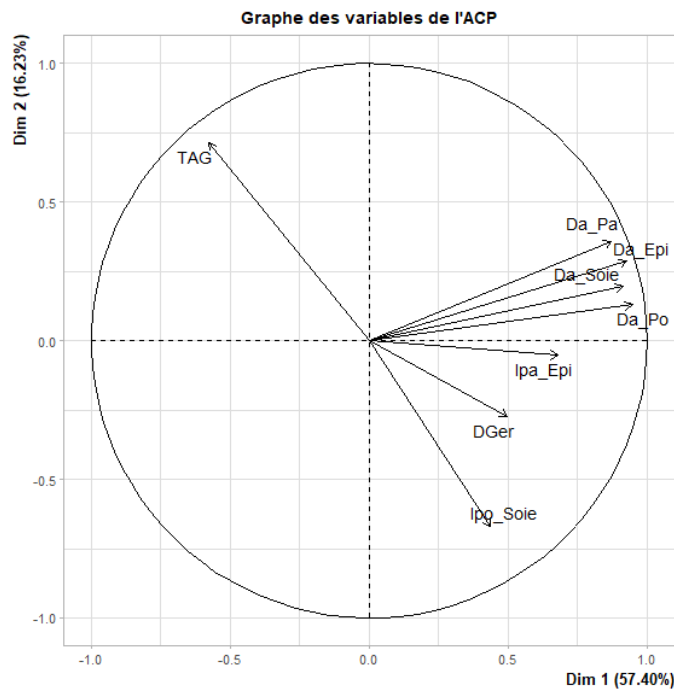
L'analyse en composante principale (ACP) réalisée sur les paramètres de germination et de floraison des lignées au premier cycle de culture montre que les axes 1 et 2 accumulent 73,63 % de la variance totale dont 57,40 % pour l'axe 1 et 16,23 % pour l'axe 2. Ce qui suggère une bonne représentativité des informations par ces deux axes (tableau VIII).

**Tableau VIII :** Valeurs propres des variances des axes des variables de germination et de floraison du cycle 1

Variation propres	AXE 1	AXE 2
Variance (%)	57,40	16,23
Cumul de la variance	57,40	73,63

La projection des variables de germination et de floraison dans le plan factoriel a montré que dans l'ensemble, les variables ont participé à la discrimination des lignées étudiées (figure 22), sauf la variable délai de germination (DGer). Le cercle de corrélation construit a révélé trois (3) catégories de variables. La première catégorie de variables comprend les variables telles que le délai d'apparition de la panicule (DaPa), délai d'apparition de l'épi (DaEpi), délai d'apparition de la soie (DaSoie), délai d'apparition de

pollen (DaPo) et l'intervalle de jours entre l'apparition de la panicule et de l'épi (IPaEpi). Ces variables sont positivement corrélées entre elles suivant l'axe 1. La deuxième catégorie de variables, représentée par la variable intervalle de jours entre l'apparition de pollen et de la soie (IPoSoie) est corrélée négativement à l'axe 2. Le taux de germination (TAG) qui constitue la troisième catégorie de variable est diamétralement opposé à la variable intervalle de jours entre l'apparition de pollen et de la soie (IPoSoie) et montre une forte corrélation positive suivant l'axe 2 (figure 22).

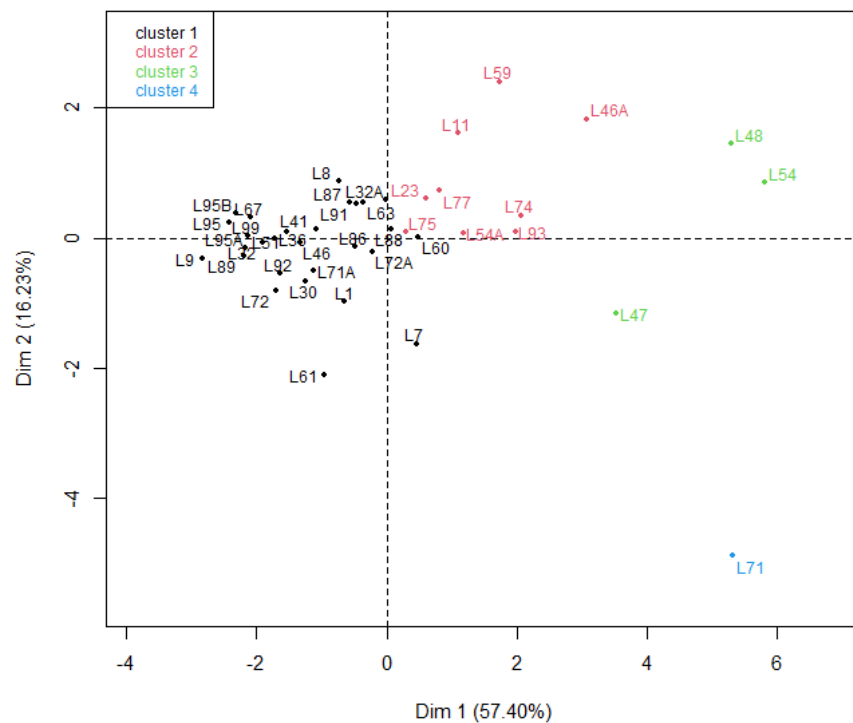


**Figure 22:** Cercle de corrélation des variables de germination et de floraison des lignées de maïs du premier cycle de culture

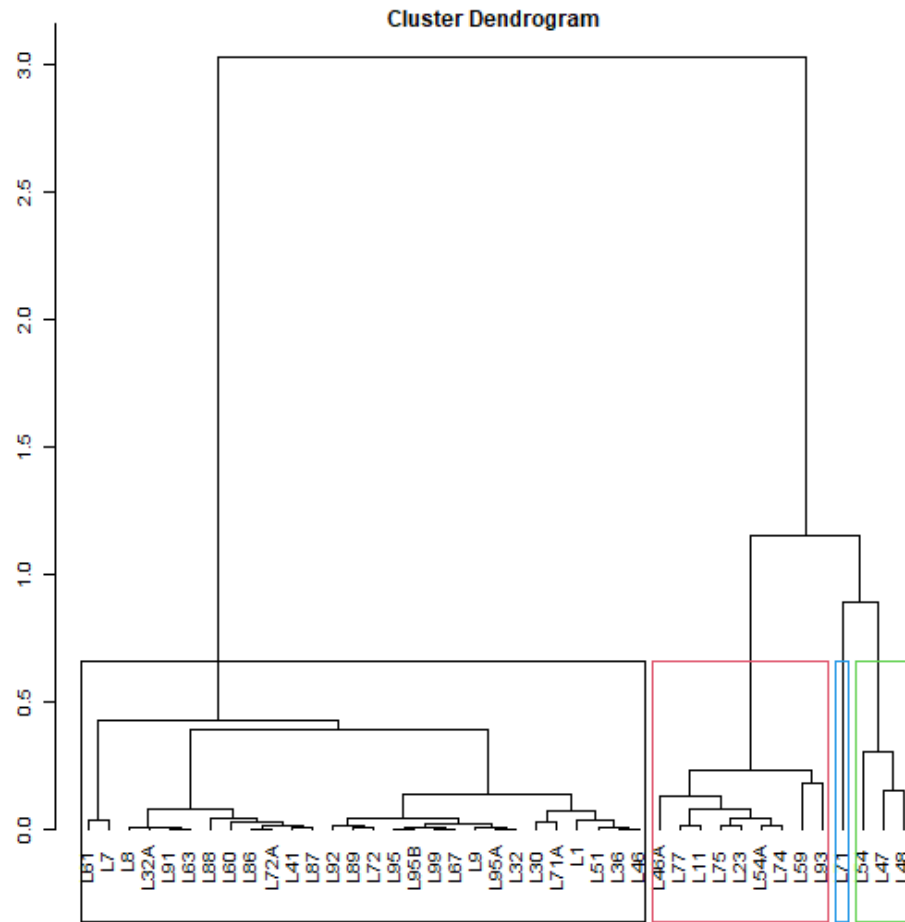
*TAG : taux de germination ; DGer : délai de germination ; DaEpi : délai d'apparition de l'épi ; DaPa : délai d'apparition de la panicule ; DaPo : délai d'apparition du pollen ; DaSoie : délai d'apparition de la soie ; IPaEpi : intervalle panicule épi ; IPoSoie : intervalle pollen soie*

La figure 23 présente la projection des lignées de maïs dans le plan factoriel défini par l'axe 1 et axe 2. Elle traduit l'effet des variables de germination et de floraison sur la distribution des lignées. A l'analyse, cette figure présente quatre groupes de lignées. Le groupe 1 représenté par le cluster 1, est constitué des lignées L8, L87, L32A, L63, L91, L60, L88, L72A, L86, L46, L71A, L1, L61, L30, L72, L92, L36, L61, L7, L32, L89, L9, L95A, L99, L95, L67, L95B et L41. Ce groupe de lignées présente un court délai de germination (DGer), un court intervalle de jours entre l'apparition de pollen et la soie

(IPoSoie), des courts délais d'apparition de la panicule (DaPa), d'apparition de l'épi (DaEpi), d'apparition de la soie (DaSoie), d'apparition de pollen (DaPo) et un court intervalle de jours entre l'apparition de la panicule et de l'épi (IPaEpi), mais un taux de germination (TAG) élevé. Le groupe 2 ou cluster 2 caractérise les lignées ayant de long délai d'apparition de la panicule (DaPa), d'apparition de l'épi (DaEpi), d'apparition de la soie (DaSoie), et d'apparition de pollen (DaPo). Ce groupe comprend les lignées L59, L46A, L11, L23, L77, L74, L93, L54A et L75. Le troisième groupe ou cluster 3 comprend les lignées L48, L54 et L47. Ces lignées présentent les plus longs délais d'apparition de la panicule (DaPa), d'apparition de l'épi (DaEpi), d'apparition de la soie (DaSoie), d'apparition de pollen (DaPo) et un long intervalle de jours entre l'apparition de la panicule et de l'épi (IPaEpi). Le quatrième groupe ou cluster 4 dont le seul représentant est la lignée L71 est caractérisée par un long délai intervalle de jours entre l'apparition de pollen et de la soie (IPoSoie). Pour structurer et regrouper les lignées, l'approche HCPC a été utilisée. Le dendrogramme réalisé, montre une structuration des lignées en quatre groupes sur la base de leur caractère de germination et de floraison (figure 24). Le groupe 1 se distingue aisément des autres groupes à la distance euclidienne de 3. A la distance euclidienne de 1, le groupe 2 se distingue des groupes 3 et 4, qui eux se discriminent à la distance euclidienne de 0,5.



**Figure 23:** Classification des lignées dans le plan factoriel en fonction des variables de germination et de floraison du cycle 1



**Figure 24:** Dendrogramme de la distribution des lignées de maïs en fonction des variables de germination et de floraison du cycle 1

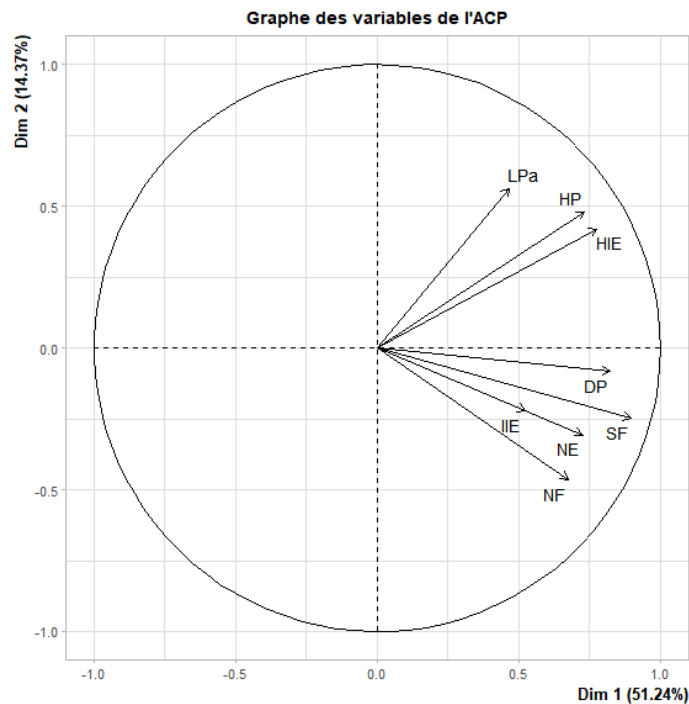
### 3.1.1.2. Analyse en Composantes Principales des paramètres de croissance des lignées de maïs du premier cycle de culture

L'analyse en composante principale (ACP) réalisée sur les paramètres de croissance des lignées au premier cycle de culture montre que les deux axes (axe 1 et axe 2) enregistrent respectivement 51,24 % et 14,37 % des informations contenues dans les données. Ces deux axes expliquent 65,61 % de la variabilité totale (tableau IX).

**Tableau IX :** Valeurs propres des variances des axes des variables de croissance du cycle 1 de culture

Variable propres	AXE 1	AXE 2
Variance (%)	51,24	14,37
Cumul de la variance	51,24	65,61

La figure 25 qui présente la projection des caractères de croissance des lignées dans le plan factoriel, montre que toutes les variables ont participé à la discrimination des lignées étudiées. Les variables hauteur de la plante (HP), hauteur d'insertion de l'épi (HIE), diamètre de la plante (DP), surface foliaire (SF), nombre d'épillets (NE), l'indice d'insertion de l'épi (IIE) et le nombre de feuilles (NF) ont une forte corrélation positive avec la première composante (Dim1). La deuxième composante (Dim2) est fortement et positivement corrélée à la variable longueur de la panicule (LPa).



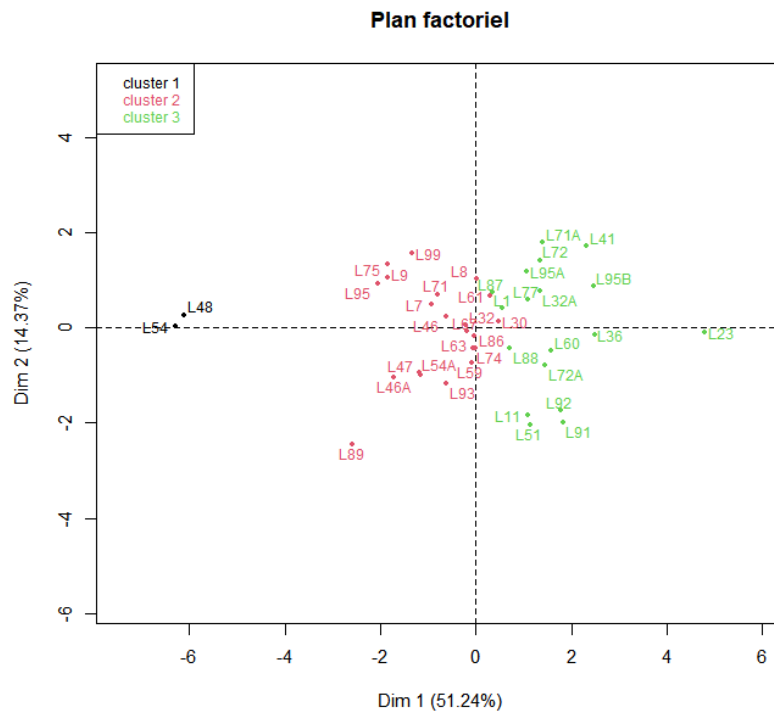
**Figure 25 :** Cercle de corrélation des variables de croissance des lignées du cycle 1

*DP* : diamètre des plants des lignées ; *HP* : hauteur des plants des lignées ; *HIE* : hauteur d'insertion de l'épi ; *IIE* : indice d'insertion de l'épi ; *NF* : nombre de feuilles ; *SF* : surface foliaire ; *LPa* : longueur de la panicule ; *NE* : nombre d'épillets

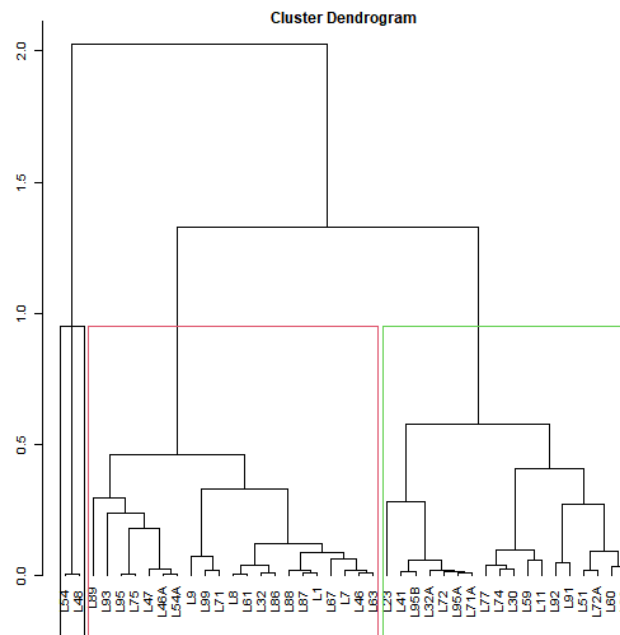
L'analyse conjointe de l'effet des facteurs de croissance et la distribution des lignées dans le plan factoriel défini par l'axe 1 et 2, montre trois groupes de lignées (figure 26). Le groupe 1 ou cluster 1 est constitué des lignées L54 et L48 qui se caractérisent par de faibles mesures de la longueur de la panicule (*LPa*), de la hauteur de la plante (*HP*), la hauteur d'insertion de l'épi (*HIE*), du diamètre de la plante (*DP*), de la surface foliaire (*SF*), du nombre d'épillets (*NE*) de la panicule, d'indice d'insertion de l'épi (*IIE*) et du nombre de feuilles (*NF*). Quant au groupe 2 ou cluster 2, il regroupe les lignées ayant des valeurs moyennes des variables de la distribution. Par contre, le groupe 3 ou cluster 3 se caractérise par de grandes valeurs de la longueur de la panicule (*LPa*), de la hauteur de la plante (*HP*), la hauteur d'insertion de l'épi (*HIE*), du diamètre de la plante (*DP*), de la surface foliaire (*SF*), du nombre d'épillets de la panicule (*NE*), d'indice d'insertion de l'épi (*IIE*) et du nombre de feuilles (*NF*). Ce groupe 3 comprend les lignées L71A, L72, L41, L32A, L95B, L88, L95A, L87, L1, L23, L60, L36, L77, L72A, L51, L11, L92 et L91.

La classification hiérarchique des lignées réalisées sur la base des variables de croissance, montre que ces trois groupes de lignées se différencient à partir d'une distance euclidienne.

Ainsi, le groupe 1 se distingue des deux autres groupes à la distance euclidienne de 2. Le groupe 2 se distingue du groupe 3 à la distance euclidienne de 1,5 (figure 27).



**Figure 26:** Classification des lignées dans le plan factoriel en fonction des variables de croissance du cycle 1



**Figure 27:** Dendrogramme de la distribution des lignées de maïs en fonction des variables de croissance du cycle 1

### 3.1.1.3. Analyse en Composantes Principales des paramètres de production des lignées de maïs du premier cycle de culture

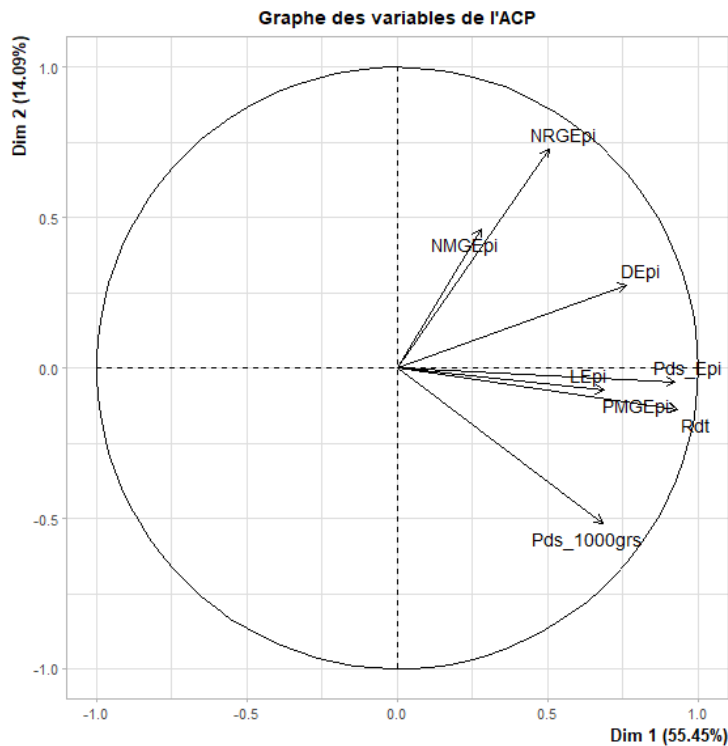
Les paramètres de production des lignées du premier cycle, soumis à une analyse en composante principale (ACP) ont montré que les deux axes (axe1 et axe 2) participent à une variance totale de 69,54 %. Les axes 1 et 2 enregistrent respectivement 55,45 % et 14,09 % des informations continues dans les données (tableau X).

**Tableau X:** Valeurs propres des variances des axes des variables de production du cycle 1 de culture

Variables propres	AXE 1	AXE 2
Variance (%)	55,45	14,09
Cumul de la variance	55,45	69,54

La projection des variables de production dans le plan factoriel a montré que dans l'ensemble, toutes les variables ont contribué à la discrimination des lignées étudiées (figure 28), sauf le nombre moyen de grain par épi (NMGEpi). Ainsi, les variables diamètre de l'épi (DEpi), poids de l'épi (Pds), rendement (Rdt), longueur de l'épi (LEpi), poids moyen de grain par épi (PMGEpi) et le poids de 1000 grains (Pds1000gr) sont fortement et positivement corrélées avec la première composante (Dim1). La seconde composante (dim2) est fortement et positivement corrélée avec le nombre de rangées de grain par épi (NRGEpi).



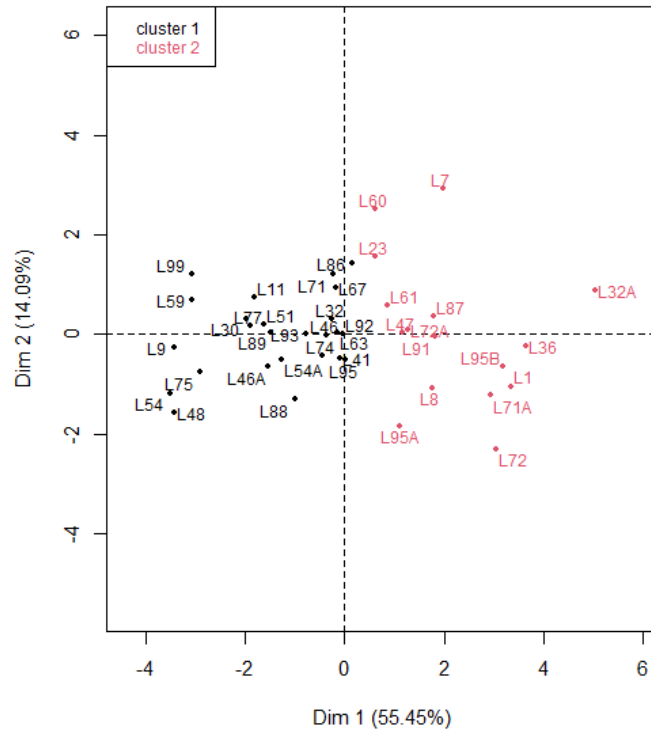


**Figure 28:** Cercle de corrélation des variables de production des lignées du cycle 1

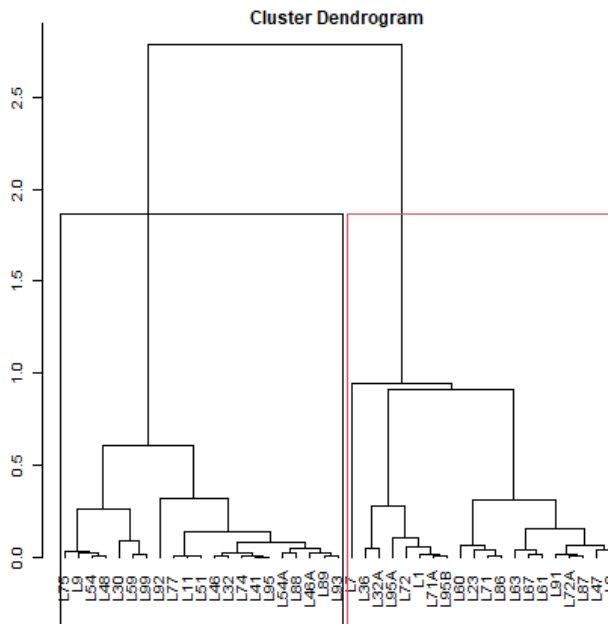
*DEpi* : diamètre de l'épi ; *LEpi* : longueur de l'épi ; *NMGEpi* : nombre moyen de grain par épi ; *NRGEpi* : nombre de range de grains par épi ; *PMGEpi* : poids moyen des grains par épi ; *Pds 1000grs* : poids de mille grains ; *PdsEpi* : poids de l'épi ; *Rdt* : rendement

La distribution des lignées dans le plan factoriel présenté par l'axe 1 et 2, montre deux groupes de lignées (figure 29). Le groupe 1 ou cluster 1 est constitué des lignées L99, L59, L11, L71, L77, L51, L86, L67, L32, L46, L92, L93, L30, L9, L89, L75, L54, L48, L88, L46A, L54A, L95, L41, L63 et L74. Ces lignées se caractérisent par un faible poids de l'épi (*Pds Epi*), une petite longueur de l'épi (*LEpi*), un faible rendement (*Rdt*) par épi, un petit poids moyen des grains par épi (*PMGEpi*), un faible poids de 1000 grains (*Pds 1000 gr*), un faible nombre de rangées de grains par épi (*NRGEpi*), un nombre moyen de grains par épi (*NMGEpi*) faible et un petit diamètre de l'épi (*DEpi*). Le groupe 2 ou cluster 2, comprend les lignées L7, L60, L23, L61, L47, L72A, L87, L32A, L91, L95B, L36, L8, L1, L71A, L72 et L95A, avec un grand nombre de rangées de grains par épi (*NRGEpi*), un nombre moyen de grains par épi (*NMGEpi*) élevé, un gros diamètre de l'épi (*DEpi*), un gros poids de l'épi (*Pds Epi*), un grand rendement (*Rdt*) par épi, une grande longueur d'épi (*LEpi*), un poids moyen des grains par épi (*PMGEpi*) élevé et un poids de 1000 grains (*Pds 1000gr*) élevé. La classification ascendante hiérarchique des lignées

effectuées sur la base des variables de production à travers le dendrogramme, montre que ces deux groupes de lignées se différencient à partir de la distance euclidienne 2 (Figure 30).



**Figure 29:** Classification des lignées dans le plan factoriel en fonction des variables de production du cycle 1



**Figure 30:** Dendrogramme de classification ascendante hiérarchique des variables de production du cycle 1.

### 3.1.2. Classification des lignées de maïs au cours du second cycle de culture

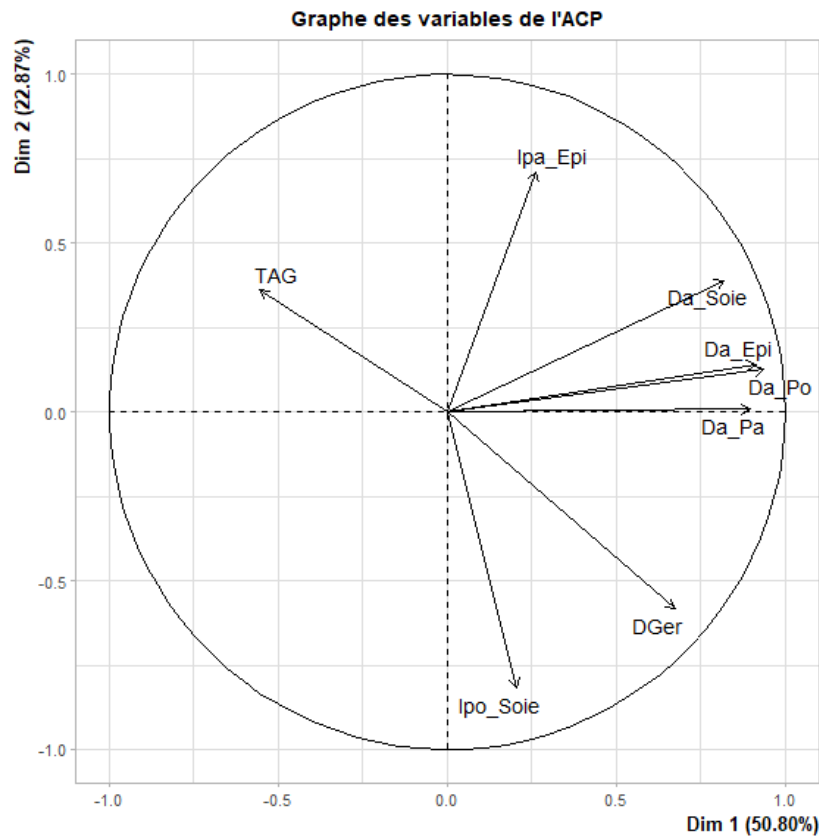
#### 3.1.2.1. Analyse en Composantes Principales des paramètres de germination et de floraison des lignées de maïs du second cycle de culture

L'analyse en composante principale (ACP) réalisée sur les paramètres de germination et de floraison des lignées au second cycle de culture montre que les axes 1 et 2 accumulent 73,67 % de la variance totale dont 50,80 % pour l'axe 1 et 22,87 % pour l'axe 2. Ce qui présente une bonne représentativité des informations par ces deux axes (tableau XI).

**Tableau XI :** Valeurs propres des variances des axes des variables de germination et de floraison du cycle 2 de culture

VARIABLES PROPRES	AXE 1	AXE 2
Variance (%)	50,80	22,87
Cumul de la variance	50,80	73,67

La projection des variables de germination et de floraison dans le plan factoriel a montré que toutes les variables ont participé à la discrimination des lignées étudiées (figure 31). Le cercle de corrélation construit a révélé des variables fortement et positivement corrélées entre elles et suivant l'axe 1. Ce sont les variables délai d'apparition de la panicule (DaPa), délai d'apparition de l'épi (DaEpi), délai d'apparition de la soie (DaSoie) et délai d'apparition de pollen (DaPo). Cependant, la variable taux de germination (TAG) a une forte corrélation négative suivant l'axe 1. Quant à l'axe 2, il traduit une corrélation positive avec l'intervalle de jours entre l'apparition de la panicule et de l'épi (IPaEpi) et une forte corrélation négative avec l'intervalle de jours entre l'apparition de pollen et de la soie (IPoSoie) et le délai de germination (DGer).



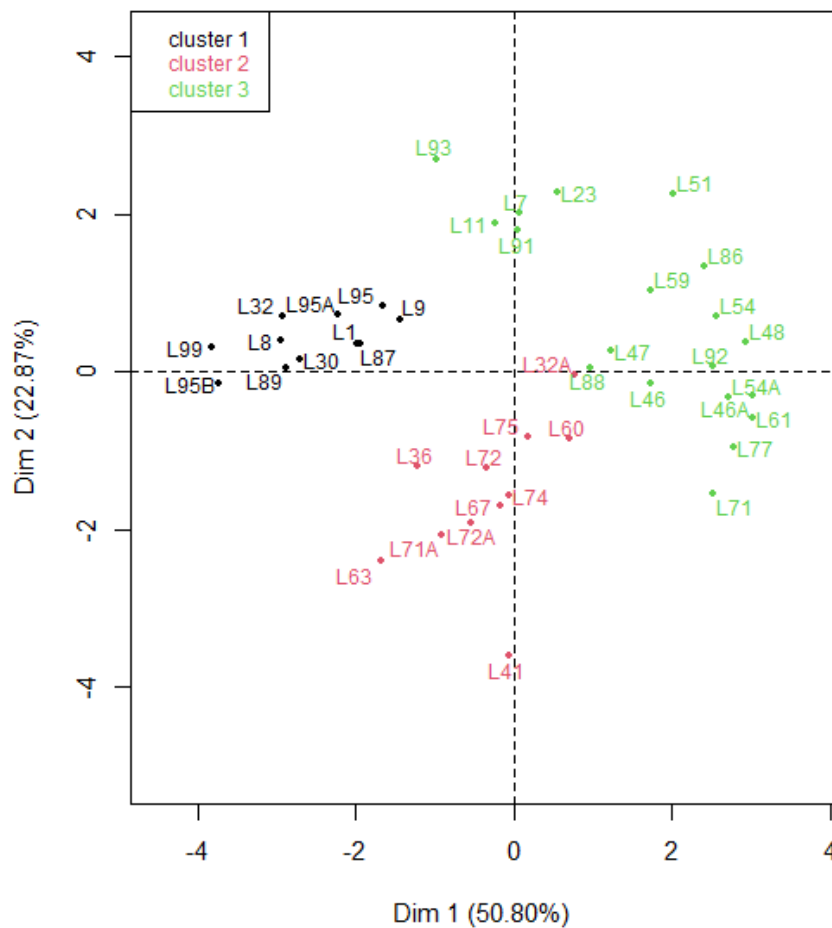
**Figure 31:** Cercle de corrélation des variables de germination et de floraison des lignées de maïs du cycle 2

*TAG* : taux de germination ; *DGer* : délai de germination ; *DaEpi* : délai d'apparition de l'épi ; *DaPa* : délai d'apparition de la panicule ; *DaPo* : délai d'apparition du pollen ; *DaSoie* : délai d'apparition de la soie ; *IPaEpi* : intervalle panicule épi ; *IPoSoie* : intervalle pollen soie

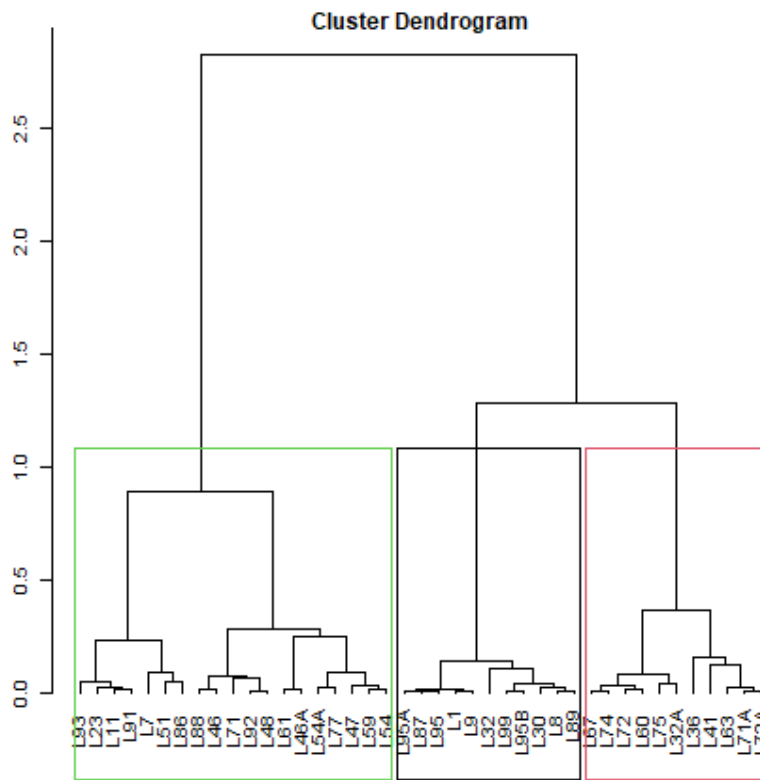
La figure 32 traduit l'effet des variables de germination et de floraison sur la distribution des lignées dans le plan factoriel défini par l'axe 1 et 2. Cette figure présente trois groupes de lignées. Ainsi, le groupe 1 ou cluster 1, constitué des lignées L8, L87, L32, L95B, L95A, L99, L89, L9, L1, L95 et L30 se caractérisent par un délai de germination court (*DGer*), un court intervalle entre l'apparition de pollen et de la soie (*IPoSoie*), mais un taux (*TAG*) de germination élevée. Le deuxième groupe ou cluster 2 enregistre les lignées L63, L41, L71A, L72A, L67, L74, L72, L36, L75, L60 et L32A. Ces lignées ont un court intervalle de jours entre l'apparition de la panicule et l'épi (*IPaEpi*), un court délai d'apparition de la panicule (*DaPa*), d'apparition de l'épi (*DaEpi*), d'apparition de la soie (*DaSoie*) et d'apparition de

pollen (DaPo). Le troisième groupe ou cluster 3 est composé des lignées L93, L91, L11, L7, L23, L51, L86, L59, L47, L54, L48, L92, L88, L46, L46A, L54A, L61, L77, L71. Ces lignées présentent un long intervalle de jours entre l'apparition de la panicule et l'épi (IPaEpi) et un long délai d'apparition de la panicule (DaPa), d'apparition de l'épi (DaEpi), d'apparition de la soie (DaSoie) et d'apparition de pollen (DaPo). Pour structurer et regrouper les lignées, l'approche HCPC a été utilisée. Le dendrogramme réalisé a permis une structuration des lignées en trois groupes sur la base de leur caractère de germination et de floraison

(Figure 33). Le groupe 1 se distingue des deux autres groupes à la distance euclidienne de 3. A la distance euclidienne de 1,5, le groupe 2 se distingue du groupe 3.



**Figure 32:** Classification des lignées dans le plan factoriel en fonction des variables de germination et de floraison du cycle 2



**Figure 33:** Dendrogramme de la distribution des variables de germination et de floraison des lignées du cycle 2

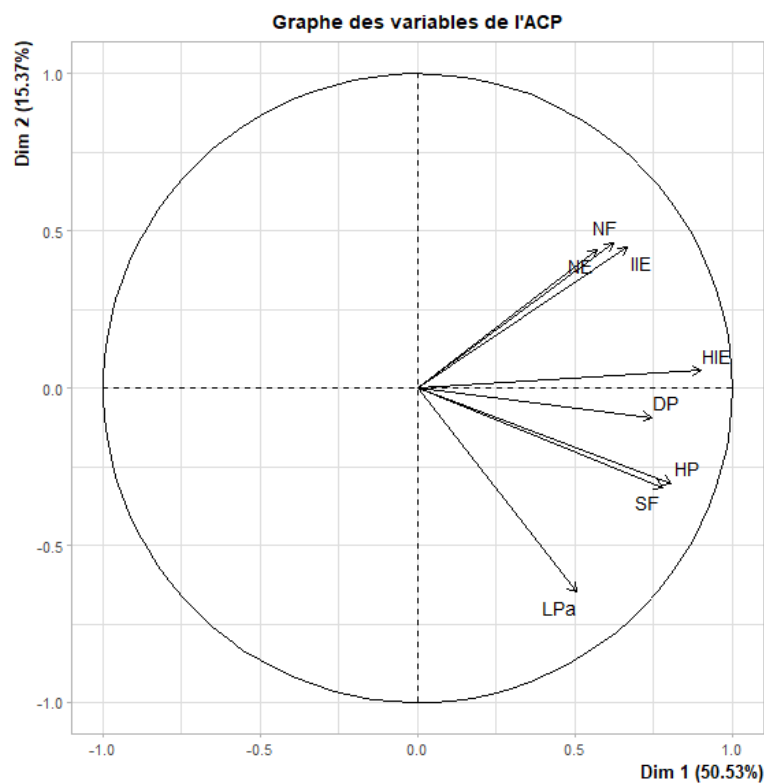
### 3.1.2.2. Analyse en Composantes Principales des paramètres de croissance des lignées de maïs du second cycle de culture

L'analyse en composante principale (ACP) réalisée sur les paramètres de croissance des lignées au second cycle de culture montre que les deux axes (axe 1 et axe 2) enregistrent respectivement 50,53 % et 15,37 % des informations contenues dans les données (tableau XII). Ces deux axes contribuent à une variance totale de 65,9 %.

**Tableau XII :** Valeurs propres des variances des axes des variables de croissance du cycle 2 de culture

Variabes propres	AXE 1	AXE 2
Variance (%)	50,53	15,37
Cumul de la variance	50,53	65,9

La figure 34 présente la projection des caractères de croissance des lignées dans le plan factoriel formé par les axes 1 et 2. L'analyse des corrélations des variables a montré que toutes les variables ont participé à la discrimination des lignées étudiées. Les variables nombre de feuilles (NF), nombre d'épillets (NE) de la panicule, indice d'insertion de l'épi (IIE), hauteur d'insertion de la plante (HIP), diamètre de la plante (DP), hauteur de la plante (HP) et surface foliaire (SF) ont une forte corrélation positive avec la première composante (Dim1). Quant à la deuxième composante (Dim2), elle est fortement et négativement corrélée à la variable longueur de la panicule (LPa).

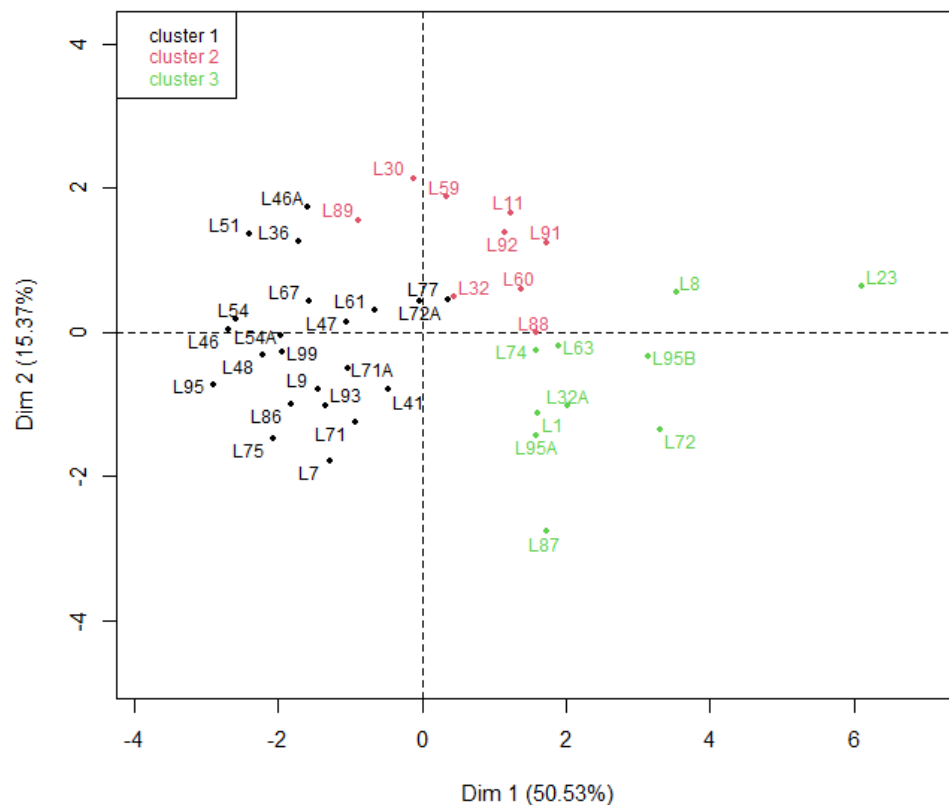


**Figure 34:** Cercle de corrélation des variables de croissance des lignées du cycle 2

*DP : diamètre des plants des lignées ; HP : hauteur des plants des lignées ; HIE : hauteur d'insertion de l'épi ; IIE : indice d'insertion de l'épi ; NF : nombre de feuilles ; SF : surface foliaire ; LPa : longueur de la panicule ; NE : nombre d'épillets*

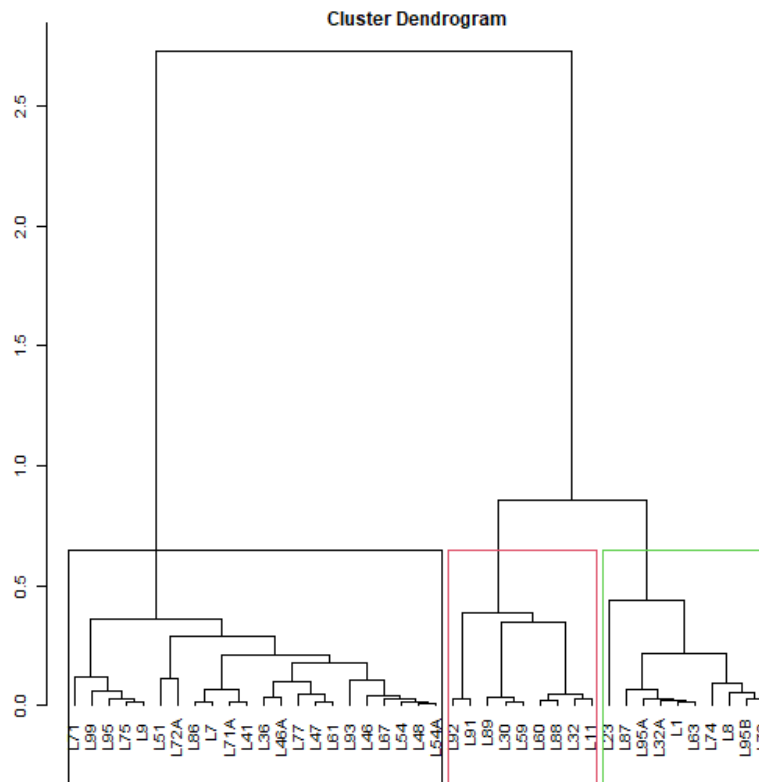
L'analyse des variables de croissance et la distribution des lignées dans le plan factoriel défini par l'axe 1 et 2, classent trois groupes de lignées (cluster 1, 2 et 3) figure 35. Le premier groupe ou cluster 1 est constitué des lignées L46A, L51, L36, L54, L67, L61, L77, L72A, L47, L46, L54A, L99, L48, L95,

L9, L71A, L93, L86, L75, L7, L71 et L41. Ces lignées se caractérisent par de faibles mesures du diamètre de la plante (DP), hauteur de la plante (HP), surface foliaire (SF), longueur de la panicule (LPa), nombre d'épillets (NE) de la panicule, nombre de feuilles (NF) et indice d'insertion de l'épi (IIE). Le groupe 2 ou cluster 2 est composé des lignées L89, L59, L30, L11, L91, L92, L32, L60 et L88. Ces lignées présentent de grandes mesures pour les variables nombre de feuilles (NF), nombre d'épillets (NE) de la panicule et indice d'insertion de l'épi (IIE). Le groupe 3 ou cluster 3 est caractérisé par les lignées ayant de grandes mesures pour les variables hauteur d'insertion de l'épi (HIE), diamètre de la plante (DP), hauteur de la plante (HP), surface foliaire (SF), longueur de la panicule (LPa). Il s'agit des lignées L23, L74, L8, L63, L95B, L32A, L1, L95A et L87. La classification hiérarchique des lignées réalisées sur la base des variables de croissance à travers le dendrogramme, montre que le groupe 1 se différencie des deux autres à la distance euclidienne de 3. Les groupes 2 et 3 (figure 36) se différencient à la distance euclidienne de 1.



**Figure 35:** Classification des lignées dans le plan factoriel en fonction des variables de croissance du cycle 2





**Figure 36:** Dendrogramme de la distribution des lignées de maïs en fonction des variables de croissance du cycle 2

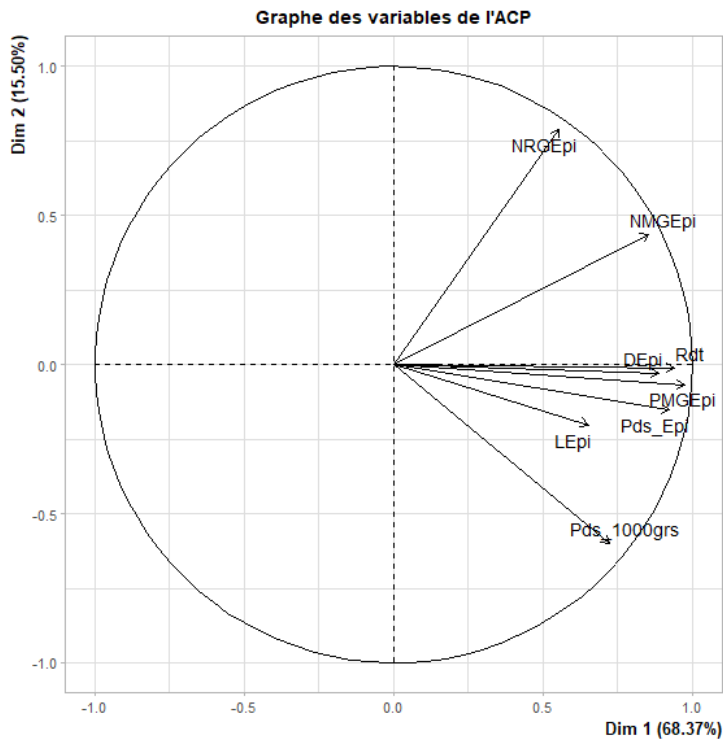
### 3.1.2.3. Analyse en Composantes Principales des paramètres de production des lignées de maïs du second cycle de culture

Les paramètres de production des lignées du second cycle, soumis à une analyse en composante principale (ACP) ont montré que les deux axes (axe1 et axe 2) enregistrent respectivement 68,37 % et 15,50 % des informations contenues dans les données (tableau XIII). Ces deux axes accumulent une variance totale de 83,87 %.

**Tableau XIII :** Valeurs propres des variances des axes des variables de production du cycle 2 de culture

Variables propres	AXE 1	AXE 2
Variance (%)	68,37	15,50
Cumul de la variance	68,37	83,87

L'analyse factorielle des variables de production (Figure 37) a révélé que les variables ont été projetées en fonction de leur forte corrélation avec les axes. Toutes les variables ont contribué à la discrimination des lignées étudiées. Ainsi, le nombre moyen de grain par épi (NMGEpi), le diamètre de l'épi (DEpi), le rendement (Rdt), le poids moyen de grains par épi (PMGEpi), le poids de l'épi (Pds Epi), la longueur de l'épi (LEpi), le poids de 1000 grains (Pds1000gr), sont fortement et positivement corrélés avec l'axe 1. La seconde fonction discriminante (axe 2) est fortement et positivement corrélée avec la variable nombre de rangées de grains par épi (NRGEpi).

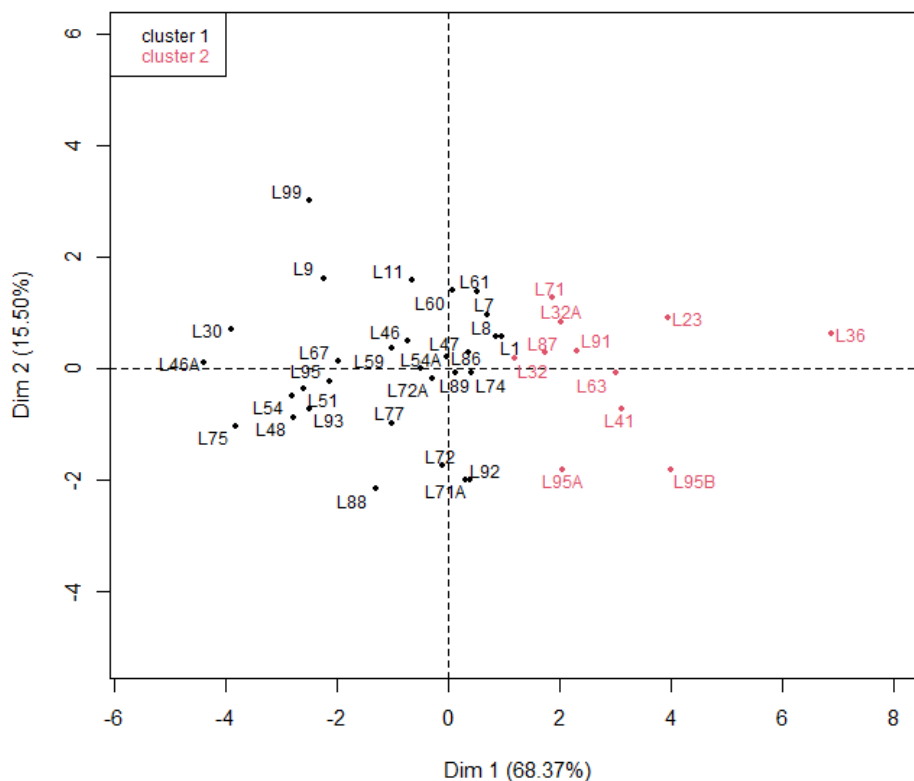


**Figure 37:** Cercle de corrélation des variables de production des lignées du cycle 2

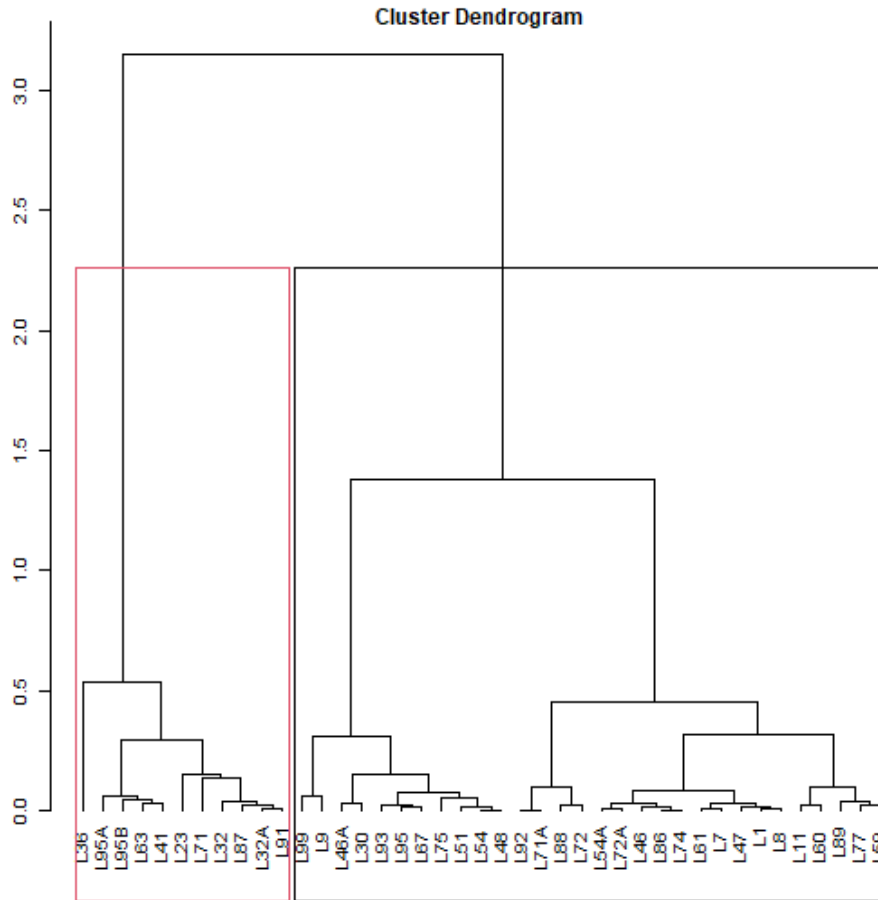
*DEpi* : diamètre de l'épi ; *LEpi* : longueur de l'épi ; *NMGEpi* : nombre moyen de grain par épi ; *NRGEpi* : nombre de range de grains par épi ; *PMGEpi* : poids moyen des grains par épi ; *Pds 1000grs* : poids de mille grains ; *PdsEpi* : poids de l'épi ; *Rdt* : rendement

La distribution des lignées dans le plan factoriel présenté par l'axe 1 et 2 a classé les lignées en deux (2) groupes (figure 38). Le groupe 1 ou cluster 1 est constitué des lignées L99, L9, L30, L67, L46A, L59, L11, L47, L8, L1, L46, L74, L92, L71A, L54A, L51, L54, L75, L89, L7, L61, L95, L93, L48, L72A, L72, L86, L77 et L88. Ces lignées se caractérisent par un petit diamètre de l'épi (DEpi), une petite

longueur de l'épi (LEpi), un faible rendement (Rdt), un petit poids moyen des grains par épi (PMGEpi), un petit poids des épis (PdsEpi), un faible poids de 1000 grains (Pds 1000 gr), un faible nombre de rangées de grains par épi (NRGEpi) et un petit nombre moyen de grains par épi (NMGEpi). Quant au groupe 2, il se compose des lignées, L87, L91, L32A, L71, L23, L36, L63, L95B, L95A, L41, et L32. Ces lignées se caractérisent par un grand nombre de rangées de grains par épi (NRGEpi), un nombre moyen de grains par épi (NMGEpi) élevé, un grand rendement (Rdt) par épi, une grande longueur de l'épi (LEpi), un grand diamètre de l'épi (DEpi), un poids moyen des grains par épi (PMGEpi) élevé et un poids de 1000 grains (Pds 1000 gr) élevé. La classification ascendante hiérarchique des lignées effectuées sur la base des variables de production à travers le dendrogramme, montre que ces deux groupes de lignées se distinguent à partir de la distance euclidienne 2,5 (figure 39).



**Figure 38:** Classification des lignées dans le plan factoriel en fonction des variables de production du cycle 2



**Figure 39:** Dendrogramme de classification ascendante hiérarchique des variables de production du cycle 2

### **3.1.3. Analyse des matrices de corrélations des différents paramètres agronomiques des lignées de maïs au cours des deux cycles de culture**

A la suite de la réalisation de l'analyse en composantes principale (ACP), le test de corrélation a été fait pour examiner les relations qui existent entre les paramètres de production et les paramètres de croissance, les paramètres de production et les paramètres de germination-floraison, les paramètres de germination-floraison et les paramètres de croissance. Cette analyse des différentes matrices a montré plusieurs corrélations au sein des paramètres et entre les groupes (catégories) de paramètres étudiés.

#### **3.1.3.1. Corrélation entre les variables de germination-floraison et les variables de croissance du premier cycle de culture.**

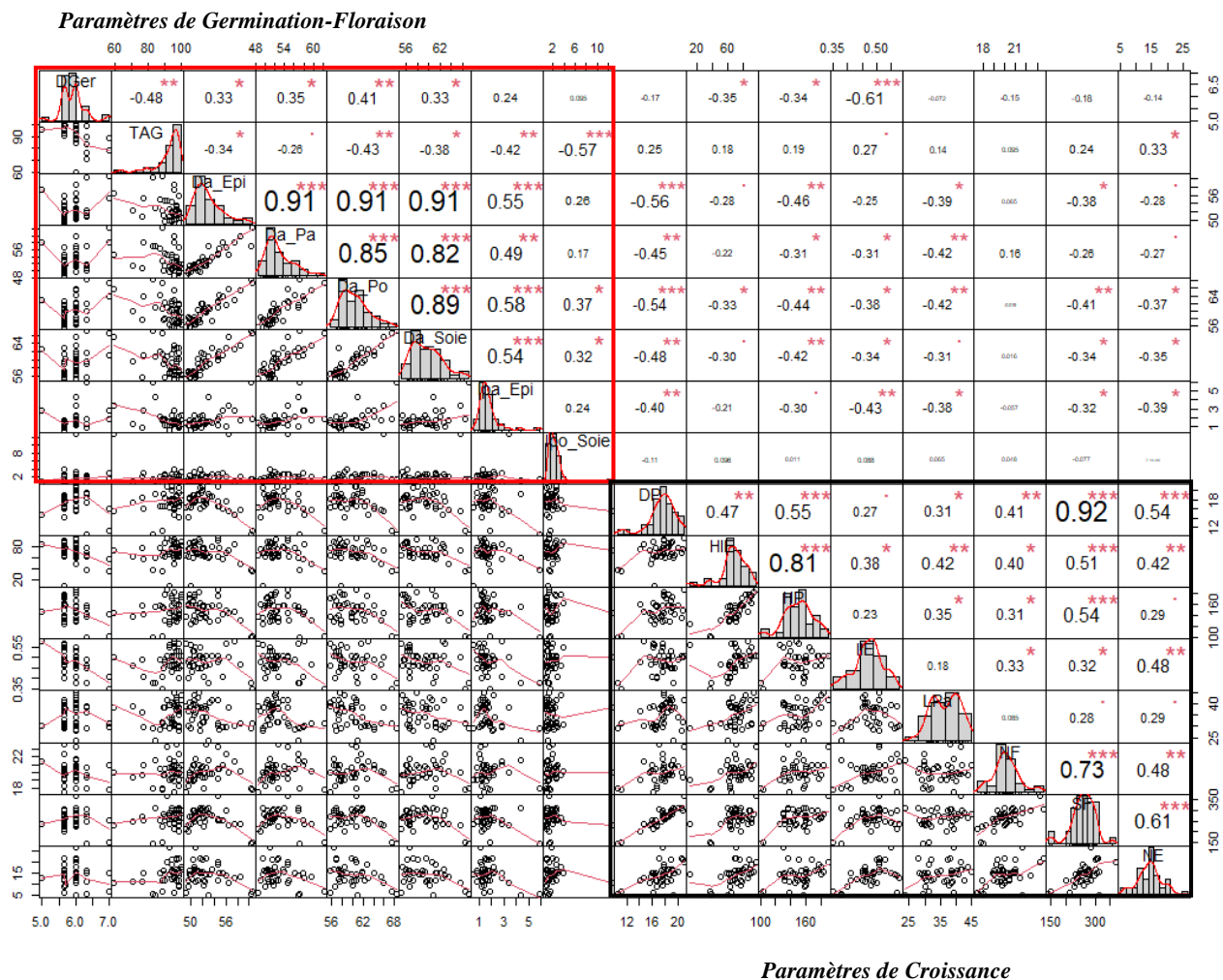
La figure 40 représente la matrice de corrélation entre les variables de germination-floraison et les variables de croissance. L'analyse de cette matrice a montré de très fortes corrélations ( $r$ ) au sein de chaque variable et entre les deux groupes (catégories) de variable.

La corrélation entre les deux catégories de variable varie de  $r = -0,61$  à  $r = 0,33$ .

Dans l'ensemble des relations, il est observé une corrélation négative entre les variables de germination-floraison et les variables de croissance. En effet, une très forte corrélation négativement significative est obtenue entre le délai de germination (DGER) et l'indice d'insertion de l'épi (IIE) ( $p < 0,001$ ;  $r = -0,61$ ), entre le délai d'apparition de l'épi (DaEpi) et le diamètre des plantes (DP) ( $p = 0,00013$ ;  $r = -0,56$ ) et entre le délai d'apparition du pollen (DaPo) et le diamètre des plantes (DP) ( $p = 0,0002$ ;  $r = -0,54$ ).

Au sein des variables de germination-floraison (figure 40), la très forte corrélation varie de  $r = -0,57$  à  $r = 0,91$ . La très forte corrélation ( $r$ ) observée est positive à l'exception du taux de germination (TAG) et l'intervalle de jours entre l'apparition du pollen et la soie (IPo-Soie) qui ont une corrélation négativement significative ( $r = -0,57$ ). Une très forte corrélation positive et significative existe entre le délai d'apparition de l'épi (DaEpi) avec le délai d'apparition de la panicule (DaPa), le délai d'apparition du pollen (DaPo), le délai d'apparition de la soie (DaSoie) et l'intervalle de jours entre l'apparition de la panicule et l'épi. Aussi, une très forte corrélation positive et significative s'identifie aussi entre le délai d'apparition de la panicule (DaPa) avec le délai d'apparition du pollen et le délai d'apparition de la soie (DaSoie). Il est en plus enregistré une très forte corrélation positive et significative entre le délai d'apparition du pollen avec le délai d'apparition de la soie (DaSoie) et l'intervalle de jours entre l'apparition de la panicule et l'épi (IPa-Epi). Enfin, une très forte corrélation positive et significative entre le délai d'apparition de la soie (DaSoie) et l'intervalle de jours entre l'apparition de la panicule et l'épi (IPa-Epi) ( $r = 0,54$ ).

S'agissant de la corrélation au sein des variables de croissance (figure 40), la corrélation oscille entre  $r = 0,31$  et  $r = 0,92$ . Le diamètre de la plante (DP) enregistre une très forte corrélation ( $r$ ) positive significative avec la hauteur de la plante (HP), la surface foliaire (SF) et le nombre d'épillets (NE) de la panicule. Une corrélation fortement positive existe entre la hauteur d'insertion de l'épi (HIE) avec la hauteur de la plante (HP) et la surface foliaire (SF). Aussi, une corrélation fortement positive entre la hauteur de la plante (HP) et la surface foliaire (SF) ( $r = 0,54$ ). En plus, une corrélation positive et significative entre le nombre de feuilles (NF) et la surface foliaire (SF) ( $r = 0,73$ ), et une corrélation positive et significative entre la surface foliaire (SF) et le nombre d'épillets (NE) de la panicule ( $r = 0,61$ ).



**Figure 40:** Corrélation entre les variables de germination-floraison et les variables de croissance du premier cycle de culture

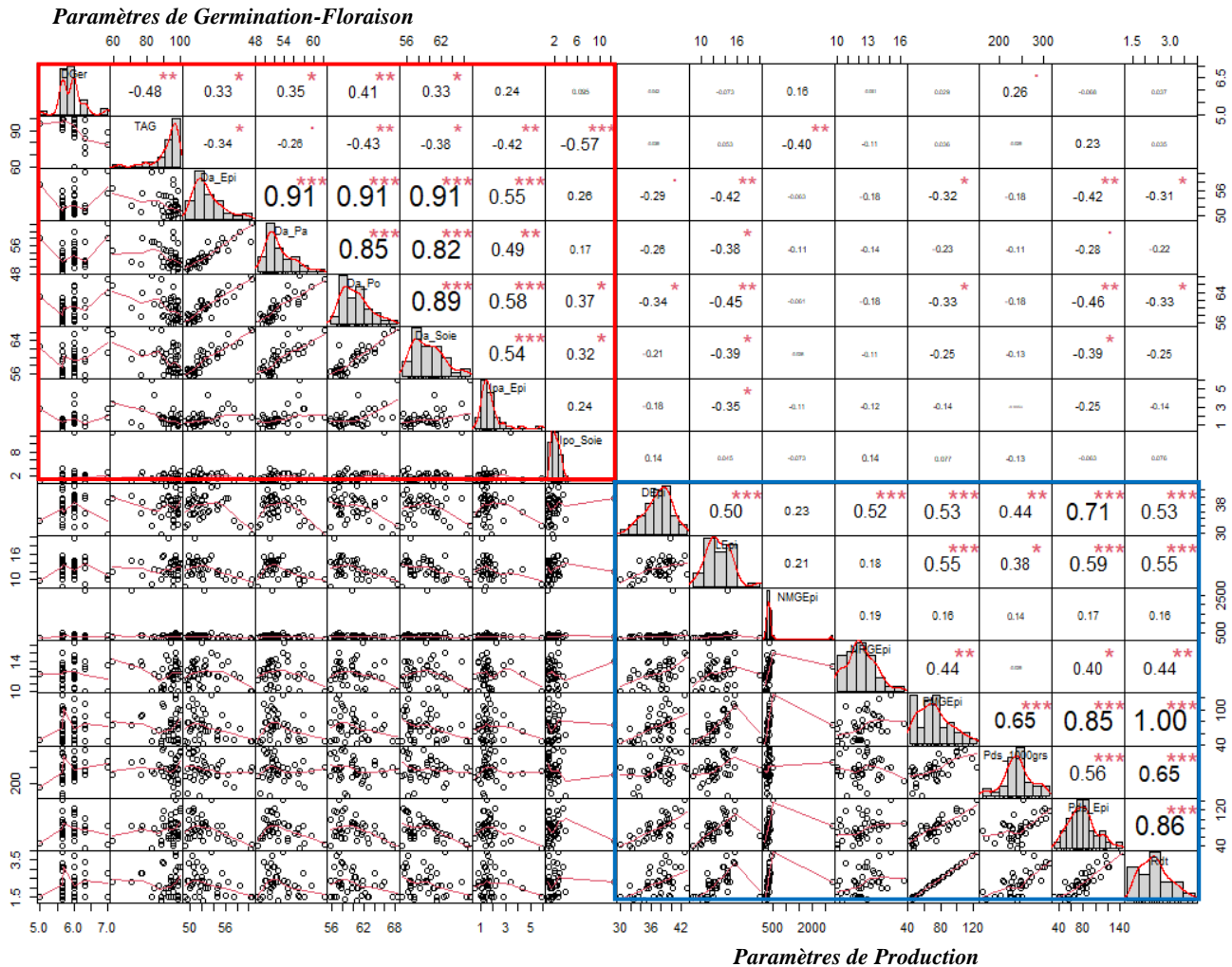
\*: faible corrélation ; \*\*: forte corrélation ; \*\*\*: très forte corrélation.

### **3.1.3.2. Corrélation entre les variables de germination-floraison et les variables de production du premier cycle de culture.**

Les coefficients de corrélation ( $r$ ) entre les paramètres de germination-floraison et les paramètres de production varient de  $r = -0,46$  à  $r = -0,40$  (figure 41). La relation entre les deux groupes de paramètre présente des corrélations ( $r$ ) négativement significative. Ainsi, une forte corrélation négativement significative existe entre le nombre moyen de grain par épi (NMGEpi) et le taux de germination (TAG) ( $r = -0,40$ ), entre la longueur de l'épi (LEpi) et la date d'apparition de l'épi (DaEpi) ( $r = -0,42$ ), entre le poids de l'épi (Pds Epi) et la date d'apparition de l'épi (DaEpi) ( $r = -0,42$ ), entre la longueur de l'épi (LEpi) et la date d'apparition du pollen (DaPo) ( $r = -0,45$ ), et entre le poids de l'épi (Pds Epi) et la date d'apparition du pollen (DaPo) ( $r = -0,46$ ).

Au sein des paramètres de germination-floraison, la corrélation varie de  $r = -0,57$  à  $r = 0,91$ . Une très forte corrélation ( $r$ ) positive est observée entre les différentes variables. Cependant, le taux de germination (TAG) et l'intervalle de jours entre l'apparition du pollen et la soie (IPo-Soie) présentent une très forte corrélation négativement significative ( $r = -0,57$ ) (figure 41).

Quant aux paramètres de production (figure 41), la corrélation entre les variables varie de  $r = 0,50$  à  $r = 100$ . Une très forte corrélation ( $r$ ) positivement significative existe entre le diamètre de l'épi avec la longueur de l'épi (LEpi), le nombre de rangées de grains par épi (NRGEpi), le poids moyen des grains par épi (PMGEpi), le poids de l'épi (Pds Epi) et le rendement (Rdt). Aussi, la longueur de l'épi (LEpi) enregistre une très forte corrélation positivement significative avec le poids moyen des grains par épi (PMGEpi), le poids de l'épi (Pds Epi) et le rendement (Rdt). En plus, une corrélation fortement positive et significative est obtenue entre le poids moyen des grains par épi (PMGEpi) avec le poids de 1000 grains (Pds 1000grs), le poids de l'épi (Pds Epi) et le rendement (Rdt). Il existe une forte corrélation positive et significative entre le poids de 1000 grains (Pds 1000grs), le poids de l'épi (Pds Epi) et le rendement (Rdt). Enfin, une forte corrélation significativement positive est enregistrée entre le poids de l'épi (Pds Epi) et le rendement (Rdt) ( $r = 0,86$ ).



**Figure 41:** Corrélation entre les variables de germination-floraison et les variables de production du premier cycle de culture

\*: faible corrélation ; \*\*: forte corrélation ; \*\*\*: très forte corrélation.

### 3.1.3.3. Corrélation entre les variables de croissance et les variables de production du premier cycle de culture.

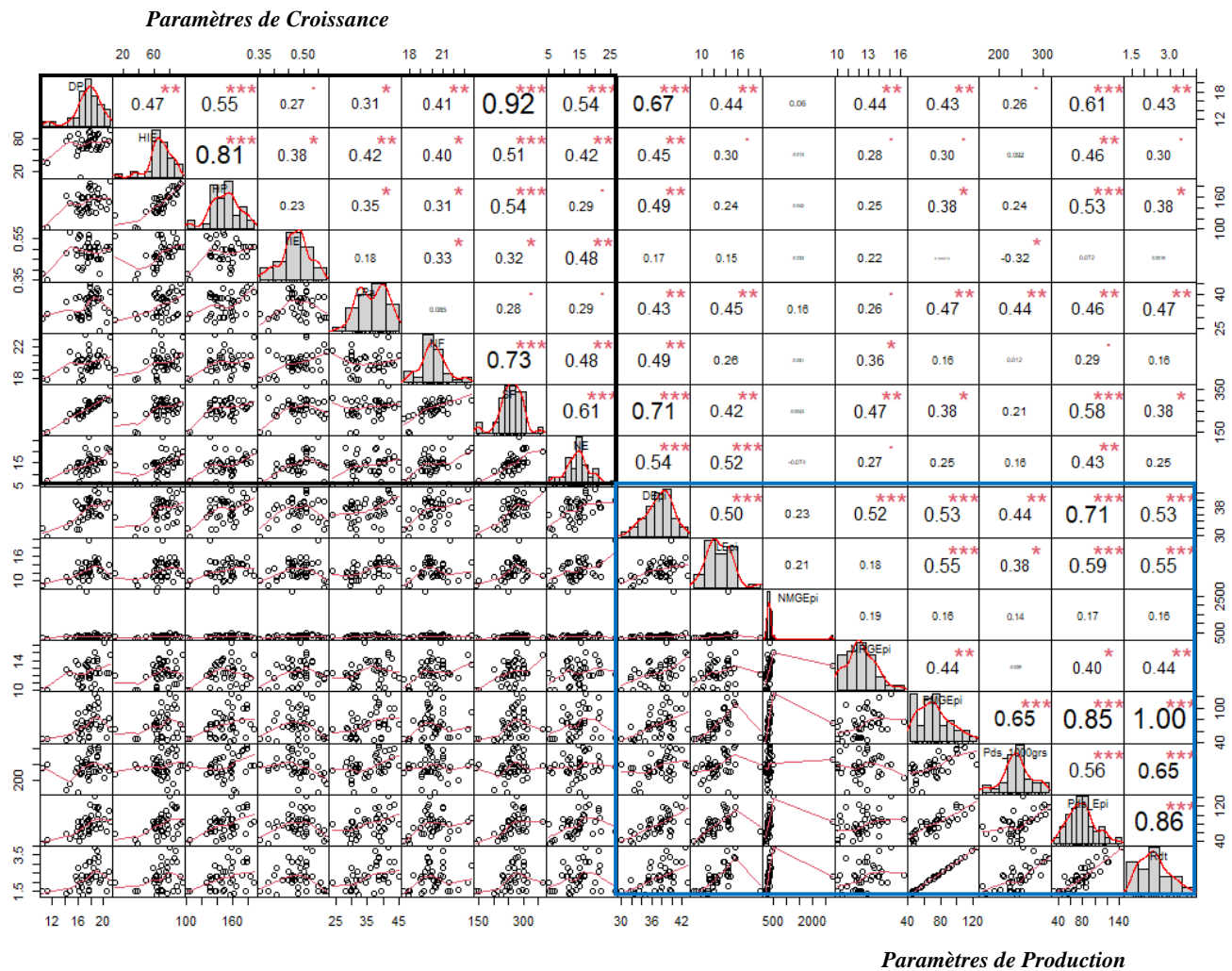
La matrice de corrélation des paramètres de croissance et des paramètres de production montre des corrélations hautement significatives et positives entre plusieurs couples de variables des deux groupes de paramètre (figure 42). Cette corrélation varie de  $r = 0,42$  à  $r = 0,71$ . Une relation linéaire entre les variables existe. En effet, le diamètre de l'épi (DEpi) est hautement et positivement corrélé avec le diamètre de la plante (DP), la surface foliaire (SF) et le nombre d'épillets (NE) de la panicule. Aussi, une corrélation hautement significative et positive entre la longueur de l'épi (LEpi) et le nombre d'épillets



(NE) de la panicule ( $r = 0,52$ ). Enfin, une corrélation hautement positive et significative entre le poids de l'épi (Pds Epi) avec le diamètre de la plante (DP), la hauteur de la plante (HP) et la surface foliaire (SF).

Au sein des paramètres de production, la corrélation entre les variables varie de  $r = 0,50$  à  $r = 1,00$ . Une très forte corrélation ( $r$ ) positivement significative est enregistrée entre plusieurs couples de variables (figure 42).

S'agissant de la corrélation au sein des variables de croissance, des corrélations fortement positives et significatives entre les couples de variables varie entre  $r = 0,41$  et  $r = 0,92$  (figure 42)



**Figure 42:** Corrélation entre les variables de croissance et les variables de production du premier cycle de culture

\*: faible corrélation ; \*\*: forte corrélation ; \*\*\*: très forte corrélation.

### 3.1.3.4. Corrélation entre les variables de germination-floraison et les variables de croissance du second cycle de culture.

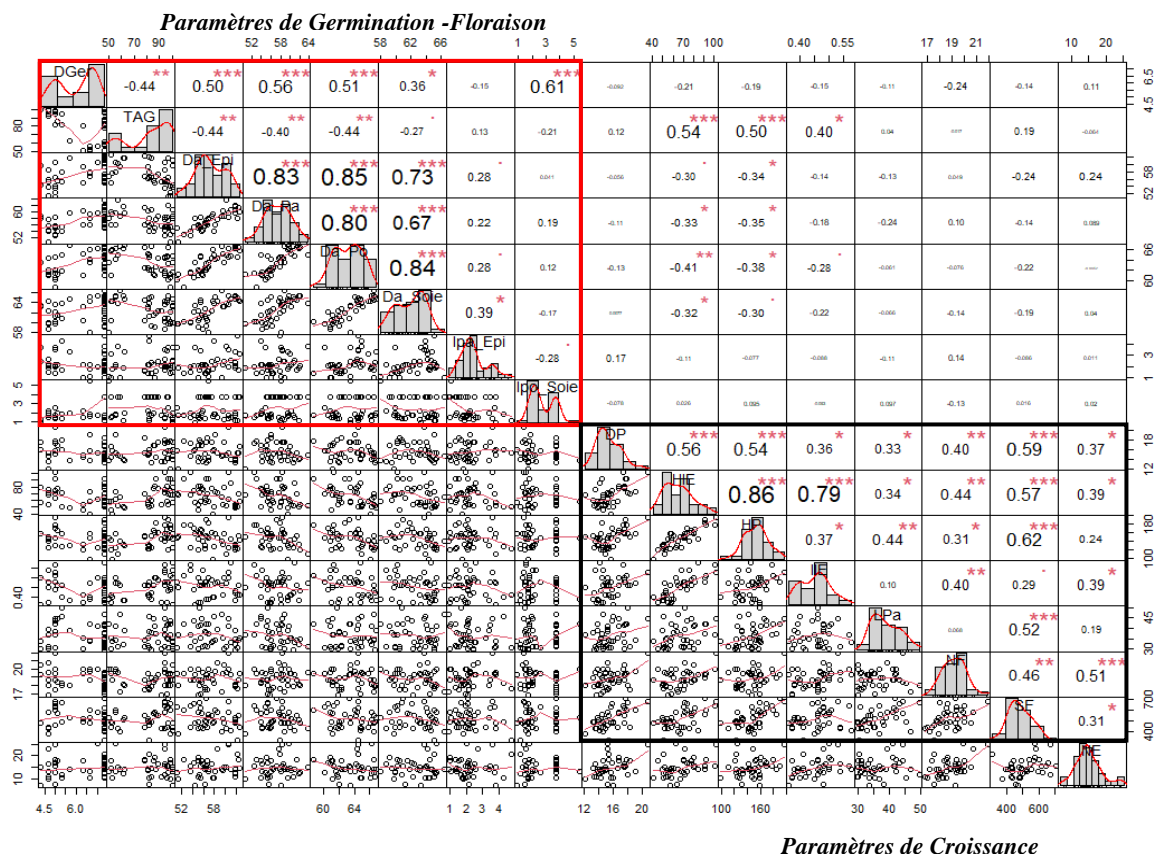
L'analyse de la matrice de corrélation entre les variables de germination-floraison et les variables de croissance a montré de très fortes corrélations ( $r$ ) au sein de chaque variable et entre les deux groupes (catégorie) de variables (figure 43).

La corrélation entre les deux catégories de variables varie de  $r = -0,41$  à  $r = 0,54$ . La corrélation qui lie les deux catégories de variables est une très forte corrélation linéaire positive et significative entre le taux de germination (TAG) avec la hauteur d'insertion de l'épi (HIE) et la hauteur de la plante (HP).

Concernant la corrélation au sein des paramètres de germination-floraison, la corrélation ( $r$ ) varie de  $r = -0,44$  à  $r = 0,84$ . Une très forte corrélation ( $r$ ) linéaire positivement significative est enregistrée entre le délai de germination (DGer) avec le délai d'apparition de l'épi (DaEpi), le délai d'apparition de la panicule (DaPa), le délai d'apparition de pollen (DaPo) et l'intervalle de jours entre l'apparition du pollen et la soie (IPoSoie). Il est en plus relevé une très forte corrélation positive et significative entre le délai d'apparition de l'épi (DaEpi) avec le délai d'apparition de la panicule (DaPa), le délai d'apparition du pollen (DaPo) et le délai d'apparition de la soie (DaSoie).

Aussi, une très forte corrélation positive et significative entre le délai d'apparition de la panicule (DaPa) avec le délai d'apparition du pollen (DaPo) et le délai d'apparition de la soie (DaSoie). Enfin, une très forte corrélation positive et significative entre le délai d'apparition du pollen (DaPo) et le délai d'apparition de la soie (DaSoie) ( $r = 0,84$ ).

S'agissant de la corrélation au sein des variables de croissance, la corrélation oscille entre  $r = 0,40$  et  $r = 0,86$ . Le diamètre de la plante (DP) présente une très forte corrélation ( $r$ ) positive et significative avec la hauteur d'insertion de l'épi (HIE), la hauteur de la plante (HP) et la surface foliaire (SF). Aussi, une très forte corrélation significativement positive entre la hauteur d'insertion de l'épi (HIE) avec la hauteur de la plante (HP), l'indice d'insertion de l'épi (IIE) et la surface foliaire (SF). De plus, une très forte corrélation positive et significative entre la hauteur de la plante (HP) et la surface foliaire (SF) ( $r = 0,62$ ). En plus, la longueur de la panicule (LPa) et la surface foliaire (SF) entretiennent une très forte corrélation positive et significative ( $r = 0,52$ ). Enfin, une corrélation fortement positive et significative existe entre le nombre de feuilles (NF) et le nombre d'épillets (NE) de la panicule ( $r = 0,51$ ).



**Figure 43:** Corrélation entre les variables de germination-floraison et les variables de croissance du second cycle de culture

\*: faible corrélation ; \*\*: forte corrélation ; \*\*\*: très forte corrélation.

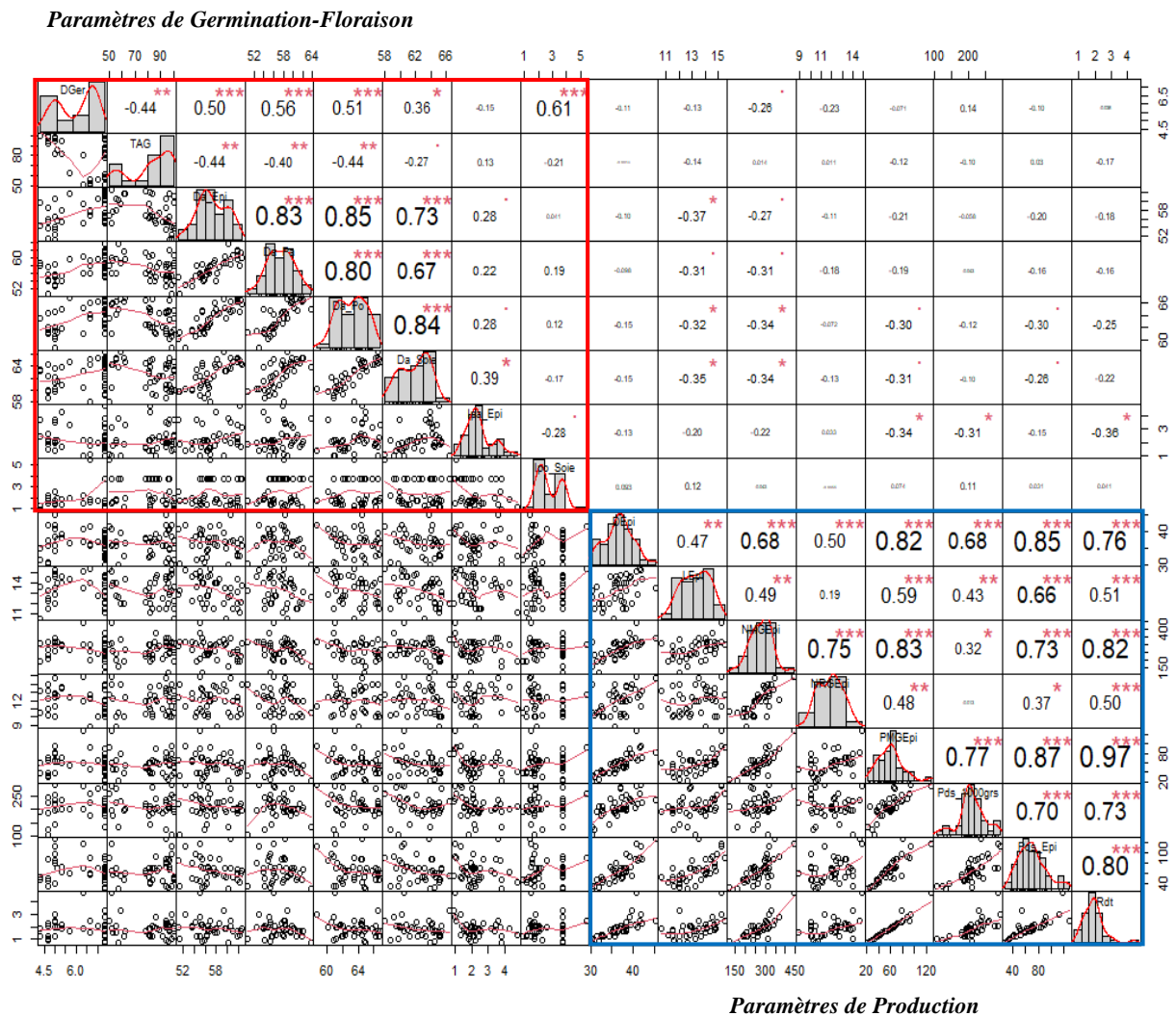
### 3.1.3.5. Corrélation entre les variables de germination-floraison et les variables de production du second cycle de culture.

Les coefficients de corrélation (r) entre les paramètres de germination-floraison et les paramètres de production varient de  $r = -0,37$  à  $r = -0,31$  (figure 44). La corrélation entre les deux groupes de paramètre présente des corrélations (r) négativement significative. Ainsi, une faible corrélation négativement significative existe entre la longueur de l'épi et le délai d'apparition de l'épi (DaEpi) ( $r = -0,37$ ). Aussi, une faible corrélation négativement significative est observée entre le délai d'apparition de pollen (DaPo) avec la longueur de l'épi (LEpi) et le nombre moyen de grains par épi (NMGEpi). De plus une corrélation négativement significative est enregistrée entre le délai d'apparition de la soie (DaSoie) avec la longueur de l'épi (LEpi) et le nombre moyen de grains par épi (NMGEpi). Enfin, une

faible corrélation linéaire négative et significative s'observe entre l'intervalle de jours entre l'apparition de la panicule et de l'épi (IPaEpi) avec le poids moyen de grains par épi (PMGEpi), le poids de 1000 grains (Pds 1000grs) et le rendement (Rdt).

S'agissant de la corrélation au sein des paramètres de germination-floraison, la corrélation ( $r$ ) varie de  $r = -0,44$  à  $r = 0,84$ . Une très forte corrélation ( $r$ ) linéaire positivement significative est enregistrée entre plusieurs couples de variables (figure 44).

Quant à la corrélation au sein des paramètres de production, la corrélation entre les variables varie de  $r = 0,47$  à  $r = 0,97$ . Une très forte corrélation ( $r$ ) linéaire positivement significative existe entre le diamètre de l'épi avec le nombre moyen de grains par épi (NMGEpi), le nombre de rangées de grains par épi (NRGEpi), le poids moyen de grains par épi (PMGEpi), le poids de 1000 grains (Pds 1000grs), le poids de l'épi (Pds Epi) et le rendement (Rdt). Ensuite, une très forte corrélation positive et significative se présente entre la longueur de l'épi (LEpi) avec le poids moyen de grains par épi (PMGEpi), le poids de l'épi (Pds Epi) et le rendement (Rdt). Aussi, une très forte corrélation linéaire positive et significative est enregistrée entre le nombre moyen de grains par épi (NMGEpi) avec le nombre de rangées de grains par épi (NRGEpi), le poids moyen de grains par épi (PMGEpi), le poids de l'épi (Pds Epi) et le rendement (Rdt). De plus, une très forte corrélation positive et significative existe entre le nombre de rangées de grains par épi (NRGEpi) et le rendement (Rdt) ( $r = 0,50$ ). Notons encore, une très forte corrélation linéaire positive et significative est obtenue entre le poids moyen de grains par épi (PMGEpi) avec le poids de 1000 grains (Pds 1000grs), le poids de l'épi (Pds Epi) et le rendement (Rdt). En plus, une très forte corrélation positive et significative se présente entre le poids de 1000 grains (Pds 1000grs) avec le poids de l'épi (Pds Epi) et le rendement (Rd). Enfin, une très forte corrélation positivement significative entre le poids de l'épi (Pds Epi) et le rendement (Rdt) ( $r = 0,80$ ) (figure 44).



**Figure 44:** Corrélation entre les variables de germination-floraison et les variables de production du second cycle de culture

\*: faible corrélation ; \*\*: forte corrélation ; \*\*\*: très forte corrélation.

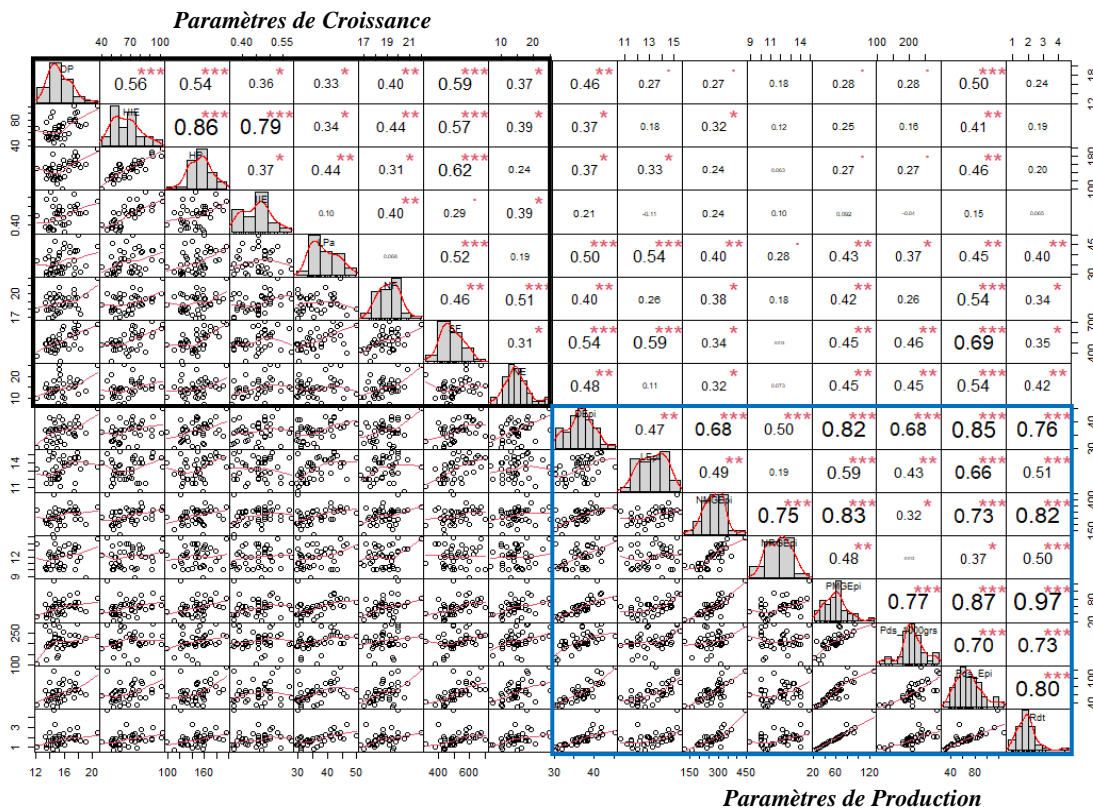
### 3.1.3.6. Corrélation entre les variables de croissance et les variables de production du second cycle de culture.

La matrice de corrélation entre les variables de croissance et les variables de production présente des corrélations hautement significatives et positives entre plusieurs couples de variables des deux groupes (catégories) de paramètre (figure 45). Cette corrélation entre les deux catégories de variables varie de  $r = 0,40$  à  $r = 0,69$ . Une très forte corrélation linéaire entre les deux catégories de variables existe. Le diamètre de la plante (DP) est hautement positif et significativement corrélé avec le poids de l'épi

(Pds Epi) ( $r = 0,50$ ). Une très forte corrélation linéaire positive et significative existe entre la longueur de la panicule (LPa) avec le diamètre de l'épi (DEpi) et la longueur de l'épi (LEpi). Ensuite, Une très forte corrélation significativement positive s'observe entre le nombre de feuilles (NF) et le poids de l'épi (Pds Epi) ( $r = 0,69$ ). Aussi, une très forte corrélation linéaire positive et significative existe entre la surface foliaire (SF) avec le diamètre de l'épi (DEpi), la longueur de l'épi (LEpi) et le poids de l'épi (Pds Epi). Enfin, le nombre d'épillets (NE) de la panicule et le poids de l'épi (Pds Epi) lient une très forte corrélation positive et significative ( $r = 0,54$ ).

S'agissant de la corrélation au sein des variables de croissance, la corrélation oscille entre  $r = 0,40$  et  $r = 0,86$ . Les variables enregistrent entre elles une très forte corrélation ( $r$ ) positive et significative (figure 45).

Quant à la corrélation au sein des paramètres de production, la corrélation entre les variables varie de  $r = 0,47$  à  $r = 0,97$ . Une très forte corrélation ( $r$ ) linéaire positivement significative existe entre plusieurs couples de variables (figure 45).



**Figure 45:** Corrélation entre les variables de croissance et les variables de production du second cycle de culture

\*: faible corrélation ; \*\*: forte corrélation ; \*\*\*: très forte corrélation.

### 3.2. Discussion

#### Distribution, corrélation et performance agronomique des lignées de maïs

Les relations au sein des variables de germination, floraison, croissance et de production et entre les différentes variables des deux cycles de culture ont été mises en évidence d'une part, à partir de la distribution et de la classification des variables dans le cercle de corrélation et d'autre part, à travers la matrice de corrélation. Les résultats ont présenté les performances agronomiques des lignées grâce à leur distribution et ont enregistré des corrélations significativement positives et négatives.

Au niveau des paramètres de floraison et de germination, la corrélation au sein des deux cycles de culture est positive. Une très forte corrélation positivement significative a été enregistrée entre certaines variables communes aux deux cycles. Il s'agit des corrélations entre le délai d'apparition de l'épi (DaEpi) avec le délai d'apparition de la panicule (DaPa), le délai d'apparition du pollen et le délai d'apparition de la soie (DaSoie). Aussi, une très forte corrélation commune et positivement significative a été observée entre le délai d'apparition de la panicule (DaPa) avec le délai d'apparition du pollen et le délai d'apparition de la soie (DaSoie). Enfin, une très forte corrélation positive et significative entre le délai d'apparition du pollen et le délai d'apparition de la soie (DaSoie). La relation entre les deux catégories de variables (variables de germination-floraison et les variables de production) observés au cours des deux cycles de culture a présenté une forte corrélation négativement significative entre les deux groupes de variables du premier cycle et une faible corrélation négativement significative enregistrée entre les deux groupes de variables du second cycle. Ces différentes corrélations au sein de ces variables seraient dues au fait que ces variables déterminent le bon fonctionnement du cycle semis-floraison et la précocité des lignées de maïs. Les résultats obtenus corroborent ceux de N'da *et al.* (2014) et de Deffan *et al.* (2015) qui ont rapporté que les durées des cycles de floraisons mâle et femelle chez le maïs sont corrélées positivement. Ces résultats concordent aussi avec ceux de Moussa *et al.* (2018) qui ont montré que les durées des cycles de floraison mâle (50 % pollen) et femelle (soies) sont corrélées positivement et de manière significative.

S'agissant de la corrélation au sein des variables de croissance, le constat réalisé stipule qu'il existe des corrélations identiques au cours des deux cycles de culture. Il s'agit de très fortes corrélations positives et significatives entre le diamètre de la plante (DP) avec la hauteur de la plante (HP) et la surface foliaire (SF) ; entre la hauteur d'insertion de l'épi (HIE) avec la hauteur de la plante (HP) et la surface foliaire (SF) ; et entre la hauteur de la plante (HP) et la surface foliaire (SF). Cette corrélation entre la surface foliaire et les autres variables serait due à la capacité des feuilles à réaliser les activités



photosynthétiques. En effet, le bon déroulement de ce mécanisme de photosynthèse favorise la croissance des organes de la plante, d'où la corrélation positive et significative entre la surface foliaire avec le diamètre, la hauteur de la plante et la hauteur d'insertion de l'épi. Ces résultats concordent avec celui de Bamboré (2016) sur la diversité agro-morphologique de cinquante cultivars locaux de maïs collectés dans la province du Houet (Burkina Faso). Dans ces résultats, la maturité était corrélée avec le nombre total de feuilles, la hauteur de la plante, le diamètre de la tige et la surface foliaire. Une interdépendance existait entre le poids de l'épi et l'écart entre la maturité et la floraison femelle. La floraison mâle était corrélée avec la maturité et le nombre total de feuilles.

La matrice de corrélation entre les paramètres de croissance et de production présente des corrélations hautement significatives et positives identiques entre certains couples de variables des deux groupes de paramètre et d'autres corrélations qui diffèrent. Aussi, au sein des paramètres de production, de très fortes corrélations ( $r$ ) communes positivement significatives ont été enregistrées entre certaines variables des deux cycles de culture. Les résultats de cette étude ont indiqué une corrélation entre les caractères morphologiques et le rendement des lignées. La corrélation entre les variables de croissance et les variables de production s'expliquerait par le fait qu'un bon rendement des plantes de maïs dépend nécessairement d'un bon développement végétatif de la plante. Dossou *et al.* (2015) ont montré dans une étude que les variétés à cycle relativement court et avec des individus à caractères végétatifs plus développés donnent les meilleurs rendements. Bamboré (2016), a obtenu des corrélations positives et significatives entre la section moyenne de l'épi et la surface foliaire, le nombre total de feuilles, la hauteur de la plante et la longueur de l'épi. Les corrélations entre les caractères pourraient faciliter l'amélioration génétique car lorsqu'il existe une corrélation positive, l'amélioration de l'un entraînera simultanément celle des autres (Bakasso, 2010 et Dossou *et al.*, 2015). D'autres études menées sur le pois chiche ont montré des corrélations positives et significatives entre le nombre de gousses et de graines par plant et le rendement en grains avec la hauteur du plant, le nombre de graines par gousse, le poids de 100 grains et le nombre de branches primaires (Amri-Tiliouine, 2020).

### 3.3. Conclusion partielle

Le cercle de corrélation présentant la projection des variables, la classification des lignées sur le plan factoriel et le dendrogramme de classification ascendante hiérarchique des lignées ont permis de mettre en évidence la performance agronomique des différentes lignées en fonction des variables étudiées. Ces résultats ont montré différentes performances des lignées grâce à leurs distributions en



fonction des groupes de variables étudiées au cours des deux cycles de culture. Cependant, certaines lignées ont conservé les mêmes aptitudes de culture pendant les deux cycles de culture. Les variables de germination, de croissance, de floraison et de production ont permis de déterminer chez certaines lignées de faibles valeurs et des courts délais d'apparition. Par contre, chez d'autres lignées, de fortes valeurs et des délais longs d'apparition ont été obtenus. Ces résultats ont favorisé la distinction et la classification des lignées selon la variable qui contribue mieux à sa croissance et à son développement.

Ensuite, les relations au sein des variables et entre les groupes de variables ont engendré plusieurs corrélations. En effet, les corrélations entre les variables de germination-floraison et les variables de croissance des deux cycles de culture ont été différentes et les variables en corrélation diffèrent d'un cycle de culture à l'autre. Cependant, au sein des variables de germination-floraison et des variables de croissance des deux cycles de culture, il existe une très forte corrélation positive.

Les corrélations entre les variables de germination-floraison et les variables de production des deux cycles de culture ont présenté des corrélations différentes et négatives. La corrélation au sein des variables de production des deux cycles de culture est fortement positive et significative. Il existe des corrélations identiques au sein des variables de production des deux cycles de culture (le diamètre de l'épi avec le nombre de rangées de grains par épi (NRGEpi), le poids moyen des grains par épi (PMGEpi), le poids de l'épi (Pds Epi) et le rendement (Rdt)). Les corrélations entre les variables de croissance et les variables de production des deux cycles de culture ont enregistré certaines corrélations identiques.

## **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

## **CONCLUSION GÉNÉRALE**

Le maïs fait partie des céréales les plus consommées en Côte d'Ivoire et occupe la deuxième place après le riz. L'objectif de ces investigations a été de caractériser au plan agro-morphologique quarante (40) lignées de maïs issues de la variété EV8728 irradiée au rayonnement gamma aux doses 200 grays et 300 grays. Chaque variable de cette caractérisation a constitué une source potentielle de caractères intéressants pour l'amélioration de la production du maïs en Côte d'Ivoire. La diversité agro-morphologique des lignées a consisté d'une part, à comparer les lignées entre elles et d'autre part, à comparer les lignées par rapport au témoin (L1<sub>D0</sub>) à travers les paramètres agro-morphologiques tels que les variables de germination, les variables de croissance et les variables de production.

Au stade germination, les deux cycles de culture ont en commun les lignées L59<sub>D300</sub> avec un délai de 5 jours et L48<sub>D300</sub> faisant un délai de 7 jours. Le taux de germination des deux cycles de culture a oscillé entre 54,86 % (L71<sub>D300</sub> et L41<sub>D300</sub>) et 100 % (L59<sub>D300</sub>, L11<sub>D200</sub>, L89<sub>D200</sub>, L93<sub>D200</sub>, L95B<sub>D200</sub> et L71A<sub>D300</sub>).

Les variables de croissance ont présenté des écarts significatifs entre les lignées au cours des deux cycles de culture. Par ailleurs, certaines lignées ont exprimé les mêmes variabilités au sein des paramètres de croissance. Ce sont les lignées L23<sub>D200</sub>, L95A<sub>D200</sub>, L95B<sub>D200</sub> et L91<sub>D200</sub> qui ont enregistré les plus grandes valeurs de diamètre des plantes, hauteur d'insertion de l'épi, hauteur des plantes, indice d'insertion de l'épi, longueur de la panicule, nombre de feuilles, surface foliaire et nombre d'épillets contrairement aux lignées L9<sub>D200</sub>, L95<sub>D200</sub>, L54<sub>D300</sub>, L48<sub>D300</sub>, L75<sub>D300</sub>, L46A<sub>D300</sub> et L93<sub>D200</sub>, qui ont présenté les petites valeurs.

Les paramètres de floraison des deux cycles de culture ont présenté des cycles de floraison précoces, semis-précoces, semis-tardifs, tardifs et très tardifs par rapport à la variété témoin L1<sub>D0</sub>. Toutefois, certaines lignées ont montré des caractères identiques durant les deux cycles de culture. Ainsi, les délais d'apparition de l'épi, de la panicule, de pollen et de la soie ont été précoces chez les lignées L99<sub>D200</sub>, L95B<sub>D200</sub> et L32<sub>D300</sub> et tardifs chez les lignées L54<sub>D300</sub>, L48<sub>D300</sub>, L47<sub>D300</sub>, L46A<sub>D300</sub> et L71A<sub>D300</sub>.

Les variables de production ont défini des variations significatives dans les deux cycles de culture. Cependant, certaines lignées ont montré des caractéristiques identiques. Le diamètre des épis, la longueur des épis, le nombre moyen de grains par épi, le nombre de rangées de grains par épi, le poids moyen des grains par épi, le poids de 1000 grains et le rendement ont été plus élevés chez les lignées L7<sub>D200</sub>, L95B<sub>D200</sub>, L23<sub>D200</sub>, L32A<sub>D300</sub>, L72<sub>D300</sub>, L36<sub>D300</sub> et L32A<sub>D300</sub> et plus petits chez les lignées L99<sub>D200</sub>, L75<sub>D300</sub>, L30<sub>D300</sub>, L46A<sub>D300</sub>, L48<sub>D300</sub>, L54<sub>D300</sub> et L51<sub>D300</sub>

Au niveau des paramètres qualitatifs, les lignées de maïs ont toutes présenté de façon générale les mêmes caractéristiques d'un cycle de culture à l'autre. Cependant, quelques variations ont été observées chez certaines lignées.

Les performances agronomiques des différentes lignées ont été mises en évidence à travers la distribution des lignées dans le plan factoriel. A cet effet, chez les variables de germination et floraison, les lignées L8<sub>D200</sub>, L87<sub>D200</sub>, L32<sub>D300</sub>, L95B<sub>D200</sub>, L95A<sub>D200</sub>, L99<sub>D200</sub>, L89<sub>D200</sub>, L9<sub>D200</sub>, L1<sub>D0</sub>, L95<sub>D200</sub>, L30<sub>D300</sub> ont présenté un court délai de germination (D<sub>Ger</sub>) et court intervalle de jours entre le pollen et la soie (I<sub>PoSoie</sub>), mais avec un taux de germination élevé. Les lignées L63<sub>D300</sub>, L41<sub>D300</sub>, L71A<sub>D300</sub>, L72A<sub>D300</sub>, L67<sub>D300</sub>, L36<sub>D300</sub>, L60<sub>D300</sub> et L32A<sub>D300</sub> ont obtenu un court délai d'apparition de la panicule (DaPa), d'apparition de l'épi (DaEpi), d'apparition de la soie (DaSoie), d'apparition de pollen (DaPo) et d'intervalle de jours entre l'apparition de la panicule et de l'épi (I<sub>PaEpi</sub>). Ces lignées sont dites précoces. Cependant, les lignées L59<sub>D300</sub>, L46A<sub>D300</sub>, L11<sub>D200</sub>, L23<sub>D200</sub>, L77<sub>D300</sub>, L93<sub>D200</sub>, L54A<sub>D300</sub>, L48<sub>D300</sub>, L54<sub>D300</sub>, L71<sub>D300</sub> et L47<sub>D300</sub> ont un long délai de germination, des délais longs de DaPa, DaEpi, DaSoie, DaPo, I<sub>PaEpi</sub> et I<sub>PoSoie</sub>, et sont dites tardives et très tardives pour les deux cycles.

Les variables de croissance des deux cycles de culture, présentent les lignées L54<sub>D300</sub> et L48<sub>D300</sub> avec de faibles valeurs en diamètre de la plante (DP), hauteur de la plante (HP), surface foliaire (SF), longueur de la panicule (LPa), nombre d'épillets de la panicule (NE), nombre de feuilles (NF) et indice d'insertion de l'épi (IIE). Par contre, les lignées L60<sub>D300</sub>, L30<sub>D300</sub>, L11<sub>D200</sub>, L92<sub>D200</sub>, L59<sub>D300</sub> et L91<sub>D200</sub> ont montré de fortes valeurs en NE, NF et IIE. Aussi, les lignées L32A<sub>D300</sub>, L95B<sub>D200</sub>, L95A<sub>D200</sub>, L87<sub>D200</sub>, L1<sub>D0</sub> et L23<sub>D200</sub> ont présenté de fortes valeurs en HIE, LPa, HP, DP, et SF.

S'agissant des variables de production des deux cycles de culture, les lignées L99<sub>D200</sub>, L30<sub>D300</sub>, L67<sub>D300</sub>, L59<sub>D300</sub>, L11<sub>D200</sub> et L46<sub>D300</sub> se caractérisent par un petit diamètre de l'épi (DEpi), un faible poids de l'épi (Pds Epi), une petite longueur de l'épi (LEpi), un faible rendement (Rdt), un petit poids moyen des grains par épi (PMGEpi) et un faible poids de 1000 grains (Pds 1000grs). Aussi, les lignées L75<sub>D300</sub>, L54<sub>D300</sub>, L48<sub>D300</sub>, L88<sub>D200</sub> et L95<sub>D200</sub> ont un faible nombre de rangés de grains par épi (NRGEpi) et un petit nombre moyen de grains par épi (NMGEpi). Par contre, les lignées L7<sub>D200</sub>, L60<sub>D300</sub>, L61<sub>D300</sub>, L47<sub>D300</sub>, L87<sub>D200</sub>, L32A<sub>D300</sub>, L23<sub>D200</sub> renferment des valeurs élevées en NRGEpi et NMGEpi, et les lignées L95B<sub>D200</sub>, L71A<sub>D300</sub>, L95A<sub>D200</sub> ont enregistré également des valeurs élevées en Pds Epi, Rdt, LEpi, DEpi, PMGEpi et Pds 1000grs.

Il ressort des résultats obtenus des différents paramètres de germination, de floraison, de croissance et de production que les doses 200 grays et 300 grays influencent chaque lignée étudiée. En

effet, les deux doses favorisent pour certaines lignées une bonne aptitude agronomique et pour d'autre soit une performance moyenne, soit une faible performance. Mais, la dose 200 grays favorise mieux une bonne aptitude de croissance et de développement par rapport à la dose 300 grays. Toutefois, la connaissance de cette diversité de caractère entre les lignées offre une potentialité aux chercheurs et sélectionneurs d'améliorer la culture du maïs afin d'assurer la sécurité alimentaire et nutritionnelle.

## **PERSPECTIVES**

Au terme de cette investigation scientifique, il serait préférable de poursuivre les recherches en abordant les différents points de perspectives suivants :

- Faire une caractérisation agro-pédologique ;
- Produire des hybrides par croisement ;
- Caractériser les hybrides par des tests multi locaux.

## **RÉFÉRENCES**

- Abduselam F., Lageze Z., Tegene S., Tadesse F., Biri A. & Siraj N. (2017). Performance Evaluation and Adaptability of Improved Released Maize (*Zea mays* L.) Varieties in the Midlands of Fedis District of Eastern Hararghe. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 7(5) :10-14.
- Achigan-Dako E.G., Houdegbe A.C., Glele M. & Nono-Wondium R. (2014). Analyse du système de production et de distribution des semences de maïs (*Zea mays* L.) au Sud-Bénin. *in Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 18(1) : 49-60.
- Adamczyk B., Smolander A., Kitunen V. & Godlewski M. (2010). Proteins as nitrogen source for plants: a short story about exudation of proteases by plant roots. *Plant Signaling & Behavior* 5(7): 817-819.
- Adiaha M. (2018). Economic value of Maize (*Zea mays* L.) in Nigeria and its impacts on the global food production. *International Journal of Scientific World*, 6(1): 27-30.
- Adikuru N.C., Ogoke I.J., Ibeawuchi I.I., Ngwuta A.A. & Madu T.U. (2020). Adaptation to Delayed Onset of Rainfall for Maize Production in a Humid Tropical Environment. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 10(1): 11-18.
- Admasu R., Tadesse M. & Shimbir T. (2017). Effect of Growth Stage Moisture Stress on Maize (*Zea Mays* L.) Yield and Water Use Efficiency at West Wellaga, Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 7(23): 98-103.
- Adou A.G., Gohourou F., Seidou C. & Aloko N.J. (2018). Analyse de la dynamique spatiale des ressources forestières et de ses causes dans la sous-préfecture de Zoukougbeu (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Revue Ivoirienne des Sciences Historiques*, 4 : 25-39.
- Affoh R., Zheng H., Zhang X., Yu W. & Qu C. Influences of Meteorological Factors on Maize and Sorghum Yield in Togo, West Africa. *Land*, 12(13) : 01-24.
- Ahmed Z., Khalid M., Ghafoor A., Shah M.K.N., Raja G.K., Rana R.M., Mahmood T. & Thompson A.M. (2022). SNP-Based Genome-Wide Association Mapping of Pollen Viability Under Heat Stress in Tropical *Zea mays* L. Inbred Lines. *Journal Frontiers in Genetics*, 13: 9p.
- Ahouannenou G.L., Houenou B. (2011). Rapport sur le commerce et concurrence transfrontalier du maïs. Petits producteurs et marchés, 144p
- AIEA. (2010). Induced Mutagenesis for Crop Improvement in Bulgaria. *Plant Mutation Reports*, 2(2) :1 - 60. OK

- Akaffou E.T. (2019). Répartition spatiale de quatre espèces arborescentes prépondérantes dans trois fragments de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). Mémoire de Master d'Agriculture et Foresterie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 83 p
- Akedrin T.N., Vouï B.B.B.N., Akotto O.F. & Ake S. (2020). Effets de six légumineuses spontanées les plus répandues dans les jachères naturelles sur la fertilité des sols dans la région de Daloa (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(3): 1052-1064.
- Akoguhi N.P., Adja M.G., Akpetou K.L., Mamadou D. & Kouamé K.F. (2020). Cartographie aéroportée de l'espace universitaire de l'UJLoG par la méthode de classification dirigée orientée objet et réalisation du parcellaire des infrastructures d'enseignement. *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, 9(9): 01-14.
- Alloun K. (2019). Composition Chimique et activités biologiques de métabolites secondaires de *Crithmum maritimum* L., de *Melissa officinalis* L. et de *Thymus pallescens* de Noé et effet de l'irradiation gamma sur les huiles essentielles du thym. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences Agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach –Alger (Alger, Algérie), 207p.
- Al-Zobiady R.A., Al-mamoori A.H., Alkhafagi K.F.H. & Abakah A.J.S. (2019). The role of proline concentrations in improving the yield of maize (*Zea mays* L.). Plant Under Water Stress Conditions. *Plant Archives*, 19(1): 1191-1198.
- Amani M.K., Koffi F.K., Yao B.K., Kouakou B.D., Jean E.P. & Sekouba O. (2010). Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire », *Cybergeog: European Journal of Geography*, document 513.
- Amoin A.K.K.A., Agbo A.E., Dago G.A., Gbogouri G.A., Brou K.D. & Dago G. (2015). Comparaison des caractéristiques nutritionnelles et rhéologiques des bouillies infantiles préparées par les techniques de germination et de fermentation. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(2): 944-953.
- Amri-Tiliouine W. (2020). Induction de la variabilité génétique par radio-mutagenèse (rayons gamma) chez le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) et évaluation agronomique et génétique (Low-Cost TILLING) de mutants en M2. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences Agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach – Alger (Alger, Algérie), 160p.



- Anzala F.J. (2006). Contrôle de la vitesse de germination chez le maïs (*Zea mays*) : étude de la voie de biosynthèse des acides aminés issus de l'aspartate et recherche de QTLs. Thèse de doctorat, UFR Biologie cellulaire et moléculaire végétale, Université d'Angers (Angers, France), 149p.
- Arifin N.S., Hayyu F. & Darmawan S. (2017). Effect of gamma irradiated pollen on purple corn (*Zea mays* L.). *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*, 49(1): 16-25.
- Assale A.A.Y., Barima Y.S.S., Kouakou K.A., Kouakou A.T.M. & Bogaert J. (2016). Agents de dégradation d'une aire protégée après une décennie de conflits en Côte d'Ivoire : cas de la forêt classée du Haut-Sassandra. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 22(1): 123-133.
- Atiah W.A., Amekudzi L.K., Akum R.A., Quansah E., Antwi-Agyei P. & Danuor S.K. (2021). Climate variability and impacts on maize (*Zea mays*) yield in Ghana, West Africa. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 148(742): 185–198.
- Awata A. O.L., Tongoona P., Danquah E., Ifie E.B., Suresh L. M., Jumbo B.M., Marchelo-D'ragga W. P. & Sitonik C. (2019). Understanding tropical maize (*Zea mays* L.): The major monocot in modernization and sustainability of agriculture in sub-Saharan Africa. *International Journal of Advance Agricultural Research*, 7(2):32-77.
- Ayolié K., Gogbeu S.J., Tonessia D.C., Kouassi N.J., Obo A.C X., Yapo S.E.S & Yatty K.J. (2016). Etude de la qualité agronomique de quelques écotypes de niébé (*Vigna unguiculata*) (L.) walp. (Fabaceae) collectés en Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 12 (5) : 78-88
- Ba M.N. (2017). Competiveness of Maize Value Chains for Smallholders in West Africa: Case of Benin, Ghana and Côte D'Ivoire. *Agricultural Sciences*, 8 : 1372-1401.
- Bahlali S. (2020). Etude d'architecture de système racinaire des palmiers. Mémoire de Master en agronomie, UFR des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie, Université Mouhamed Kheider biskra, Algérie, 43p.
- Bakari K.A., Aka S.Y., Brahma K. & Fatogoma S. (2018). Agro-Morphological Diversity of some Improved and Local Rice (*Oryza sativa*) Varieties in Irrigated Lowland in Guinea Savannah of Côte D'ivoire. *International Journal oh Sciences*, 8(4): 11-22.
- Bakasso Y., Zaman-Allah M., Mariac C., Billot C., Vigouroux Y., Zongo J-D. & Saadou M. (2014). Genetic diversity and population structure in a collection of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) from Niger. *Plant Genetic Resources*, 12 (2): 207-214.

- Bamba B., Guèye M., Badiane A., N’Gom D. & Samba L. K. A. (2019). Effet de la date et de la densité de semis sur la croissance et le rendement en grain du mil tardif [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br] dans les zones sud est et sud du Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, 138: 14106 – 14122.
- Bambara D., Sawadogo J., Kaboré O. & Bilgo A. (2019). Variabilité de certains paramètres climatiques et impacts sur la durée des périodes humides de développement végétal dans une station au centre et une autre au nord du Burkina Faso. *VertigO*, 19(1): 24p.
- Bambore F. J. (2016). Diversité agro-morphologique de cinquante (50) cultivars locaux de maïs (*Zea mays* L.1753) collectés dans la province du Houet (Burkina Faso). Mémoire d'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural, UFR Agronomie, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (Bobo-Dioulasso, Burkina Faso), 90p.
- Banza M.J. (2020). Simulation du rendement en maïs grain à Lubumbashi, République Démocratique du Congo. Master de spécialisation en sciences et gestion de l'environnement dans les pays en développement, Université Catholique de Louvain, Belgique.
- Barima Y.S.S., Assalé A.A.Y., Vignal M., Andrieu J. & Godron M. (2016). Caractérisation post conflits armés des perturbations dans la forêt classée du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 12(6): 66 – 82.
- Barrière Y. (2001). Le maïs et l'eau : une situation aujourd'hui paradoxale, maïs des progrès génétiques à attendre d'un idéotype redéfini. *Fourrages*, 168, 477-489.
- Barro K.C.P. (2010). Diversités agro-morphologique et génétique de variétés locales de sorgho (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) du Burkina Faso. Eléments pour la valorisation des ressources génétiques locales. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences Biologiques Appliquées, Génétique et Amélioration des plantes. Université de Ouagadougou (Ouagadougou, Burkina Faso), 136p.
- Batho P., Shaban N. & Mwakaje A. (2019). Impacts of rainfall and temperature variation on maize (*Zea mays* L.) yields: A case study of Mbeya Region, Tanzania. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 4(2): 177-184.
- Bedoum A., Biona B.C., Alladoum M., Adoum I. & Baohoutou L. (2014). Impact de la variabilité pluviométrique et de la sécheresse au sud du tchad : Effets du changement climatique. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 23: 13 – 30.
- Belalia N., Khelifi-Slaoui M. & Khelifi L. (2020). Évaluation de la diversité agro-morphologique des accessions de maïs (*Zea mays* L.) originaires des Oasis Sahariennes. *Revue Nature et Technologie*, 13(1): 53-64.

- Bello A.I., Agnoun Y., Salami H.A., Akakpo C., Agbessi B., Toviho J., Sie M., Adjanohoun A. & Agbangla C. (2018). Assessment of the phenotypic variability of rice accessions (*Oryza sp.*) collected in Benin using agro morphological markers. *Journal of Natural Product and Plant Resources*, 8(2): 17-31.
- Bertrand B., Montagnon C., Georget F., Charmetant P. & Etienne H. (2012). Création et diffusion de variétés de caféiers Arabica : quelles innovations variétales, *Cahiers Agricultures*, 21(3): 73-6.
- Bheemanahalli R., Ramamoorthy P., Poudel S., Samiappan S., Wijewardane N. & Reddy K.R. (2022). Effects of drought and heat stresses during reproductive stage on pollen germination, yield, and leaf reflectance properties in maize (*Zea mays L.*). *American Society of Plant Biologist*, 6(8): 1-14.
- Birch C.J., Stephen K., McLean G., Doherty A., Hammer G.L., & Robertson M.J. (2008). Reliability of production of quick to medium maturity maize in areas of variable rainfall in north-east Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48: 326-334.
- Blancon J. (2019). Identification des déterminants génétiques de la tolérance à la sécheresse chez le maïs par l'étude de l'évolution de l'indice foliaire vert au cours du cycle de la plante et le développement d'une méthode de phénotypage innovant. Génétique des plantes. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences de la Vie et de la Santé, Université Clermont Auvergne (Chappes, France), 251p.
- Boichard D., Grohs C., Danchin-Burge C. & Capitan A. (2016). Les anomalies génétiques : définition, origine, transmission et évolution, mode d'action. *Productions Animales*, 29(5): 297-306.
- Boko B.B. (2022). Evaluation de la contribution des systèmes agroforestiers à cacaoyers à la conservation de la biodiversité et au stockage de carbone dans le département de Daloa (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 206p.
- Boko-Koiadia A.N.N., Guéladio C., Brama K. & Dedy S. (2016). Variabilité Climatique Et Changements Dans L'environnement À Korhogo En Côte D'ivoire : Mythes Ou Réalité? *European Scientific Journal*, 12(5), 19p.
- Bolou G.A. (2021). Etalement urbain et accès aux services socio-collectifs dans la ville de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *DaloGéo : revue scientifique spécialisée en Géographie*, 5, 21p.
- Bordes J. (2006). Création de lignées haploïdes doublées de maïs par gynogenèse induite in situ : amélioration de la méthode et intégration dans les schémas de sélection. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences de la vie et de la santé, Université Blaise Pascal (Auvergne, France), 133p.

- Bouchoukh I. (2019). Méthodes de création de variétés et de sélection. Biologie et Physiologie Végétale, Cours de Master 2, Université Frères Mentouri- Constantine (Alger, Algérie), 43p.
- Bourriche D. & Guenez R. (2020). Etude de caractères racinaires et morpho-phénologiques de quelques variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.) sous stress hydrique. Mémoire de Master des Sciences de la Nature et de la Vie, UFR des Sciences Biologiques, Université des Frères Mentouri Constantine (Alger, Algérie), 95p.
- Brahmi I., Mabrouk Y., Charaabi K., Delavault P., Simier P. & Belhadj O. (2014). Induced mutagenesis through gamma radiation in chickpea (*Cicer arietinum* L.): developmental changes in improved resistance to the parasitic weed *orobance foetida* poir. *International journal of advanced Research*, 2(11): 670-684.
- Brou Y.T., Akindès F., Bigot S., (2005). La variabilité climatique en Côte d'Ivoire : entre perceptions sociales et réponses agricoles. *Cahiers Agricultures*, 14(6): 533-540.
- Buso W.H.D., Gomes L.L., Paulina Ballesta P. & Mora F. (2019). A phenotypic comparison of yield and related traits in elite commercial corn hybrids resistant to pests. *Idesia*, 37(2): 45-50.
- Carraretto M. (2005). Histoires de maïs. D'une divinité amérindienne à ses avatars transgéniques. *Journal de la Société des américanistes*. Éditions du CTHS, Paris, France 2005, 92-1 et 2, 267 p.
- Cecilio M.C. (2021). Dimensions de la diversité des maïs indigènes au Mexique, *Revue d'ethnoécologie*, Supplément 2. URL: <http://journals.openedition.org/ethnoecologie/7453>.
- Charcosset A., Diamond F.T., Diamond P. R., Clémentine V., Diamond C. G. - Diamond J. J., Moreau L. & Diamond J-P. C. (2020). Concevoir et évaluer les maïs du futur. N°480.
- Chellat-R. (2021). Les mutations, Cours génotoxicologie, 45p.
- Chentoufi L., Sahri A., Arbaoui M., Birouk A., Roumet P., Muller M-H. & Belqadi L. (2014). Diversité agro-morphologique et gestion variétale par les agriculteurs du blé dur (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) dans le Pré-Rif marocain. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 2(2): 30-38.
- Cinyabuguma L.E., Mukunda M., Gisel Abe G., Batumike R., Baderhekuguma X., Kashosi N., Tshamoba M., Balola K. & Kashamuka M. (2018). Evaluation de la croissance et du rendement de quelques variétés de maïs en introduction dans l'écologie de Mulungu. *International Journal of Scientific*, 9(8): 15p.

- Clément M. (2019). Contribution des variations structurales de type insertions / délétions à l'adaptation, la variation des caractères et les performances hybrides chez le maïs. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences agronomiques et Santé, Université Paris-Sud (Paris, France), 196P.
- Colombo F., Pagano A., Sangiorgio S., Macovei A., Balestrazzi A., Araniti F. & Pilu R. (2023). Study of Seed Ageing in Ipa1-1 Maize Mutant and Two Possible Approaches to Restore Seed Germination. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(1): 20p.
- Cook B.G., Pengelly B.C., Brown S.D., Donnelly J.L., Eagles D.A., Franco M.A., Hanson J., Mullen B.F., Partridge I.J., Peters M. & Schultze-Kraft R. (2016). Tropical Forages: An Interactive Selection Tool. Lablab purpureus. CSIRO, DPI&F (Qld), CIAT, and ILRI, Brisbane, Australia.
- Coulibaly N.D., Fondio L., N'Gbesso M.F.D.P. & Doumbia B. (2019). Evaluation des performances agronomiques de quinze nouvelles lignées de tomate en station au centre de la Côte d'Ivoire. *International Journals Biology of Chemical Science*, 13(3): 1565-1581.
- Cudjoe G.P., Antwi-Agyei P. & Gyampoh B.A. (2021). The Effect of Climate Variability on Maize Production in the Ejura-Sekyedumase Municipality, Ghana. *Journal of climate science*, 9(10): 02-15.
- Cyplik A., Sobiech A., Tomkowiak A. & Bocianowski J. (2022). Genetic Parameters for Selected Traits of Inbred Lines of Maize (*Zea mays* L.). *Applied Sciences*, 12(14): 1-7.
- Da Silva M. (2021). L'impact de l'éthanol sur le marché du maïs aux États-Unis. Bachelor of Science en économie d'entreprise. Haute École de Gestion de Genève (HEG-GE), Filière Economie d'entreprise, 90p.
- Dadoum D.M., Kelgue S. & Djangrang M. (2017). Impact de la variabilité climatique sur les cultures pluviales dans le canton Bénouye en zone soudanienne du Tchad. *Annales de l'Université de Moundou*, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, 3(1), 51-68.
- Dahal P.P., Basnet K.B., Sah S.K. & Karki T.B. (2021). Effect of weather parameters on growth stages of winter maize explain the grain yield. *Highlights in BioScience*, 4 :1-5.
- Dandonougbo Y. (2020). Effet de la Variabilité de la Température et des Précipitations sur le Revenu Net des Cultures Céréalière au Togo : Approche Semi-Paramétrique. Document de Politique Générale 695. Consortium pour la Recherche Économique en Afrique, Kenya, 8p.
- Deffan K.P., Akanvou L., Akanvou R., Nemlin G.J. & Kouamé P.L. (2015). Évaluation morphologique et nutritionnelle de variétés locales et améliorées de maïs (*zea mays* L.) produites en Côte d'Ivoire.

- Laboratoire de Technologie du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), *Afrique Science*, 11(3), 181 – 196.
- Dekoula S.C., Kouame B., N'goran K.E., Yao G.F., Ehounou J-N. & Soro N. (2018). Impact De La Variabilité Pluviométrique Sur La Saison Culturelle Dans La Zone De Production Cotonnière En Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 14(12): 17p
- Demeulenaere E. & Goldringer I. (2017). Semences et transition agroécologie : initiatives paysannes et sélection participative comme innovations de rupture. *Natures Sciences Sociétés*, 25: 55 - 59.
- Demeulenaere E. & Goldringer I. (2017). Semences et transition agro-écologique : initiatives paysannes et sélection participative comme innovations de rupture. *Natures Sciences Sociétés* 25, 55-59.
- Demont M. (1997). Système de commercialisation des produits vivriers en Côte d'Ivoire : Étude pour le maïs (*Zea mays* L.) et l'arachide (*Arachis hypogaea*). Projet Renforcement des études agro-économiques à l'IDESSA. Institut Des Savanes, Département Cultures Vivrières, Bouaké, Côte d'Ivoire, 80p.
- Diarrisso M. (2014). Caractérisation agro-morphologique des variétés de riz pour leur fort potentiel de rendement en conditions aérobie. Mémoire de Fin de Cycle pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome de IPR/IFRA de Katibougou. Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou, Sénégal.
- Diomande B.I., Konan K.P. M. & YAO N.B-S. (2016). Variabilité pluviométrique et riziculture dans la sous-préfecture de Béoumi au centre-nord de la Côte d'Ivoire. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, 2: 12p.
- Djaha E.K., Abo K., Bonny S.V., Kone T., Amouakon J.L.W., Kone D. & Kone M. (2017). Caractérisation agromorphologique de 44 accessions de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) cultivées en Côte d'Ivoire. *Internationa Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(1): 174-184.
- Djibo EL-H.H. & Léi J. (2014). Effet de l'irradiation gamma des semences de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) sur la résistance au NaCl et l'accumulation de la proline dans les feuilles. *Internationa Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(4): 1517-1523.
- Djohy L.G., Edja H.A. & Nouatin S.G. (2015). Variation climatique et production vivrière : la culture du maïs dans le système agricole péri-urbain de la commune de Parakou au Nord-Benin. *Afrique Science* 11(6): 183 – 194.

- Dominique J-B., Marie-Christine C.S., Pascale de R. & Bernard R. (2013). De qui les variétés traditionnelles de plantes cultivées pourraient-elles être le patrimoine ? Réflexions depuis le bassin du lac Tchad : Variétés traditionnelles de plantes cultivées. *IRD édition*, p. 379-409
- Dooner H.K., Wang Q., Huang J.T., Li Y., He L., Xiong W. & Du C. (2019). Spontaneous mutations in maize pollen are frequent in some lines and arise mainly from retrotranspositions and deletions. *Agricultural Sciences*, 116(22): 10734–10743.
- Dossou-Aminon I., Dansi A., Ahissou H., Cissé N., Vodouhè R. & Sanni A. (2015). Climate variability and status of the production and diversity of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in the arid zone of northwest Benin. *Genetic Resources and Crop*, 63:1181-1201.
- Doudet A. (2018). Développement d'un outil d'aide au choix de variété de *Triticum aestivum* L. (blé tendre) à destination de la meunerie : analyse multicritère avec la méthode des indices de désirabilité appliquée aux critères de qualité du blé tendre. Mémoire de Master en Bioingénieur en Sciences Agronomiques, UFR Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT), Université de Liège (Liège, France), 84p.
- Dronne Y. (2018). Les matières premières agricoles pour l'alimentation humaine et animale : l'UE et la France. *INRA Productions Animales*, 31 (3), 181-200.
- Du L., Zhang H., Xin W., Ma K., Du D., Yu C. & Liu Y. (2021). Dissecting the Genetic Basis of Flowering Time and Height Related-Traits Using Two Doubled Haploid Populations in Maize. *Plants*, 10(8), 13p.
- Dutronc P. (2020). Champ de production de maïs semences. SEMAE, France, 9p.
- El-Ezz S.F.A. & Hafez S.H. (2019). Effect of Nitrogen Fertilization, Proline, Plant Spacing and Irrigation Intervals on Growth of Maize Plant. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 10 (8): 447 - 456.
- Elisabeth V. (2016). Bioenergy maize and soil Erosion-Risk assessment and erosion control concepts. *Geoderma*, 261: 80-92.
- Eliwa N.E. & Farag I.A. (2016). Effect of sodium nitroprusside and gamma radiation on growth and some physiological process of (*Zea mays* L.) Plants. *Zagazig Journal of Agricultural Botany*, 43(1): 99-110.
- Elola D. (2012). Evaluation multilocale d'hybrides et de lignées de maïs (*Zea mays* L.). Mémoire de fin de cycle en Ingénieur du Développement Rural, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (Bobo-Dioulasso, Burkina Faso), 92p.

- Erenstein O., Jaleta M., Sonder K., Mottaleb K. & Prasanna B.M. (2022). Global maize production, consumption and trade : trends and R&D implications. *Food Security*, 14:1295–1319.
- FAO. (2016). Le maïs dans la nutrition humaine. URL <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (accessed 5.23.18).
- FAO. (2018). Reconnaissance des maladies du maïs en culture au Bénin et méthodes de lutte – Fiche technique. Cotonou, FAO. 28 p. Page consultée le 14/11/2020.
- FAO/AIEA. (2020). Manuel d'amélioration des plantes par mutation : Troisième édition. Sous la supervision de M.M. Spencer-Lopes, B.P. Forster et L. Jankuloski. Vienne, FAO. <https://doi.org/10.4060/i9285f>.
- Faostat. (2020). Données de l'alimentation et de l'agriculture. [www.fao.org](http://www.fao.org).
- Ferguson K.A. (2010). A Macrobotanical Analysis of Native American Maize Agriculture at the Smith's Point Site. Graduate Masters Theses, University of Massachusetts Boston, 120p.
- Fondio L., Djidji A.H., N'gbesso M.F.D.P. & Koné D. (2013). Evaluation de neuf variétés de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) par rapport au flétrissement bactérien et à la productivité. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(3): 1078-1086.
- Gallais A. (2009). Hétérosis et variétés hybrides en amélioration des plantes. Éditions Quæ c/o Inra, RD 10, 78026 Versailles Cedex.
- Gallais A. (2011). Méthodes de création de variétés en amélioration des plantes. Éditions Quæ RD 10, 78026 Versailles Cedex, France, ISBN 978-2-7592-1658-1.
- Gallais A. (2015). Comprendre l'amélioration des plantes Enjeux, méthodes, objectifs et critères de sélection. Éditions Quæ RD 10 78026 Versailles Cedex, France, ISBN 978-2-7592-234 ISSN.
- Gao J., Zhao B., Dong S., Liu P., Ren B. & Zhang J. (2017). Response of Summer Maize Photosynthate Accumulation and Distribution to Shading Stress Assessed by Using <sup>13</sup>CO<sub>2</sub> Stable Isotope Tracer in the Field. *Frontiers in Plant Science*, 8, 12p.
- Gauthier P. (2016). Mise au point d'une technique de pulvérisation des pupes de trichogramme pour la lutte biologique contre la pyrale dans la culture du maïs sucré. Mémoire de Maîtrise en génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, Canada, 112p.
- Gilles L., Doll N., Rogowsky P. & Widiez T. (2017). Les plantes haploïdes doublées, un outil de choix dans la création de nouvelles variétés. Laboratoire Reproduction et Développement des Plantes, Université Lyon, ENS de Lyon, UCB Lyon 1, CNRS, INRA, F-69342, Lyon, France, 6p.



- Goalbaye T. (2014). Influence du stress hydrique sur la physiologie et le rendement des variétés locales de maïs (*Zea mays* L.) sélectionnées dans les populations en pollinisation libre au Tchad. Thèse de Doctorat unique, UFR Ecologie et Agroforesterie, Université Cheik Anta Diop de Dakar (Dakar, Sénégal), 81p.
- Gouataine S.R. (2018). Effets des variabilités pluviométriques sur les systèmes de cultures et adaptations des agriculteurs dans la plaine du Mayo-Kebbi (Sud-Ouest du Tchad). Thèse de Doctorat, UFR Sciences de l'homme et de la Société, Université de Maroua (Maroua, Tchad), 327 p.
- Hasan M., Hanafiah M. M., Taha Z. A. & Alhilfy I.H.H. (2020). Effect of low-intensity laser irradiation on field performance of maize (*Zea mays* L.) emergence, phenological and seed quality characteristics. *Applied ecology and environmental research*, 18(4): 6009-6023.
- Heloisa O.D.S., Vasconcellos R.C.C., de Pauli B., Pires R.M.O., Pereira E.M., Tirelli G.V. & Pinho E.V.R.V. (2019). Effect of Soil Temperature in the Emergence of Maize Seeds. *Journal of Agricultural Science*, 11(1): 479 - 484.
- Hernandes-Lopes J., Yassitepe J.E.C.T., Koltun A., Pauwels L., da Silva V.C.H., Dante R.A., Gerhardt I.S. & Arruda P. (2023). Genome editing in maize: Toward improving complex traits in a global crop. *Genetics and Molecular Biology*, 46(1): 1-12.
- Hernández J.A.S. (2009). The origin and diversity of maize in the american continent. Greenpeace Mexico, Universidad Autónoma de la Ciudad de México, [www.greenpeace.org.mx](http://www.greenpeace.org.mx), 36p.
- Hisse I.R., Andrea K. E. & Otegui M.E. (2019). Source-sink relations and kernel weight in maize inbred lines and hybrids: Responses to contrasting nitrogen supply levels. *Field Crops Research*, 230(1): 151–159.
- Hodge A., Berta G., Doussan C., Merchan F. & Crespi M. (2009). Plant root growth, architecture and function. *Plant and Soil*, 321: 153-187.
- Holzämper A. & Jürg F. (2015). Répercussions du changement climatique sur la culture du maïs en Suisse. *Recherche Agronomique Suisse*, 6 (10): 440–447.
- Hoopen M. & Maïga A. (2012). Production et transformation du maïs. Collection Pro-Agro, 31p. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic>, 32p.
- Hossain F., Muthusamy V., Bhat J.S., Jha S.K., Zunjare R., Das A., Sarika K. & Kumar R. (2016). Maize: Division of Genetics. *Broadening the Genetic Base of Grain Cereals*, 23p.

- Hounzinme S.S., Chanhoun C.S.L., Teka O. & Oumorou M. (2020). Effets De La Variabilité Climatique Sur Le Rendement De Quelques Cultures Vivrières Dans Le Nord-Est Du Benin. *European Scientific Journal*, 16(12): 137 – 155.
- Huang C., Duiker S.W., Deng L., Fang C. & Zeng W. (2015). Influence of Precipitation on Maize Yield in the Eastern United States. *Sustainability*, 7(5): 5996-6010.
- Huma B., Hussain M., Ning C. & Yuesuo Y. (2019). Human Benefits from Maize. *Scholar Journal of Applied Sciences and Research*, 2(2): 04-07.
- IBPGR. (1991). Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome, 100p, ISBN 92-9043-189-1.
- Ibrahim AE-A., Mageed T.AE., Abohamid Y., Abdallah H., El-Saadony M., AbuQamar S., El-Tarabily K. & Abdou N. (2022). Exogenously Applied Proline Enhances Morph-Physiological Responses and Yield of Drought-Stressed Maize Plants Grown Under Different Irrigation Systems. *Frontiers in Plant Science*, 13, 11p.
- Ibrahima O.S. (2016). Etude comparative de l'influence de quelques engrais minéraux et organique sur le rendement de deux variétés de maïs (TZPB-SR-W et MDR-ESRW) dans la commune de Banikoara au Bénin. Mémoire de Master, UFR Agronomie et Végétale, Université D'abomey-Calavi (Abomey, Benin), 36p.
- INS. (2014). Données socio-démographiques et économiques des localités. Institut National de la Statistique : Résultats définitifs par localité : Région du Haut-Sassandra. Recensement général de la population et de l'habitat. 26 p.
- Iqbal H., Yaning C., Rehman H.U., Waqas M., Ahmed Z., Raza S.T. & Shareef M. (2020). Improving heat stress tolerance in late planted spring maize by using different exogenous elicitors. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 80(1): 30-40.
- Iwahamire E.C., Mukunda M., Abe G., Batumike R., Baderhekuguma X., Tshamoba M., Balola K. & Kashamuka M. (2018). Evaluation of the growth and performance of some of the maize variety in introduction in the ecology of mulungu. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 9(8): 419 - 432.
- Jackson S.D. (2009). Plant responses to photoperiod. *New Phytologist*, 181(3): 517–531.
- Jacquier A.M.N., Gilles M.L., Martinant J-P., Rogowsky P. & Widiez T. (2021). Maize In Planta Haploid Inducer Lines: A Cornerstone for Doubled Haploid Technology. *Doubled Haploid Technology*, 2288, pp.25 – 48.

- James Hansen J., Makiko Sato M., Reto Ruedy R., Ken Lo K., David W.L. & Martin Medina-Elizade M. (2006). Global temperature change. Columbia University Earth, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(39): 14288 – 14293.
- John D. (2004). The genetics of maize evolution. *Annual review of genetics*, 38: 37-59
- Kahriman F., Egesel C.Ö., Cebeci R., Demir A. & Bayraktar S. (2015). Genetic Analysis of Flowering in Maize based on Calendar and Thermal Time. *Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)*, 25(2): 193- 199.
- Khaeim H., Zoltán K., Jolánkai M., Kovács P.G., Gyuricza C. & Ákos T. (2022). Impact of Temperature and Water on Seed Germination and Seedling Growth of Maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*, 12(2): 1 - 23.
- Khan M., Qureshi A.S., Hussain S.A., Ibrahim M. (2005). Genetic variability induced by gamma irradiation and its modulation with gibberellic acid in M2 generation of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 37(2): 285-292.
- Klimešová J., Středová H., Klimek-Kopyra A. & Středa T. (2021). Transpiration and water use efficiency of maize in different soil moisture conditions. *Acta hort regiotec*, 24(2): 105–109.
- Koffi Z.K., Gnofam N., Akantetou P.K., Aziadekey M. & Tozo K. (2021). Caractérisation de 118 variétés de cotonnier (*Gossypium hirsutum*) en condition de déficit hydrique au Togo. *Internationa Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(5): 2072-2086.
- Koffié-Bikpo C.Y. & Kra K.S. (2013). La région du Haut-Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en Côte d’Ivoire. *Revue de Géographie Tropicale et d’Environnement*, 2: 95-103.
- Koimbori J.K., Wang S., Pan J., Guo L. & Li K. (2022). Yield Response of Spring Maize under Future Climate and the Effects of Adaptation Measures in Northeast China. *Plants*, 11(13): 01-25.
- Konan Y.K.F., Koutoua A., Dogniméton S., Kissomanbien K.S., Blaise K.A. & Kouadio Y.J. (2021). Effect of Gamma Irradiation of Seeds on the Development and Productivity of Three Maize Varieties (*Zea mays* L.) in Côte D’ivoire. *Journal of Agriculture*, 14(4): 89-99.
- Kostrakiewicz-Gierałt K. (2020). A summary of the use of maize in nutritional products for sportspeople. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 31(3): 33–45.
- Kouakou A.T.M., Assale A.A.Y. & Barima Y.S.S. (2018). Impact des pressions anthropiques sur la flore de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-ouest de la Côte d-Ivoire). *Tropicultura*, 36(2): 155-170.

- Kouakou A.T.M., Barima Y.S.S., Konate S., Bamba I., Kouadio Y.J. & Bogaert J. (2017). Gestion des forêts domaniales en période de conflits : cas de la forêt classée du Haut-Sassandra, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Internationa Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(1): 333-349.
- Kouakou K.A., Barima Y.S.S., Kouakou A.T.M., Sangne Y.C., Bamba I. & Kouamé N.F. (2015). Diversité végétale post-conflits armés de la Forêt Classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(2): 4058-4071.
- Krishna B.K.C., Arthur G.G., Dan W., Vivek G., Khurram N. & Evan D.G.F. (2021). Opportunities and tradeoffs for expanding agriculture in Canada's North: an ecosystem service perspective. *Facets*, 6(1): 1728–1752.
- Kumar B., Karjagi C.G., Jat S.L., Parihar C.M., Yathish K.R., Singh V., Hooda K.S., Dass A.K., Mukri G., Sekhar J.C., Kumar R. & Kumar R.S. (2012). Maize biology: An Introduction. Directorate of Maize Research, *Indian Council of Agricultural Research (ICAR)*, Technical Bulletin, 2, 32p.
- Kusa K.A., Alemu S. & Teshome G. (2022). Evaluation of drought tolerant maize varieties (*Zea mays* L.) for low land of Guji Zone, Southern Oromia. *Journal of Agronomy*, 21(1): 8-13.
- Laloë D. (2011). La genèse et le développement des concepts de l'évaluation génétique classique. *INRA Productions Animales*, 24(4) : 323-330.
- Laurent N.K. (2016). Performances agronomiques du maïs [*Zea mays*(L) (Poaceae)] et du niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae)] Dans différents types d'associations culturales. Mémoire master, UFR des Sciences de la Vie et de la Terre, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 45p.
- Le Cadre E., Carof M., Laperche A., Cannavo P., Menasseri S., Godinot O., Julbault M., Manzanares-Dauleux M., Guenon R., Jaffrezic A. & Pérès G. (2018). Valorisation des interactions plante-sol pour la nutrition et la santé des plantes. *Innovations Agronomiques*, 69: 71-82.
- Lemichez S. (2020). Comprendre les performances et l'adaptation de deux variétés-populations de tomate (*S. lycopersicum*) dans un système agroforestier via l'étude du microbiome racinaire dans le cadre d'une recherche participative. Mémoire de Master en Génétique et Amélioration des Plantes, UFR des Sciences et Ingénierie du Végétal, École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage (Rennes, France), 84p.
- Li K., Pan J., Xiong W., Xie W. & Ali T. (2022). The impact of 1.5 °C and 2.0 °C global warming on global maize production and trade. *Scientific Reports*, 12(1): 1-14.

- Li M., Zheng Y., Cui D., Du Y., Zhang D., Sun W., Du H. & Zhang Z. (2022). GIF1 controls ear inflorescence architecture and floral development by regulating key genes in hormone biosynthesis and meristem determinacy in maize. Li et al. *Plant Biology*, 22(127): 01-15.
- Luhunga P.M. (2017). Assessment of the Impacts of Climate Change on Maize Production in the Southern and Western Highlands Sub-agro Ecological Zones of Tanzania. *Frontiers in Environmental Science*, 5: 01-16.
- Maël A. (2019). Diagnostic hydrique et estimation de la production de la culture de maïs : vers la mise en place d'un service tout temps. Sciences agricoles. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences Agricoles, Université Paul Sabatier – Toulouse III (Toulouse, France), 261p.
- Magalhães G.B., Andrade T.L.C., Lopes C.D., Neto S.J.A. & Amaral A.T. (2020). Mitigating the effects of future climate on maize productivity. *Agrometeoros, Passo Fundo*, 27(2): 259-270.
- Magaña-Cerino M.J., Peniche-Pavía A.H., Tiessen A. & Gurrola-Díaz M.C. (2020). Pigmented Maize (*Zea mays* L.) Contains Anthocyanins with Potential Therapeutic Action Against Oxidative Stress – A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 70(2): 85–99.
- Magaña-Cerino M.J., Tiessen A., Soto-Luna C.I., Peniche-Pavía A.H., Vargas-Guerrero B., Domínguez-Rosales A.J., García-López M.P. & Gurrola-Díaz M.C. (2020). Consumption of nixtamal from a new variety of hybrid blue maize ameliorates liver oxidative stress and inflammation in a high-fat diet rat model. *Journal of Functional Foods*, 72: 1-11.
- Maitah M., Malec K. & Maitah K. (2021). Influence of precipitation and temperature on maize production in the Czech Republic from 2002 to 2019. *Scientific Reports*, 11(1): 01-11.
- Majeed A., Muhammad Z. & Ullah R. (2016). Growth and yield response of field pea (*Pisum sativum* L.) to gamma irradiation stress. *Plant Breeding and Seed Science*, 74(2): 29-37.
- Makore F., Magorokosho C., Dari S., Gasura E., Mazarura U. & Kamutando C.N. (2022). Genetic Potential of New Maize Inbred Lines in Single-Cross Hybrid Combinations under Low-Nitrogen Stress and Optimal Conditions. *Agronomy*, 12(9): 1-12.
- Margaron. (2019). Corn gluten Feed: composition chimique. Matière première pour aliments des animaux : Gluten Feed de maïs séché n°1.2.9, 2p.
- Matova P.M., Kamutando C.N., Warburton M.L., Williams W.P., Magorokosho C., Shimelis H., Labuschagne M., Day R. & Gowda M. (2022). New techniques for breeding maize (*Zea mays*) varieties with fall armyworm resistance and market-preferred traits for sub-Saharan Africa. *Plant Breed*, 142(1): 1–11.

- Mbagnick F., Ababacar F., Guilgane F. & Etienne V. H. (2018). La variabilité pluviométrique et ses incidences sur les rendements agricoles dans la région des Terres Neuves du Sénégal oriental. *Belgeo*, 1: 1-17.
- McCaw M.E., Lee K., Kang M., Zobrist J.D., Azanu M.K., Birchler J.A. & Wang K. (2021). Development of a Transformable Fast-Flowering Mini-Maize as a Tool for Maize Gene Editing. *Front. Frontiers in Genome Editing*, 2: 1-14.
- Meng A., Wen D. & Zhang C. (2022). Maize Seed Germination Under Low-Temperature Stress Impacts Seedling Growth Under Normal Temperature by Modulating Photosynthesis and Antioxidant Metabolism. *Journal Frontiers in Plant Science*, 13, 13p.
- Menzel C.M. & Le Lagadec M.D. (2017). Can the productivity of mango orchards be increased by using high-density plantings? *Scientia Horticulturae*, 219: 222-263.
- Michael B.V. & David C. (2008). Production et conditionnement du maïs (*Zea mays* L.). Socio-économiste, Chef d'équipe IITA. Deputy Director Research for Development, guide pratique, 2:19p.
- Mohsen M., Vahid M.M.A., Bagher A.M. & Mahd T. (2016). Studying the effect of Gamma Ray on Morphological and Phenotypic Properties of Corn. *Greener Journal of Physics and Natural Sciences*, 3 (1): 001-008.
- Moosavia S.S., Ghanbaria F., Abdollahia M.R. & Kianib A.R. (2018). Genetic analysis of yield, yield-components and related phenological traits of maize (*Zea mays* L.) to breed under moisture stress conditions. *Desert*, 23(2): 273-283.
- Moussa A.A., Salako V.K., Gbemavo D.S.J.C., Zaman-Allah M., Kakaï R.G. & Bakasso Y. (2019). Performances agro-morphologiques des variétés locales et améliorées de maïs au sud-ouest du NIGER. *African Crop Science Journal*, 26(2) :157 – 173.
- Moussa O.A., Bil-Assanou I.H., Soule A.M., Mahamane A., Saadou M. & Zaman-Allah M. (2020). Relationship between maize (*Zea mays* L.) yield and yield components under water deficit conditions. *Afrique Science*, 16(1): 21 – 29.
- Mtyobile M. (2021). Evaluation of the yield performance of maize cultivars (*Zea mays* L.) in a Semi-Arid Region of the Eastern Cape Province, South Africa. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 7(3): 327-330.

- Murindangabo Y.T., Lai W.O., Tafadzwa G.C. & Sang C.L. (2019). Effect of Detasselling and Leaf stripping on Maize Grain filling and Yield. *Rwanda Journal of Social & Applied Sciences*, 5(1): 36-44.
- N'da H. A., AKanvou L. & Kouakou C. K. (2013). Gestion locale de la diversité variétale du maïs (*Zea mays* L.) violet Tagouana au Centre-Nord de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biology Chemical Science*, 7(5): 2058-2068.
- N'da H. A., AKanvou L., AKanvou R. & Zoro-Bi A. I. (2014). Évaluation de la diversité agromorphologique des accessions de maïs (*Zea mays* L.) collectées en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 20(3): 3144-3158.
- N'Guessan A.H., N'Guessan K.F., Kouassi K.P., Kouamé N.N. & N'Guessan P.W. (2014). Dynamique des populations du foreur des tiges du cacaoyer, *Eulophonotus myrmeleon*. Felder (Lépidoptère : *Cossidae*) dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Bioscience*, 83: 7606-7614.
- Naitormmbaide M., Djondang K., Mama V.J. & Koussou M. (2015). Criblage de quelques variétés de maïs (*Zea mays* L.) pour la résistance au *Striga hermonthica* (Del) Benth dans les savanes tchadiennes. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 24(1) : 3722-3732.
- Naoura G., Nebie B., Nanema K.R., Kando B.P., Traore R.E., Sawadogo M. & Zongo J.D. (2015). Caractérisation de quelques écotypes performants de sorghos Burkinabés. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(5): 2109-2118.
- Ndabalishye I. (1995). Agriculture vivrière Ouest africaine à travers le cas de la Côte d'Ivoire Bouaké, Côte d'Ivoire : IDESSA, 255p.
- Ngao J., Martinez S., Marquier A., Bluy S., Saint-Joanis B., Costes E. & Pallas B. (2021). Spatial variability in carbon- and nitrogen-related traits in apple trees: the effects of the light environment and crop load. *Journal of Experimental Botany*, 72(5): 1933-1945.
- Nicaud Sophie. (2017). La Cellule, le patrimoine génétique. Agence Gimmik. Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives. Direction de la communication Bâtiment Siège 91191 Gif sur Yvette cedex - www.cea.fr ISSN 1637-5408.
- Nleya T., Chibwe Chungu C. & Kleinjan J. (2019). Corn Growth and Development. Extension *iGrow Corn*: Best Management Practices, 11p.

- Oluwaranti A., Awosanmi F.E. & Amuda I.A. (2020). Genotypic Variation for Seed Physiological Quality and Agronomic Performance of Quality Protein Maize Genotypes. *Nigerian Journal of Seed Science*, 4(2): 53 - 65.
- Oroka F.O. (2016). Effects of Agro-Climatic Variables on Yield of *Zea mays* L. in a Humid Tropical Rainforest Agroecosystem. *Journal of Environment and Earth Science*, 6(1): 148-151.
- Oury V., Tardieu F. & Turc O. (2016). Ovary Apical Abortion under Water Deficit Is Caused by Changes in Sequential Development of Ovaries and in Silk Growth Rate in Maize. *Plant Physiology*, 171(2): 986–996.
- Palacios-Rojas N., McCulley L., Kaeppler M., Titcomb T.J., Gunaratna N.S., Lopez-Ridaura S. & Tanumihardjo S.A. (2020). Mining maize diversity and improving its nutritional aspects within agro-food systems. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4) :1809-1834.
- Pandey S., Patel M.K., Mishra A. & Jha B. (2015). Physio-biochemical composition and untargeted metabolomics of cumin (*Cuminum cyminum* L.) make it promising functional food and help in mitigating salinity stress. *PLoS ONE*, 10(12): 1-25.
- Peichl M., Thober S., Meyer V. & Samaniego L. (2018). The effect of soil moisture anomalies on maize yield in Germany. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(3): 889-906.
- Peniche-Pavía H.A., Guzmán T.J., Magaña-Cerino J.M., Gurrola-Díaz C.M. & Tiessen A. (2022). Maize Flavonoid Biosynthesis, Regulation, and Human Health Relevance. *Review Molecules*, 27(56): 1-29.
- Petrovic G., Ivanovic T., Knežević D., Radosavac A., Obhodaš I., Brzakovic T., Golic Z. & Radi D.T. (2023). Assessment of Climate Change Impact on Maize Production in Serbia. *Atmosphere*, 14, 1 - 24.
- Postma J.A., Kuppe C., Owen M.R., Mellor N., Griffiths M., Bennett M.J., Lynch J.P. & Watt M. (2017). Opensimroot: widening the scope and application of root architectural models. *New Phytologist*, 215(3): 1274-1286.
- Promchote P., Wang S-Y.S., Yoon J-H., Johnson P.G., Creech E., Shen Y. & Yao M-H. (2022). On the Changing Cool Season Affecting Rice Growth and Yield in Taiwan. *Agronomy*, 12: 1-15.
- Qi Y., Zhang Q., Hu S., Wang R., Wang H., Zhang K., Zhao H., Ren S., Yang Y. & Zhao F. (2022). Effects of High Temperature and Drought Stresses on Growth and Yield of Summer Maize during Grain Filling in North China. *Agriculture*, 12(11): 1-14.



- Quan L., Feng H., Yingjie L.V., Wang Q., Zhang C., Liu J., Yuan Z. (2019). Maize seedling detection under different growth stages and complex field environments based on an improved Faster R-CNN, *Biosystems Engineering*, 184 : 1-23.
- Qureshi S.T., Memon S.A., Wargnani B., Abassi A.R., Patoli M., Soomro Y., Bux H. & Bughio F.A. (2014). Gamma Rays Induced Phenotypic mutation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Sindh University research Journal (Science Series)*, 46 (4): 473-478.
- Rakotoarimalala T. N. (2015). Caractérisation morphologique et physiologique des variétés d'Arachide (*Arachis hypogaea* L.) putatives mutantes pour la tolérance. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA) en Physiologie Végétale, UFR de Biologie et Ecologie Végétales. Université d'Antananarivo (Antananarivo, Madagascar), 99p.
- Ranum P., Peña-Rosas J.P. & Garcia-Casal M.N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption : Maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1): 105–112.
- Raza A., Charagh S., Abbas S., Hassan U.M., Saeed F., Haider S., Sharif R., Anand A., Corpas J.F., Jin W. & Varshney K.R. (2023). Assessment of proline function in higher plants under extreme temperatures. *Plant Biology*, 25(3): 379-395.
- Razafinirina L. (2011). Test de radio sensibilité de quelques variétés de riz pluvial et de maïs cultivées à Madagascar. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'études approfondies (D.E.A), UFR de biologie et écologie végétales, Université d'Antananarivo (Antananarivo, Madagascar), 75p.
- Revilla P., Alves M.L., Andelkovic V., Balconi C., Dinis I., Mendes-Moreira P., Redaelli R., Ruiz de Galarreta J.I., Vaz Patto M.C., Žilic S. & Malvar R.A. (2022). Traditional Foods from Maize (*Zea mays* L.) in Europe. *The journal Frontiers in Nutrition*, 8: 1-17.
- Roland P. (1955). L'Introduction du Maïs en Afrique. *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée*, 2(5-6): 221-231.
- Ross E. (2021). Test sur la vigueur du maïs et la qualité des semences. *Seed Science*, 13(4), 3p.
- Salami H.A., Aly D., Adjanohoun A., Yallou C., Sina H., Padonou W. & Baba-Moussa L. (2015). Biodiversity of local varieties of corn cultivation among farmers in Benin. *Journal of Agriculture and Crop Research*, 3(6): 85-99.
- Sao R., Sahu P.K., Patel R.S., Das B.K., Jankuloski L., Sharma D. (2022). Genetic Improvement in Plant Architecture, Maturity Duration and Agronomic Traits of Three Traditional Rice Landraces through Gamma Ray-Based Induced Mutagenesis. *Plants*, 11(24): 1-37.

- Sarron J. (2019). Estimation spatialisée des rendements d'une culture pérenne en Afrique de l'Ouest : le cas du manguier au Sénégal. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier Supagro (Montpellier, France), 259 p.
- Schneider C., Spring J.L., Onimus C., Prado E., Verdenal T., Lemarquis G., Lorenzini F., Ley L., Duruz P., Gindro K. & Merdinoglu D. (2019). Programme de collaboration franco-suisse pour la création de nouvelles variétés de vigne durablement résistantes au mildiou et à l'oïdium, *BIO Web of Conferences*, 15: 1-7.
- Schneider S., Turetschek R., Wedeking R., Wimmer M.A. & Wienkoop S. (2019). A ProteinLinger Strategy Keeps the Plant On-Hold After Rehydration of Drought-Stressed *Beta vulgaris*. *Frontiers in Plant Science Front*, 10: 1-12.
- Shao R-x., Yu K-k., Li H-w., Jia S-j., Yang Q-h., Zhao X., Zhao Y-l. & Liu T-x. (2021). The effect of elevating temperature on the growth and development of reproductive organs and yield of summer maize. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(7): 1783–1795.
- Shiferaw B., Prasanna B. M., Hellin J. & Bänziger M. (2011). Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Science and Technology*, 3(3): 307–327.
- Siéné C.A.L., Conde M., Bayala R., N'guettia T.V.F. & Bera K.A.F. (2020 a). Réponse de deux variétés locales de maïs (*Zea mays* L.) à deux types de fertilisation en conditions de déficit hydrique post-floral en zone soudanienne en Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 29(3): 443-455.
- Siéné C.A.L., Doumbouya M., Traore M.S., Conde M., N'guettia T.V.F. & Kon M. (2020 b). Effet de quatre types de fertilisants sur la croissance et la productivité de deux génotypes de maïs (*Zea mays* L.) en cas d'un semis tardif à Korhogo au Centre-Nord de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(1): 55-68.
- Singh A.K. (2023). Early history of crop presence/introduction into India: VII. American cereal, maize (*Zea mays* L.). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 83(1): 1-7.
- Soare E., Chiurciu I-A., Bălan A-V. & David L. (2018). World market research on maize. *Sciendo*, 1(1): 216-222.
- Soewarto J. (2012). Caractérisation de la réponse au déficit hydrique du sol chez trois génotypes de maïs : photosynthèse, transpiration, dynamique de sortie des soies et avortement des grains. Mémoire de

- Master en Biologie végétale, UFR de Biologie des plantes, des microorganismes et Biotechnologies. Université de Montpellier (Montpellier, France), 47p.
- Song L. & Jin J. (2020). Effects of Sunshine Hours and Daily Maximum Temperature Declines and Cultivar Replacements on Maize Growth and Yields. *Agronomy is an international, scientific, Agronomy*, 10(12): 01-21.
- Songre-Ouattara T.L., Bationo F., Parkouda C., Dao A., Bassole N.H.I. & Diawara B. (2015). Qualité des grains et aptitude à la transformation : cas des variétés de *Sorghum bicolor*, *Pennisetum g laucum* et *Zea mays* en usage en Afrique de l'Ouest. *Internationa Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(6): 2819-2832.
- Soro D., Ayolié K., Gohi-Bi Z.F., Yao Y.F., Konan-Kan K.H., Sidicky B., Téhua A.P & Yatty K.J. (2015). Impact of organic fertilization on maize (*Zea mays* L.) production in a ferralitic soil of centre west Côte d'Ivoire. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 3 (6): 556-565.
- Statista. (2021). Principaux pays producteurs de maïs dans le monde en milliers de tonne métriques.
- Stefaniak T.R., McPhee K.E. (2015). Lentil International: Grain Legumes (Ed.: A.M. De Ron). Springer, New York, USA, pp. 111-140.
- Sun W., Xu Z., Ibell P. & Bally I. (2021). Genetic and environmental influence on foliar carbon isotope composition, nitrogen availability and fruit yield of 5-year-old mango plantation in tropical Australia. *Journal of Soils and Sediments*, 21(4): 1609-1620.
- Supasri T., Itsubo N., Gheewala S.H. & Sampattagul S. (2020). Life cycle assessment of maize cultivation and biomass utilization in northern Thailand. *Scientific Reports*, 10: 1-14.
- Swapna G., Jadesha G. & Mahadevu P. (2020). Sweet Corn – A Future Healthy Human Nutrition Food. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 9(7): 3859-3865.
- Tabti D. (2018). Induction de la variabilité génétique par radiomutagenèse (rayons gamma) chez la lentille (*Lens culinaris* Medik.) et sélection de mutants en M2 à intérêt agronomique. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, UFR Production et Amélioration Végétales, Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach- Alger (Alger, Algérie), 110p.
- Tahri K. (2018). Etude de l'architecture et de la biomasse du système racinaire de palmier dattier (*phoenix dactylifera* L.) adulte. Mémoire de master, UFR des Sciences Exactes, des Sciences de la Nature et de la Vie, Département des Sciences Agronomiques, Université mohamed khider – biskra (Algérie, alger), 55p.

- Tanumihardjo S.A., McCulley L., Roh R., Lopez-Ridaura S., Palacios-Rojas N. & Gunaratna N.S. (2020). Maize agro-food systems to ensure food and nutrition security in reference to the Sustainable Development Goals. *Global Food Security*, 25(6) : 1-27.
- Tidjani M.A. & Akponikpe P.B.I. (2012). Evaluation des stratégies paysannes d'adaptation aux changements climatiques : cas de la production du maïs au Nord-Bénin. *African Crop Science Journal*, 20(2): 425 – 441.
- Todesco M., Bercovich N., Kim A., Imerovski I., Owens G.L., Ruiz Ó.D., Holalu S.V., Madilao L.L., Jahani M., Légaré J-S., Blackman B.K. & Rieseberg L.H. (2022). Genetic basis and dual adaptive role of floral pigmentation in sunflowers. *eLife digest*, 11: 1-26.
- Traorè C.I., Konate N.M., Faye E., Gueye H.M. & Dieng H. (2019). Collecte, tri et caractérisation des accessions de maïs (*Zea mays* L.) de décrue cultivées au niveau de la haute et moyenne vallée du fleuve Sénégal (cas de la Mauritanie). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 42(3): 7330-7339.
- Traoré Ga-D.S. (2016). Analyse de l'adaptation du maïs (*Zea mays* L.) à la culture en saison sèche froide au Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle Présenté en vue d'obtention du diplôme d'Ingénieur du développement rural, UFR Agronomie et Développement rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (Bobo-Dioulasso, Burkina Faso), 63p.
- Traoré S., Reyniers F., Vaksman M., Koné B., Sidibé A., Yoroté A., Yattara K. & Kouressy M. (2019). Adaptation à la sécheresse des écotypes locaux de sorghos du Mali. *Sécheresse*, 11: 227–237.
- Tsaranirina V. (2015). Sélection cytologique de lignées de riz tolérantes à la plante parasite *Striga asiatica* (L.) Kuntze. Mémoire d'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A) en Science de la Vie, UFR des Sciences de Biologie et Ecologie Végétales, Université d'Antananarivo (Antananarivo, Madagascar), 100p.
- Tshiabukole J.P.K. (2018). Evaluation de la sensibilité aux stress hydriques du maïs (*Zea mays* L.) cultivé dans la savane du Sud-Ouest de la RD Congo, cas de Mvuazi. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences Agronomiques, Université Pédagogique Nationale, RD Congo, 162p.
- Tucker S.L., Dohleman F.G., Grapov D., Flagel L., Yang S., Kimberly M., Wegener K.M., Kosola K., Swarup S., Rapp R.A., Bedair M., Halls S.C., Glenn K.C., Hall M.A., Allen E. & Rice E.A. (2014). Evaluating maize phenotypic variance, heritability, and yield relationships at multiple biological scales across agronomically relevant environments. *Plant Cell Environ*, 43 :880–902.

- Vilcacundo E., Montalvo V., Sanaguano H., Moran R., Carrillo W. & García A. Identification of Phytochemical Compounds, Functional Properties and Antioxidant Activity of Germinated Purple Corn Protein Concentrate and Its Gastrointestinal Hydrolysates. *Agronomy*, 12(9): 1-17.
- Walne C.H. & Reddy K.R. (2022). Temperature Effects on the Shoot and Root Growth, Development, and Biomass Accumulation of Corn (*Zea mays* L.). *Journal Agriculture*, 12(4): 1-21.
- Wang N., Liu Q., Ming B., Shang W., Zhao X., Wang X., Wang J., Zhang J., Luo Z. & Liao Y. (2022). Impacts of Heat Stress around Flowering on Growth and Development Dynamic of Maize (*Zea mays* L.) Ear and Yield Formation. *Plants*, 11(24): 1-14.
- Waqas M.A., Wang X., Zafar S.A., Noor M.A., Hussain H.A., Nawaz M.A. & Farooq M. (2021). Thermal Stresses in Maize: Effects and Management Strategies. *Plants*, 10(2): 1-23.
- Welker C.A., Kellogg E.A., Prado J. (2014). *Andropogoneae* versus *Sacchareae* (Poaceae: *Panicoideae*): The end of a great controversy. *Taxon*, 63 (3): 643-646.
- Wen Y., Su S-C., Jia T-T. & Wang X-N. (2021). Allocation of photoassimilates in bud and fruit from different leaf nodes of *camellia oleifera*. *American Society for Horticultural Science*, 56(4): 469-477.
- Wheelock M.J. & O'Neal M.E. (2016). Insect pollinators in Iowa cornfields: Community identification and trapping method analysis. *PLoS ONE*, 11(7): 1-13.
- Xue X., Shangyi Du S., Jiao F., Xi M., Wang A., Xu H., Jiao Q., Zhang X., Jiang H., Chen J. & Wang M. (2021). The regulatory network behind maize seed germination: Effects of temperature, water, phytohormones, and nutrients. *The Crop Journal*, 9(4): 718–724.
- Yadav A., Singh B. & Singh D.S. (2019). Impact of gamma irradiation on growth, yield and physiological attributes of maize. *Indian Journal of Experimental Biology*, 57: 116-122.
- Yan J., Hao-Dong C., He H. & Ying C. (2022). Development and Utilization of Corn Processing by-Products: A Review. *Foods*, 11(22): 1-19.
- Yang X., Yang N., Zhang Q., Pei Z., Chang M., Zhou H., Ge Y., Yang Q. & Li G. (2022). Anthocyanin Biosynthesis Associated with Natural Variation in Autumn Leaf Coloration in *Quercus aliena* Accessions. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(20): 01-17.
- Yang Y., Liu G., Guo X., Liu W., Xue J., Ming B., Xie R., Wang K., Li S. & Hou P. (2022). Effect Mechanism of Solar Radiation on Maize Yield Formation. *Agriculture*, 12(12): 01-13.

- Yang Y., Xu W., Hou P., Liu G., Liu W., Wang Y., Zhao R., Ming B., Xie R., Wang K. & Li S. (2019). Improving maize grain yield by matching maize growth and solar radiation. *Scientific Reports*, 9: 1- 11.
- Yang Y-s., Guo X-x., Liu H-f., Liu G-z., Liu W-m., Ming B., Xie R-z., Wang K-r., Hou P., Li S-k. (2021). The effect of solar radiation changes on the maize yield gap from the perspectives of dry matter accumulation and distribution. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(2): 482–493.
- Yao A.B., Goulaa B.T.A., Kaneb A., Mangouaa O.M.J. & Kouassi K.A. (2016). Cartographie du potentiel en eau souterraine du bassin versant de la Lobo (Centre-Ouest, Côte d’Ivoire): approche par analyse multicritère. *Hydrological Sciences Journal*, 61(5): 856–867.
- Yapi M. & De Kouassi. (2017). *Fiche technicoéconomique du Maïs*. Agence Nationale d’Appui au Développement Rural (ANADER). Direction d’Appui aux filières Agricoles, 5p.
- Yapo E.S.S., Soro C.L., Beugre M.M., Soro D., Ayolie K., Konan N.O. & Kouadio Y.J. (2020). Variability of some Agronomic parameters of first generation of maize (*Zea mays* L.) obtained by irradiating seeds to different doses of gamma radiation. *International Journal of Current Research*, 12(4): 11152-11157.
- Yassitepe J.E.C.T., da Silva V.C.H., Hernandes-Lopes J., Dante R.A., Gerhardt I.R., Fernandes F.R., Silva P.A., Vieira L.R., Bonatti V. & Arruda P. (2021). Maize Transformation: From Plant Material to the Release of Genetically Modified and Edited Varieties. *Frontiers in plant Science*, 12: 1-17.
- Ranum P., Pena-Rosas J.P. & Garcia-Casal M.N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312: 105–112.
- Yebei L., Chunjiang W., Bingchao Z., Ping Z., Pu W. & Shoubing H. (2021). Maize Male Reproductive Organs Affected by Different Timings of Water Deficit. *Research Square*, 1: 1-19.
- Yu-xiu Y., Zhang-rong W., Huan Y., Wei-ping L., Da-lei L. (2020). Effects of post-silking water deficit on the leaf photosynthesis and senescence of waxy maize. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(9): 2216–2228.
- Zanh G.Z., Barima Y.S.S., Kouakou K.A., Sangne Y.C. (2016). Usages des produits forestiers non-ligneux selon les communautés riveraines de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d’Ivoire). *International Journal of Pure Applied Bioscience*, 4(5): 212-225.
- Zanh G.Z., Koua K.A.N., Kouakou K.A., Barima Y.S.S. (2018). Saturation foncière de la périphérie de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d’Ivoire) durant la période de 1990 à 2016. *Tropicultura*, 36(2): 171-182.

- Zhang Z., Wei J., Li J., Jia Y., Wang W., Li J., Lei Z. & Gao M. (2022). The impact of climate change on maize production: Empirical findings and implications for sustainable agricultural development. *Frontiers in Environmental Science*, 10: 1-10.
- Zohoungbogbo H. P.F., Montin A., Lègba E.C., Houdégbé C.A., Hotègni N.V.F., Achigan-Dako E.G. (2018). Fiche Technique Synthétique pour la Production du maïs jaune (*Zea mays* L.). *Laboratory of Genetics Horticulture and Seed Science*, 6p.
- Zulauf C. (2020). The Changing Distribution of World Corn Production in the 21st Century. Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign. *farmdoc daily* 10: 199p.

**PUBLICATION**



## Agro morphological characterization of fifteen (15) new lines of yellow maize obtained after gamma irradiation of seeds of the EV8728 variety in Daloa, Côte d'Ivoire

KOUADIO Akessé Blaise \*, AYOLIE Koutoua, KONAN N'Guessan Olivier, KOUADIO Kouamé Léonard, KONE Sié Kissomanbien, SORO Chigata Lohona, KOFFI Tahia Jean Yves and SORO Dogniméton

*Laboratory for improving agricultural production, Faculty of Agroforestry, University Jean Lorougnon Guédé, UFR, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.*

World Journal of Advanced Research and Reviews, 2022, 13(03), 316–328

Publication history: Received on 28 January 2022; revised on 10 March 2022; accepted on 12 March 2022

Article DOI: <https://doi.org/10.30574/wjarr.2022.13.3.0176>

### Abstract

Maize (*Zea mays* L.) is one of the cereals with many economic and nutritional interests. However, maize cultivation faces the challenges of climate change. This phenomenon leads to the soils unproductivity and many crops including maize. Thus, to address this problem, fifteen new yellow maize lines were evaluated in the field on the basis of their agromorphological characteristics (pre-flowering and flowering). Descriptive analysis of the collected data revealed significant diversity among the studied lines. Thus, based on growth parameters, lines L<sup>95A</sup>, L<sup>95B</sup>, L<sup>30</sup>, L<sup>72A</sup> and L<sup>91</sup> showed large growth with larger photosynthetic area compared to control line (L<sup>1</sup>). In contrast, lines L<sup>48</sup> and L<sup>54</sup> showed small size and shape. Regarding flowering parameters, lines L<sup>48</sup> and L<sup>54</sup> showed a very late inflorescence (62 days on average for both organs) compared to 50 days for the early lines (L<sup>99</sup>, L<sup>89</sup>, L<sup>1</sup>, L<sup>95B</sup> and L<sup>95A</sup>). The inflorescence of the other lines is intermediate. The time of appearance of 50% pollen and silk varied (1 to 3 days) from one lineage to another and on the same plant (monoecious plant). The silk and panicle of lines were dominated by purple and green color, respectively. The majority of lines had spikes well covered by the spathes except for lines L<sup>46</sup>, L<sup>99</sup> and L<sup>72A</sup> where the spike tip remained open revealing the spike grains. The roots are mostly stilt type (adventive) with two insertion nodes (underground and above ground).

**Keywords:** Maize lines; Variety EV8728; Inflorescence; Agro-morphology; Gamma irradiation

### 1. Introduction

In Côte d'Ivoire, cereal cultivation is dominated by rice, maize, millet and sorghum [31]. Maize is the most cultivated cereal after rice with an estimated national production of 1,176,000 tons, for a total area of 558406 ha. The national average yield is estimated at 2.11 t/ha [17]. Maize occupies a prominent place in the diet of the Ivorian population as well as in animal nutrition (poultry, pigs, cattle [15; 46]. Nutritionally, maize is very rich in sugar, starch, water-soluble polysaccharides, water, protein, vitamin A and potassium [44], antioxidants such as polyphenols, flavonoids and carotenoids [7]. It is also used as a raw material in some industries (brewery, soap factory and oil factory). Also, it is used to make biodegradable plastics, biofuels and even alcohol [5; 23]. Long considered a simple subsistence product, maize is now the subject of undeniable agricultural speculation, leading to the intensification of its cultivation in Côte d'Ivoire with an increasingly important economic stake. Thus, nearly 50 % of its production is located in the savannah region located in the north of the country [18]. However, despite its multiple interests, its cultivation remains confronted with constraints such as the decline in soil fertility as well as its high sensitivity to drought [32] which are

\* Corresponding author: KOUADIO Akessé Blaise

Laboratory for improving agricultural production, Faculty of Agroforestry, University Jean Lorougnon Guédé, UFR, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

responsible for the considerable decline in productivity [9], acting on all stages of development of the plant [38; 42]. Also, large-scale adoption of traditional varieties with very low production potential decreases maize yield [32]. To contribute to yield improvement, it is therefore necessary to overcome these different constraints by developing improved varieties with high yield potential through conventional methods [2; 29;38] or through induced mutation [4;13]. The latter method necessarily involves obtaining lines for which knowledge of their agronomic characteristics is very necessary for the creation of future improved varieties. It is in this context that this study was initiated to characterize fifteen new maize lines induced by gamma irradiation of the seeds of the variety EV8728.

## 2. Material and methods

### 2.1 Study site and plant material

#### 2.1.1 Study site

The study was conducted on the experimental plot of the University Jean Lorougnon Guédé of Daloa, from March 27 to July 30, 2020. Daloa, located in the Center-West of Côte d'Ivoire between 6°30 and 8° North latitude and between 5° and 8° West longitude, is the capital of the Haut-Sassandra Region. The relative humidity ranges from 63 to 95%. The maximum temperature in the city of Daloa is between 29 °C and 35 °C, and a minimum temperature of 21 °C to 23 °C. The climate of this region is humid tropical with an annual rainfall ranging between 1200 and 2000 mm of water. The soil substrate of the city of Daloa belongs to the old Precambrian basement composed of granites, migmatites and granito-gneiss. The soils of the Daloa region are mostly ferrallitic of granitic origin and slightly denatured, not very sensitive to erosion, generally very deep with a high level of organic matter. These soils have a sandy-silty texture and a pH of 5.0 with good agricultural aptitude and are suitable for all types of crops [6; 39]

#### 2.1.2 Plant material

The plant material consists of fifteen (15) yellow maize (*Zea mays*) lines, fourteen (14) of which are derived from seeds of the variety EV8728 irradiated with gamma radiation at different doses (200 and 300 Grays) and one non-irradiated control line EV8728. The seeds, originating from the CNRA of Korhogo in Côte d'Ivoire, were irradiated at the IAEA Genetic and Plant Breeding Laboratory in Seibersdorf, Austria. This variety is adapted to the pedoclimatic conditions of the majority of regions of Côte d'Ivoire. It has a good taste and is one of the most cultivated improved varieties in Côte d'Ivoire. These lines studied are: L<sup>1D0</sup>; L<sup>30D300</sup>; L<sup>46D300</sup>; L<sup>46AD300</sup>; L<sup>48D300</sup>; L<sup>54D300</sup>; L<sup>54AD300</sup>; L<sup>60D300</sup>; L<sup>67D300</sup>; L<sup>72AD300</sup>; L<sup>89D200</sup>; L<sup>91D200</sup>; L<sup>95AD200</sup>; L<sup>95BD200</sup>; L<sup>99D200</sup>.

### 2.2 Methods

#### 2.2.1 Experimental Device

The device used is composed of a completely randomized block, designed using Crop Stat version 7.2 software. The block is subdivided into three sub-blocks 2 m apart. Each sub-block is a replicate containing 15 lines (14 irradiated lines and one control line). The position of each line changes from one sub-block to another. The lines are separated by 0.8 m and contain twelve (12) pits 0.4 m apart. In each poquet two grains are sown, that is twenty-four (24) grains per line. A total of 1080 maize plants, 360 per block (24 x 15 x 3) were studied. Each sub-block has an area of 49.28 m<sup>2</sup> (11.2 m x 4.4 m) with a margin of 2 m of border, for a total area of 188.48 m<sup>2</sup>.

#### 2.2.2 Crop Setting up

##### Seeding and maintenance of plot

At the time of seeding, twelve (12) pits of approximately 2 to 3 cm were dug on each of lines and then treated with a mixture of two insecticides Pyrical 5G and Vital 3G. A tablespoon of mixture was put in each poquet to protect the grains (two grains per poquet) against the pests. Manual weeding was regularly done to control weeds. Then, an insecticide (viper) was sprayed on the plants to neutralize the insects devouring the young leaves.

##### Fertilization

In this experiment, N P K fertilizer (15 15 15) was applied at the plants foot at amount of 7.5 g per plant on 15th day after sowing to facilitate the young plants growth and development. Urea was applied during flowering to allow good formation and filling of ears.

## Data collection

Measurements were made on a population of 45 randomly selected plants in each line, 15 plants per replication. Fifteen (15) characters (11 quantitative and 4 qualitative) selected among the maize descriptors were retained for the characterization of fifteen maize lines:

- Pre-Flowering Characteristics: Quantitative: plant height (PH), plant crown diameter (CD), leaves number/plant (L.Nb), leaf area (LA), ear insertion height (EIH), ear insertion index (EII). Qualitative: roots aspect (RA).
- Flowering characteristics: Quantitative: time to panicle appearance (TPA), time to spike appearance (TSA), time to 50 % male inflorescence emission (50 % pollen), time to silk appearance (TSiA), number spikelets (Nb.S).
- Qualitative: spikelets color (SpiC), silk color (SC), root aspect (RA) and spike cover (SpC). The spike coverage is defined as the distance between the stalk tip and the spathes top of spike. It is determined by a scale from 1 to 6 (longest to shortest).

## 2.3 Statistical analysis

The obtained data were subjected to descriptive analysis using R software version 3.6.2 where a one-factor analysis of variance (ANOVA) was performed. All tests performed were significant when the probability  $p < 0.05$ . In case of significance, Tukey's HSD test at 5% threshold was used for lineage classification. Then, a correlation matrix was constructed using the Pearson test of R software. Also, a principal component analysis (PCA) was performed using the R software package ade4.

## 3. Results

### 3.1 Pre-flowering parameters

The analysis results recorded in Table I showed that the relative pre-flowering traits of growth and development of studied lines showed a very highly significant difference ( $p < 0.001$ ). Significant differences are observed between the mean values of quantitative variables of lines for growth and development traits such as plant height (PH), ear insertion height (EIH), ear insertion index (EII), crown diameter (CD), number of leaves (Nb.L) and leaf area (LA).

#### 3.1.1 Plant Height

Table 1 shows the average variation in height between the lines studied with very high significance. Thus, the height plant varies from 98.09 cm ( $L^{54}$ ) for small line to 173.07 cm ( $L^{95A}$  and  $L^{95B}$ ) for large lines. Thus, Lines  $L^{54}$ ,  $L^{48}$ ,  $L^{46A}$ ,  $L^{89}$ ,  $L^{54A}$ ,  $L^{46}$ ,  $L^{91}$ , and  $L^{72A}$  achieved the smallest heights against lines  $L^{95A}$ ,  $L^{95B}$ ,  $L^{99}$ ,  $L^{60}$ , and  $L^{30}$  which were found to be larger compared to the  $L^1$  control (150.12 cm). Tukey's HSD test at 5% threshold classified the lines into ten overlapping groups in the following ascending order:  $L^{48}$ ,  $L^{54}$ , and  $L^{46A}$  (1st group (a));  $L^{89}$  (2nd group (b));  $L^{46}$ ,  $L^{91}$ ,  $L^{54A}$  (3rd group (bc));  $L^{67}$  (cd),  $L^{72A}$  (de),  $L^1$  (e),  $L^{30}$  (ef),  $L^{60}$  (fg), and  $L^{99}$  (gh) 4th, 5th, 6th, 7th, 8th, and 9th groups, respectively, and finally  $L^{95B}$  10th group (h).

#### 3.1.2 Height and insertion index of ear

The ear insertion height shown in Table 1 ranges from 35.76 cm ( $L^{48}$ ) to 88.29 cm ( $L^{95B}$ ). The lowest insertion heights are held in order of growth by lines  $L^{48}$ ,  $L^{54}$ ,  $L^{46A}$ ,  $L^{46}$  and  $L^{54A}$  relative to  $L^1$  control (68.69 cm). On the other hand, the highest insertions are recorded by lines  $L^{95B}$ ,  $L^{30}$ ,  $L^{99}$ ,  $L^{60}$ ,  $L^{95A}$ ,  $L^{72A}$  and  $L^{67}$ . Lines  $L^{89}$  and  $L^{91}$  are identical to the control line. Tukey's HSD test at 5 % threshold grouped the lines into eight (8) groups:  $L^{48}$ ,  $L^{54}$  (a) <  $L^{46A}$  (b) <  $L^{46}$ (c) ≤  $L^{54A}$  (cd) ≤  $L^1$ ,  $L^{89}$ ,  $L^{91}$  (de) ≤  $L^{60}$ ,  $L^{99}$ ,  $L^{72A}$ ,  $L^{95A}$  (e) ≤  $L^{67}$  (ef) <  $L^{30}$ ,  $L^{95B}$  (g).

Regarding the insertion index in Table I, the values vary from 0.35 ( $L^{48}$ ) to 0.69 ( $L^{30}$ ). Small index are recorded in lines  $L^{48}$ ,  $L^{54}$ ,  $L^{46A}$  and  $L^{95A}$  opposite to lines  $L^{30}$ ,  $L^{89}$ ,  $L^{67}$ ,  $L^{91}$ ,  $L^{95B}$ ,  $L^{72A}$ ,  $L^{54A}$ ,  $L^{60}$  and  $L^{99}$  in which this insertion index is large compared to control  $L^1$  (0.46 cm). Tukey's HSD test 5% threshold grouped the lines into six groups ranging from lowest to highest ear insertion:  $L^{48}$  (a) ≤  $L^{54}$  (ab) ≤  $L^{67}$ (bc) ≤  $L^1$ ,  $L^{46A}$ ,  $L^{95A}$ ,  $L^{91}$ ,  $L^{95B}$ ,  $L^{72A}$ ,  $L^{54A}$ ,  $L^{60}$ ,  $L^{99}$  and  $L^{46}$ (c) ≤  $L^{89}$  (cd) ≤  $L^{30}$  (d).

#### 3.1.3 Crown diameter

Table 1 shows the values ranging from 10.29 mm ( $L^{54}$ ) to 20.77 mm ( $L^{72A}$ ). Low values crown diameter compared to control  $L^1$  (18.79 cm) are respectively lines  $L^{54}$ ,  $L^{48}$ ,  $L^{99}$ ,  $L^{46A}$ ,  $L^{30}$ ,  $L^{89}$ ,  $L^{54A}$ ,  $L^{91}$ ,  $L^{67}$ ,  $L^{46}$  and  $L^{95A}$  versus diameters robust occupied by lines  $L^{72A}$ ,  $L^{60}$  and  $L^{95B}$ . Tukey's HSD test 5 % threshold grouped the lines in increasing order of diameter into nine groups:  $L^{54}$  and  $L^{48}$  (1st group (a));  $L^{99}$  (2nd group(b));  $L^{46A}$  (3rd group(bc));  $L^{30}$ ,  $L^{89}$ , and  $L^{54A}$  (4th

group(cd)); L<sup>91</sup> and L<sup>67</sup> (5th group(de)); (L<sup>46</sup> and L<sup>95A</sup>)6th group (ef); 7th group(fg) L<sup>95B</sup>; 8th group (gh) L<sup>60</sup>; and finally 9th group (h)(L<sup>72A</sup>).

3.1.4 Number maize leaves

Table 1 shows the small value which is 17 leaves (L<sup>48</sup>) and the large value is 23 leaves (L<sup>91</sup>). The lines with fewer leaves than L<sup>1</sup> control (19.61) are: L<sup>48</sup>, L<sup>54</sup>, L<sup>67</sup>, L<sup>46</sup>, L<sup>99</sup>, L<sup>89</sup> and L<sup>72A</sup>. Those with many leaves consist of lines: L<sup>91</sup>, L<sup>95B</sup>, L<sup>60</sup>, L<sup>54A</sup>, L<sup>30</sup>, L<sup>46A</sup> and L<sup>95A</sup>. Comparison of means using Tukey's HSD test at 5% threshold distinguished nine groups: L<sup>48</sup> and L<sup>54</sup> 1st group (a); L<sup>67</sup> and L<sup>46</sup> 2nd group (b); L<sup>99</sup>, L<sup>89</sup>, and L<sup>72A</sup> are 3rd group (bc); L<sup>95A</sup> is the 4th group (cd); L<sup>46A</sup> and L<sup>30</sup> 5th group (de); L<sup>54A</sup> 6th group (ef); L<sup>60</sup> 7th group (fg); L<sup>95B</sup> 8th group (g) and L<sup>91</sup> 9th group (h).

3.1.5 Leaf area

**Table 1** Mean values of quantitative variables for growth and development traits of maize lines studied

Quantitative characters						
Lines	PH (cm)	EIH (cm)	EII	CD (mm)	Nb. L	LA (cm <sup>2</sup> )
L1D0	150.12 ± 19.28 <sup>e</sup>	68.69 ± 13.00 <sup>de</sup>	0.46 ± 0.08 <sup>ac</sup>	18.79 ± 2.92 <sup>fg</sup>	19.61 ± 1.31 <sup>bc</sup>	518.74 ± 91.80 <sup>g</sup>
L30D300	152.53 ± 30.58 <sup>ef</sup>	87.40 ± 15.74 <sup>g</sup>	0.69 ± 0.93 <sup>d</sup>	15.72 ± 2.04 <sup>cd</sup>	20.18 ± 1.03 <sup>de</sup>	416.16 ± 81.34 <sup>de</sup>
L46D300	129.47 ± 15.24 <sup>bc</sup>	59.80 ± 11.56 <sup>c</sup>	0.46 ± 0.07 <sup>ac</sup>	18.01 ± 3.01 <sup>ef</sup>	18.96 ± 1 <sup>b</sup>	524.80 ± 87.56 <sup>g</sup>
L48D300	102.02 ± 7.41 <sup>a</sup>	35.76 ± 7.69 <sup>a</sup>	0.35 ± 0.06 <sup>a</sup>	10.86 ± 2.81 <sup>a</sup>	17.80 ± 1.20 <sup>a</sup>	219.95 ± 67.32 <sup>a</sup>
L54D300	98.09 ± 16.44 <sup>a</sup>	37.07 ± 8.41 <sup>a</sup>	0.38 ± 0.08 <sup>ab</sup>	10.29 ± 1.46 <sup>a</sup>	17.84 ± 1.58 <sup>a</sup>	238.43 ± 71.21 <sup>a</sup>
L60D300	156.82 ± 15.08 <sup>fg</sup>	76.22 ± 7.93 <sup>e</sup>	0.49 ± 0.05 <sup>ac</sup>	20.02 ± 2.76 <sup>gh</sup>	20.67 ± 1.41 <sup>fg</sup>	401.79 ± 80.60 <sup>de</sup>
L67D300	138.16 ± 15.03 <sup>cd</sup>	72.80 ± 10.02 <sup>ef</sup>	0.53 ± 0.06 <sup>bc</sup>	17.43 ± 1.35 <sup>de</sup>	18.89 ± 1.68 <sup>b</sup>	442.59 ± 63.75 <sup>ef</sup>
L89D200	124.04 ± 14.84 <sup>b</sup>	68.60 ± 10.53 <sup>de</sup>	0.55 ± 0.06 <sup>cd</sup>	15.99 ± 2.06 <sup>cd</sup>	19.04 ± 1.19 <sup>bc</sup>	348.77 ± 59.04 <sup>bc</sup>
L91D200	134.93 ± 14.06 <sup>bc</sup>	68.56 ± 9.23 <sup>de</sup>	0.51 ± 0.05 <sup>ac</sup>	16.92 ± 2.34 <sup>de</sup>	23.58 ± 1.06 <sup>h</sup>	491.74 ± 63.27 <sup>fg</sup>
L99D200	160.78 ± 11.73 <sup>gh</sup>	76.69 ± 10.68 <sup>e</sup>	0.48 ± 0.06 <sup>ac</sup>	13.91 ± 1.97 <sup>b</sup>	19.00 ± 1.13 <sup>bc</sup>	384.89 ± 54.53 <sup>cd</sup>
L46AD300	103.69 ± 14.43 <sup>a</sup>	46.58 ± 11.09 <sup>b</sup>	0.45 ± 0.08 <sup>ac</sup>	15.14 ± 2.72 <sup>bc</sup>	20.07 ± 0.99 <sup>de</sup>	325.82 ± 84.48 <sup>b</sup>
L54AD300	127.38 ± 16.92 <sup>bc</sup>	62.44 ± 10.87 <sup>cd</sup>	0.49 ± 0.05 <sup>ac</sup>	16.12 ± 2.44 <sup>cd</sup>	20.33 ± 1.26 <sup>ef</sup>	406.89 ± 92.42 <sup>de</sup>
L72AD300	149.31 ± 12.38 <sup>de</sup>	75.18 ± 8.80 <sup>e</sup>	0.50 ± 0.05 <sup>ac</sup>	20.77 ± 2.59 <sup>h</sup>	19.33 ± 1.37 <sup>bc</sup>	429.84 ± 73.7 <sup>ef</sup>
L95AD200	173.07 ± 15.18 <sup>h</sup>	75.27 ± 14.07 <sup>e</sup>	0.45 ± 0.05 <sup>ac</sup>	18.16 ± 2.00 <sup>ef</sup>	19.82 ± 1.13 <sup>cd</sup>	529.72 ± 89.51 <sup>g</sup>
L95BD200	173.07 ± 11.73 <sup>h</sup>	88.29 ± 12.13 <sup>g</sup>	0.51 ± 0.05 <sup>ac</sup>	19.01 ± 2.48 <sup>fg</sup>	20.91 ± 1.53 <sup>g</sup>	491.77 ± 79.31 <sup>fg</sup>
F	88.05	89.38	5.47	73.84	53.98	80.57
P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

P = Approximate Probability of Tests F = File Constancy; Means followed by the same letter are significantly identical at the 5% threshold. PH: Plant height; EIH: ear insertion height; EII: ear insertion index; CD: plant crown diameter; Nb.L: leaves number/plant; LA: leaf area

Table 1 on the variation in photosynthetic area shows values ranging from 219.95 cm<sup>2</sup> (L<sup>48</sup>) to 529.72 cm<sup>2</sup> (L<sup>95A</sup>). The leaf area values lower than that of L<sup>1</sup> control (518.74 cm<sup>2</sup>) are lines L<sup>48</sup>, L<sup>54</sup>, L<sup>46A</sup>, L<sup>89</sup>, L<sup>99</sup>, L<sup>60</sup>, L<sup>54A</sup>, L<sup>30</sup>, L<sup>72A</sup>, L<sup>67</sup>, L<sup>91</sup> and L<sup>95B</sup>, respectively. The largest leaf areas were recorded in lines L<sup>46</sup> and L<sup>95A</sup>. Tukey's HSD test at 5 % level classified the lines into eight overlapping groups: 1st group (a): L<sup>48</sup> and L<sup>54</sup> < 2nd group (b): L<sup>46A</sup> ≤ 3rd group (bc): L<sup>89</sup> ≤ 4th group (cd): L<sup>99</sup> ≤ 5th group (de): L<sup>60</sup>, L<sup>54A</sup> and L<sup>30</sup> ≤ 6th group (ef): L<sup>72A</sup> and L<sup>67</sup> ≤ 7th group (fg): L<sup>91</sup> and L<sup>95B</sup> ≤ 8th group: L<sup>46</sup> and L<sup>95A</sup> (g).

### 3.2 Inflorescence parameters

Analysis results recorded in Table II show that the inflorescence characters of studied lines show a very highly significant difference ( $p < 0.001$ ). Significant differences are observed between the mean values of quantitative variables of lines for following flowering characters: Time to panicle appearance (TPA), Time to spike appearance (TSA), Time to 50 % pollen appearance (50 % Po), Time to silk appearance (TSiA), and Number of spikelet in panicle (NbSpi).

#### 3.2.1 Time to panicle appearance

Table 2 shows the variation in mean time to panicle appearance between the lines studied with very high significance. Thus, the time of panicle appearance is between 49 (L<sup>99</sup>) and 62 (L<sup>48</sup>) days. This leads to determine the following sowing-flowering cycles: L<sup>99</sup>, L<sup>89</sup>, L<sup>1</sup> and L<sup>95A</sup> are early lines and have a panicle cycle of 49 to 50 days. The second early seeding cycle contains lines L<sup>95B</sup>, L<sup>67</sup>, L<sup>30</sup>, L<sup>46</sup>, L<sup>72A</sup> and L<sup>91</sup>, and has a cycle of 51 to 53 days. Third late-seeded cycle, containing lines L<sup>60</sup> and L<sup>54A</sup>, has a cycle length of 54 to 55 days. Late lines L<sup>54</sup> and L<sup>46A</sup> have a cycle of 59 to 60 days. Finally, very late line L<sup>48</sup> has a cycle 62 days. The comparison of the means with Tukey's HSD test at 5% threshold yielded twelve (12) groups: Group 1 (a) L<sup>99</sup>; Group 2 (ab) L<sup>89</sup>; Group 3 (b) L<sup>1</sup>; Group 4 (bc) L<sup>95B</sup> and L<sup>95A</sup>; Group 5 (c) L<sup>30</sup> and L<sup>67</sup>; Group 6 (d) L<sup>46</sup>; Group 7 (de) L<sup>91</sup> and L<sup>72A</sup>; Group 8 (e) L<sup>60</sup>; Group 9 (f) L<sup>54A</sup>; Group 10 (g) L<sup>54</sup>; Group 11 (gh) L<sup>46A</sup> and Group 12 (h) L<sup>48</sup>.

#### 3.2.2 Time of appearance of ear

Table 2 records time to ear emergence with values fluctuating between 49 (L<sup>95A</sup>) and 62 (L<sup>54</sup>) days. The variation in ear emergence time leads to classify lines in different sowing-flowering cycle compared to control. Thus, lines L<sup>95A</sup>, L<sup>99</sup>, L<sup>89</sup>, L<sup>46</sup> and L<sup>95B</sup> are early with a cycle 49 to 50 days. The early seeded lines are L<sup>67</sup>, L<sup>1</sup>, L<sup>30</sup>, L<sup>60</sup> and L<sup>72A</sup>, with a cycle 51 to 52 days. The late-seeded lines, L<sup>91</sup> and L<sup>54A</sup>, have a cycle 53 to 55 days. The late line L<sup>46A</sup> has a cycle 59 days. The very late lines L<sup>48</sup> and L<sup>54</sup> have a cycle of 61 to 62 days. Classification of lines based on means with Tukey's HSD test at 5% threshold defined seven (7) groups: L<sup>95A</sup> and L<sup>99</sup> group 1 (a)  $\leq$  L<sup>89</sup>, L<sup>46</sup>, L<sup>95B</sup> and L<sup>67</sup> group 2 (ab)  $\leq$  L<sup>60</sup>, L<sup>72A</sup> and L<sup>30</sup> group 3 (bc)  $\leq$  L<sup>91</sup> group 4 (c)  $<$  L<sup>54A</sup> group 5 (d)  $<$  L<sup>46A</sup> group 6 (e)  $<$  L<sup>54</sup> and L<sup>48</sup> group 7 (f).

#### 3.2.3 Time to 50% pollen count

Time to pollen emergence recorded in Table 2 ranges from 56 (L<sup>95A</sup>) to 68 (L<sup>48</sup> and L<sup>54</sup>) days. Thus, the sowing-flowering cycle is as follows: the early lines compared to L<sup>1</sup> control (58 days) are L<sup>95A</sup> and L<sup>95B</sup> and L<sup>67</sup> with a cycle 56 to 57 days. The early-seeded lines, including L<sup>46</sup>, L<sup>89</sup>, L<sup>1</sup>, L<sup>99</sup> and L<sup>30</sup>, have a cycle 58 to 59 days. The late seeded lines are characterized by L<sup>91</sup>, L<sup>72A</sup>, L<sup>60</sup> and L<sup>54A</sup> with a cycle of 60 to 62 days. Late line L<sup>46A</sup> has a cycle of 65 days. Finally, the 50 % very late pollen delay is seen in lines L<sup>48</sup> and L<sup>54</sup> with a cycle 68 days. Tukey's HSD test at 5 % threshold classified the lines into ten (10) groups: 1st group (a) L<sup>95A</sup>; 2nd group (ab) L<sup>95B</sup>; 3rd group (b) L<sup>67</sup>; 4th group (c): L<sup>89</sup>, L<sup>46</sup> and L<sup>1</sup>; 5th group (d) L<sup>30</sup> and L<sup>99</sup>; 6th group (e) L<sup>91</sup>; 7th group (f) L<sup>72A</sup>; 8th group (g) L<sup>54A</sup> and L<sup>60</sup>; 9th group (h) L<sup>46A</sup>; 10th group (i) L<sup>54</sup> and L<sup>48</sup>.

#### 3.2.4 Time to silk appearance

Variation in the time to silk appearance lines resulted in seeding-flowering cycles that ranged from 56 (L<sup>95B</sup>) to 67 (L<sup>48</sup> and L<sup>54</sup>) days. Early onset relative to control L<sup>1</sup> (58.89) is identified in lines L<sup>95B</sup>, L<sup>30</sup>, and L<sup>95A</sup>, with a 56-day cycle. Early seeding is observed in lines L<sup>67</sup>, L<sup>89</sup>, L<sup>99</sup>, L<sup>46</sup> and L<sup>72A</sup> with a cycle of 57 to 58 days. Late-seeded lines including L<sup>1</sup>, L<sup>60</sup>, L<sup>91</sup> and L<sup>54A</sup> cycle in 59 to 60 days. The late line L<sup>46A</sup> has a cycle of 64 days. The very late lines consist of L<sup>48</sup> and L<sup>54</sup> with a cycle of 67 days. Classification of lines into seven (7) groups was done with the Tukey HSD test at 5 % threshold. L<sup>95B</sup> and L<sup>30</sup> (1st group (a)); L<sup>95A</sup>, L<sup>67</sup> and L<sup>89</sup> (2nd group (ab)); the L<sup>99</sup> and L<sup>46</sup> (3rd group (b)); L<sup>72A</sup> (4th group (bc)); L<sup>1</sup>, L<sup>60</sup>, L<sup>91</sup> and L<sup>54A</sup> (5th group (c)); L<sup>46A</sup> (6th group (d)); L<sup>54</sup> and L<sup>48</sup> (7th group (e)).

#### 3.2.5 Spikelets Number

The number of spikelets panicles obtained by the lines gave in table II average values that varied from 5 (L<sup>54</sup>) to 21 (L<sup>91</sup>) spikelets. To this effect, lines L<sup>54</sup>, L<sup>48</sup>, L<sup>54A</sup>, L<sup>99</sup>, L<sup>46A</sup>, L<sup>89</sup>, L<sup>46</sup>, L<sup>30</sup>, L<sup>60</sup> and L<sup>95B</sup> recorded the lowest number of spikelets compared to L<sup>1</sup> controls respectively (15,20). The highest number of spikelets was carried by lines L<sup>91</sup>, L<sup>72A</sup>, L<sup>95A</sup> and L<sup>67</sup>. Tukey's HSD test at 5% level classified the lines into eight groups: group 1(a) L<sup>54</sup> and L<sup>48</sup>  $<$  group 2(b) L<sup>54A</sup>  $<$  group 3(c) L<sup>99</sup> and L<sup>46A</sup>  $\leq$  group 4(cd) L<sup>89</sup>  $\leq$  group 5(d) L<sup>46</sup>  $\leq$  group 6 (de) L<sup>30</sup>, L<sup>60</sup>, and L<sup>95B</sup>  $\leq$  group 7(e) L<sup>95A</sup>, L<sup>67</sup>, and L<sup>1</sup>  $\leq$  group 8(f) L<sup>91</sup> and L<sup>72A</sup>.

**Table 2** Mean values of inflorescence traits of maize lines

Quantitative characters					
LIG	TPA	TSA	50 % Po	TSiA	NbS
L1 <sub>D0</sub>	49.87 ± 2.51 <sup>b</sup>	51.11 ± 2.86 <sup>b</sup>	57.83 ± 2.14 <sup>c</sup>	58.89 ± 3.49 <sup>c</sup>	15.20 ± 5.86 <sup>e</sup>
L30 <sub>D300</sub>	51.07 ± 1.60 <sup>c</sup>	51.49 ± 1.32 <sup>bc</sup>	58.80 ± 3.14 <sup>d</sup>	56.22 ± 2.24 <sup>a</sup>	14.64 ± 2.38 <sup>de</sup>
L46 <sub>D300</sub>	51.53 ± 2.19 <sup>d</sup>	50.40 ± 1.74 <sup>ab</sup>	57.76 ± 1.33 <sup>c</sup>	57.22 ± 1.99 <sup>b</sup>	14.00 ± 4.08 <sup>d</sup>
L48 <sub>D300</sub>	62.29 ± 1.75 <sup>h</sup>	60.60 ± 1.95 <sup>f</sup>	67.53 ± 1.69 <sup>i</sup>	66.64 ± 3.05 <sup>e</sup>	6.44 ± 2.30 <sup>a</sup>
L54 <sub>D300</sub>	58.53 ± 4.56 <sup>g</sup>	62.00 ± 3.05 <sup>f</sup>	68.03 ± 1.07 <sup>i</sup>	67.10 ± 0.55 <sup>e</sup>	5.38 ± 1.56 <sup>a</sup>
L60 <sub>D300</sub>	53.89 ± 1.35 <sup>e</sup>	51.89 ± 0.98 <sup>bc</sup>	61.87 ± 1.74 <sup>g</sup>	59.38 ± 2.18 <sup>c</sup>	14.91 ± 2.71 <sup>de</sup>
L67 <sub>D300</sub>	50.96 ± 1.82 <sup>c</sup>	50.51 ± 2.13 <sup>ab</sup>	57.24 ± 2.35 <sup>b</sup>	56.69 ± 2.48 <sup>ab</sup>	15.60 ± 3.47 <sup>e</sup>
L89 <sub>D200</sub>	49.53 ± 1.70 <sup>ab</sup>	50.00 ± 1.80 <sup>ab</sup>	57.76 ± 1.09 <sup>c</sup>	56.73 ± 1.52 <sup>ab</sup>	12.80 ± 3.63 <sup>cd</sup>
L91 <sub>D200</sub>	52.67 ± 1.37 <sup>de</sup>	52.67 ± 1.58 <sup>c</sup>	59.71 ± 2.64 <sup>e</sup>	59.50 ± 2.12 <sup>c</sup>	21.60 ± 3.01 <sup>f</sup>
L99 <sub>D200</sub>	49.16 ± 1.52 <sup>a</sup>	49.47 ± 1.79 <sup>a</sup>	58.43 ± 1.52 <sup>d</sup>	57.20 ± 1.52 <sup>b</sup>	11.27 ± 2.17 <sup>c</sup>
L46A <sub>D300</sub>	59.67 ± 3.44 <sup>gh</sup>	58.56 ± 5.23 <sup>e</sup>	65.49 ± 2.57 <sup>h</sup>	63.51 ± 3.31 <sup>d</sup>	11.53 ± 3.40 <sup>c</sup>
L54A <sub>D300</sub>	55.04 ± 1.82 <sup>f</sup>	54.60 ± 2.20 <sup>d</sup>	62.31 ± 1.35 <sup>g</sup>	59.76 ± 1.51 <sup>c</sup>	10.91 ± 2.77 <sup>b</sup>
L72A <sub>D300</sub>	52.60 ± 1.95 <sup>de</sup>	51.89 ± 1.64 <sup>bc</sup>	60.42 ± 1.44 <sup>f</sup>	58.02 ± 1.08 <sup>bc</sup>	19.47 ± 5.40 <sup>f</sup>
L95A <sub>D200</sub>	50.40 ± 1.90 <sup>bc</sup>	48.87 ± 5.35 <sup>a</sup>	55.71 ± 0.69 <sup>a</sup>	56.42 ± 0.96 <sup>ab</sup>	15.87 ± 2.83 <sup>e</sup>
L95B <sub>D200</sub>	50.51 ± 2.34 <sup>bc</sup>	50.47 ± 1.50 <sup>ab</sup>	56.33 ± 1.30 <sup>ab</sup>	56.07 ± 0.81 <sup>a</sup>	15.04 ± 4.63 <sup>de</sup>
F	152.6	96.87	182.9	88.55	50.9
P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

P = Probability associated with the ANOVA statistic F = Constancy of the Fisher test variable; Means followed by the same letter are identical at the 5% threshold; Means followed by different letters are significantly different at the 5 % threshold. Time to panicle appearance (TPA), Time to spike appearance (TSA), Time to 50 % pollen appearance (50 % Po), Time to silk appearance (TSiA), and Number of spikelets in panicle (NbSpi).

### 3.3 Quality characteristics of pre-flowering and flowering

Table 3 presents the qualitative characters of preflowering and flowering that expressed their abundance within the lines. These include: silk color (S.C), root appearance (RA), spikelet color (SpiC) and spike cover (SpC).

#### 3.3.1 Silks Color

Table 3 shows the different colors of silks lines which are of three types: purple, pink and white. Color is dominated by purple and includes lines L<sup>1</sup>, L<sup>30</sup>, L<sup>60</sup>, L<sup>67</sup>, L<sup>99</sup>, L<sup>54A</sup>, L<sup>72A</sup>, L<sup>95A</sup> and L<sup>95B</sup>. Then, the pink color which contains the lines L46, L54, L89, L46A and L48. Finally, the white color which is composed of lineage L<sup>91</sup>.

#### 3.3.2 Roots Aspect

Table 3 shows three patterns root appearance of lines. These are stilt roots with two nodes of insertion with one underground and the other above ground, and which dominate all the lines (L<sup>1</sup>, L<sup>30</sup>, L<sup>46</sup>, L<sup>54</sup>, L<sup>60</sup>, L<sup>67</sup>, L<sup>89</sup>, L<sup>46A</sup>, L<sup>48</sup>, L<sup>54A</sup> and L<sup>95A</sup>). The stilt roots have three nodes of insertion with one underground and two (2) above ground. These are lines L<sup>91</sup>, L<sup>99</sup> and L<sup>95B</sup>. Line L<sup>72A</sup> has the appearance of a fasciculate root with one underground insertion node.

#### 3.3.3 Spikelets Color

Table 3 is dominated by green and purple. Color character set is dominated by green color and includes lines L<sup>1</sup>, L<sup>30</sup>, L<sup>54</sup>, L<sup>60</sup>, L<sup>89</sup>, L<sup>91</sup>, L<sup>54A</sup>, L<sup>72A</sup>, L<sup>95A</sup>, and L<sup>95B</sup>. Purple color is noticed in lines L<sup>46</sup>, L<sup>67</sup>, L<sup>99</sup>, L<sup>46A</sup> and L<sup>48</sup>.

### 3.3.4 Maize ear cover

Table 3 presents six forms according to formation of spikes of lines. These are: long cover which includes line L<sup>99</sup>; medium long comprising lines L<sup>1</sup>, L<sup>54</sup>, L<sup>67</sup>, L<sup>46A</sup> and L<sup>95A</sup>; short (L<sup>30</sup>, L<sup>60</sup>, L<sup>89</sup>, L<sup>48</sup>, L<sup>54A</sup> and L<sup>95B</sup>); very short closed held by lines L<sup>46</sup> and L<sup>91</sup> and very short open carried by line L<sup>72A</sup>.

**Table 3** Abundance of qualitative pre-flowering and flowering traits of lines

characters qualitative				
LIG	SC	RA	Spi. C	Sp. C
L1 <sub>D0</sub>	purple	R.Ec à 2 nœuds I.S.A	green	3 (Medium. Long)
L30 <sub>D300</sub>	purple	R.Ec à 2 nœuds I.S.A	green	4 (Short)
L46 <sub>D300</sub>	pink	R.Ec à 2 nœuds I.S.A	violet	5 (Very Short closed)
L54 <sub>D300</sub>	pink	R.Ec à 2 nœuds I.S.A	green	3 (Medium. Long)
L60 <sub>D300</sub>	purple	R.Ec à 2 nœuds I.S.A	green	4 (Short)
L67 <sub>D300</sub>	purple	R.Ec à 2 nœuds I.S.A	violet	3 (Medium. Long)
L89 <sub>D200</sub>	pink	R.Ec à 2 nœuds I.S.A	green	4 (Short)
L99 <sub>D200</sub>	white	R.Ec à 3 nœuds I.S.A	green	5 (Very Short closed)
L99 <sub>D200</sub>	purple	R.Ec à 3 nœuds I.S.A	purple	2 (Long cover)
L46A <sub>D300</sub>	pink	R.Ec à 2 nœuds I.S.A	purple	3 (Medium. Long)
L48 <sub>D300</sub>	pink	R.Ec à 2 nœuds I.S.A	purple	4 (Short)
L54A <sub>D300</sub>	purple	R.Ec à 2 nœuds I.S.A	green	4 (Short)
L72A <sub>D300</sub>	purple	R.Fa à 1 nœud I.S	green	6 ( Very Short open)
L95A <sub>D200</sub>	purple	R.Ec à 2 nœuds I.S.A	green	3 (Medium. Long)
L95B <sub>D200</sub>	purple	R.Ec à 3 nœuds I.S.A	green	4 ( Short)

Silk color (S.C); root appearance (RA); Spikelet color (SpiC) and Spike cover (SpC); **R.Fa at 1 node I.S:** Fasciculate Root at 1 node of subsurface insertion; **R. Ec at 2 nodes I.S.A:** Stilt root at 2 nodes of Insertion (Underground and Aerial); **R.Ec at 3 nodes I.S.A:** Stilt root at 3 nodes of Insertion (Underground and Aerial); **2:** Long cover ear; **3:** Medium. Long cover ear; **4:** Short cover ear; **5:** Very Short closed cover ear; **6:** Very Short open cover ear

### 3.4 Correlation analysis of different agro-morphological parameters

The correlation matrix shows significant correlations between several pairs of variables of growth and development traits, at level of flowering traits and a correlation between growth and flowering variables (Table 4). Thus, analysis reveals within a single trait and between different traits significant correlations, strong significant correlation and very strong significant correlation.

### 3.5 Principal Component Analysis (PCA) and agro-morphological performance

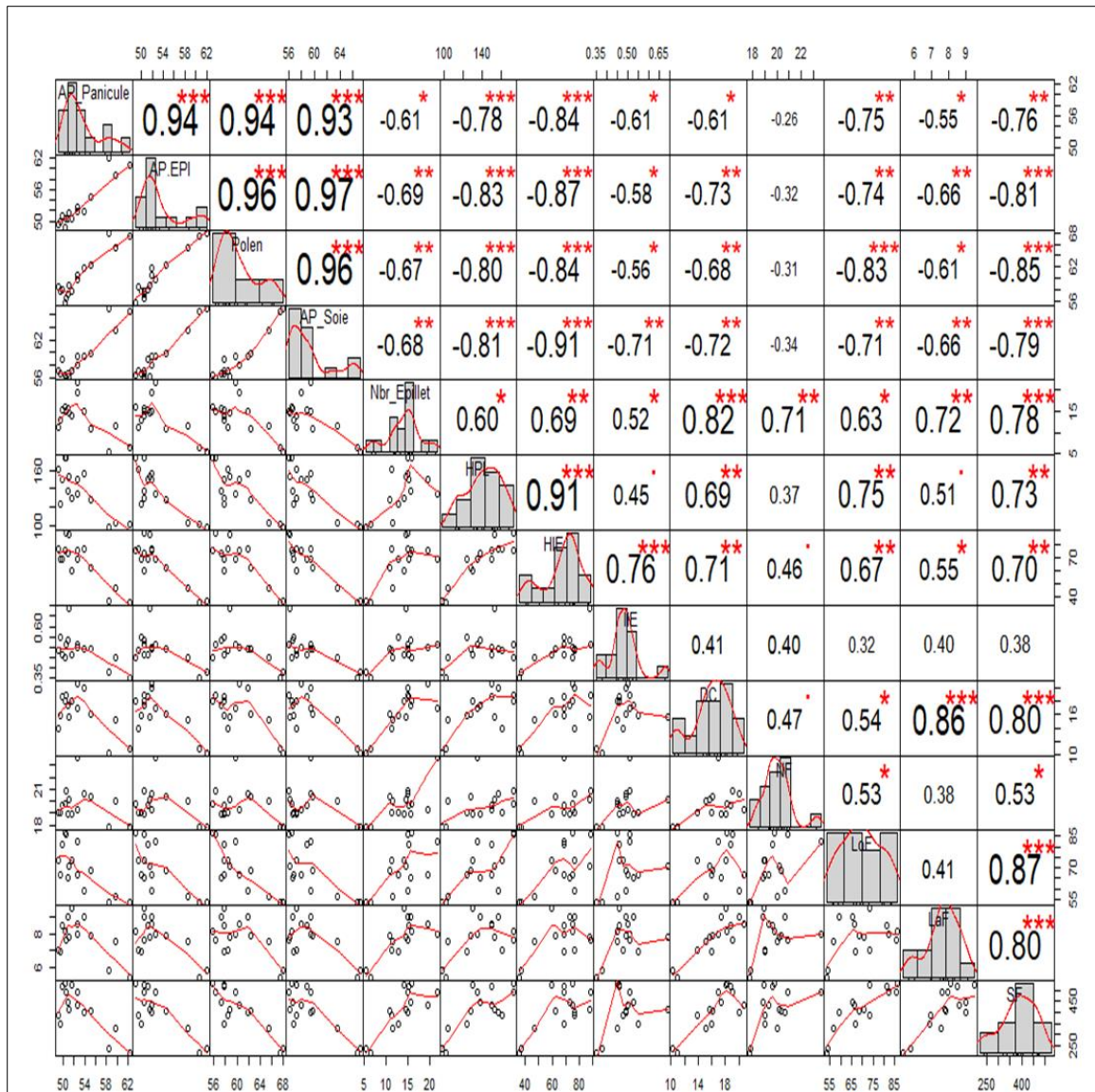
The heterogeneity of the values obtained for each parameter determined contributed to classification of lines. The projection of variables in factorial plane showed that all variables participated in the discrimination of studied traits. Thus, agro-morphological performance allowed the classification of lines: figure 1 and figure 2.

Figure 1 shows the projection of growth and development traits of lines on factorial plane formed by axes 1 and 2, which together explain 76.25% of variability. Examination of correlations of variables with first component (Dim1), which accounts for 64.77 % of the variability, shows that following agro-morphological variables: LA; CD; PH and EIH presenting a strong contribution, are positively correlated with this component. The second component (Dim2), which explains only 11.48% of total variability, is strongly correlated with the EII variable. The projection of mean points maize lines in the factorial plane allows to distinguish four main groups lines. Thus, lines L<sup>54</sup> and L<sup>48</sup> in group 1 have small size with few leaves, small leaf area, small crown diameter, small ear insertion height and low ear insertion index. Group 2 consisting lines L<sup>46A</sup>, L<sup>54A</sup>, L<sup>99</sup>, L<sup>89</sup> and L<sup>30</sup> were not influenced by any factor. Lines L<sup>67</sup>, L<sup>60</sup>, L<sup>72A</sup> and L<sup>46</sup> constitute



group 3. They are characterized by a very large leaf width and collar diameter. Group 4 contains lines L<sup>1</sup>, L<sup>91</sup>, L<sup>95A</sup> and L<sup>95B</sup> which have many very long leaves with a large leaf area.

**Table 4** Correlation matrix between variables of agro-morphological parameters of maize lines

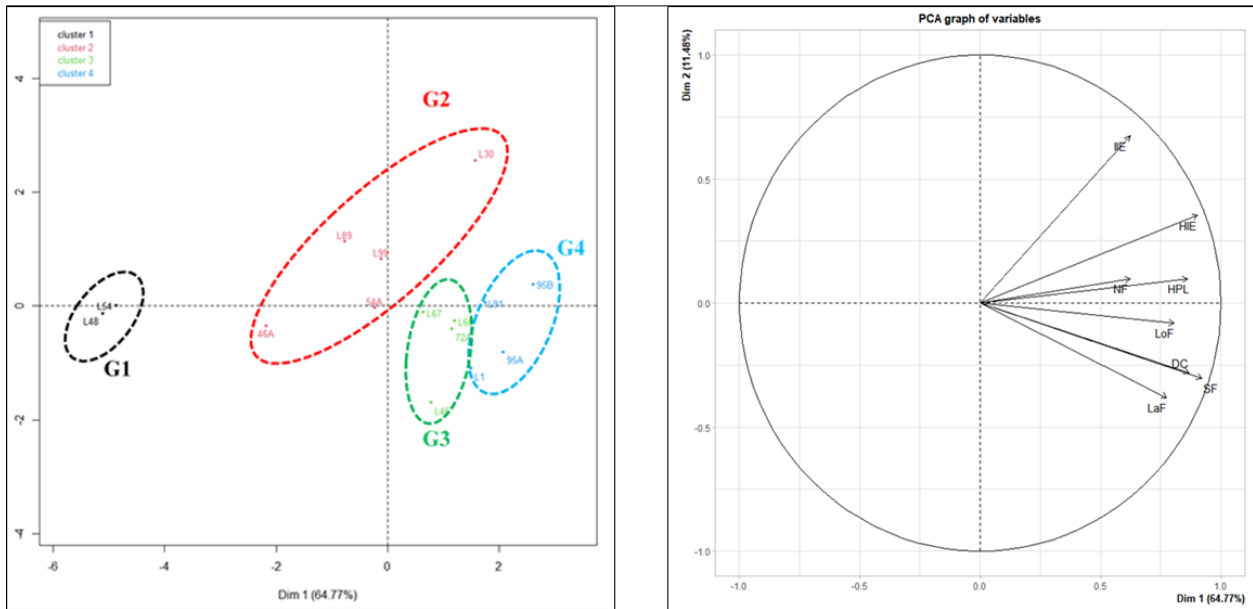


\*: significant correlation; \*\*: strong significant correlation; \*\*\*: very strong significant correlation; positive value (+): indicates a positive correlation; negative value (-): negative correlation

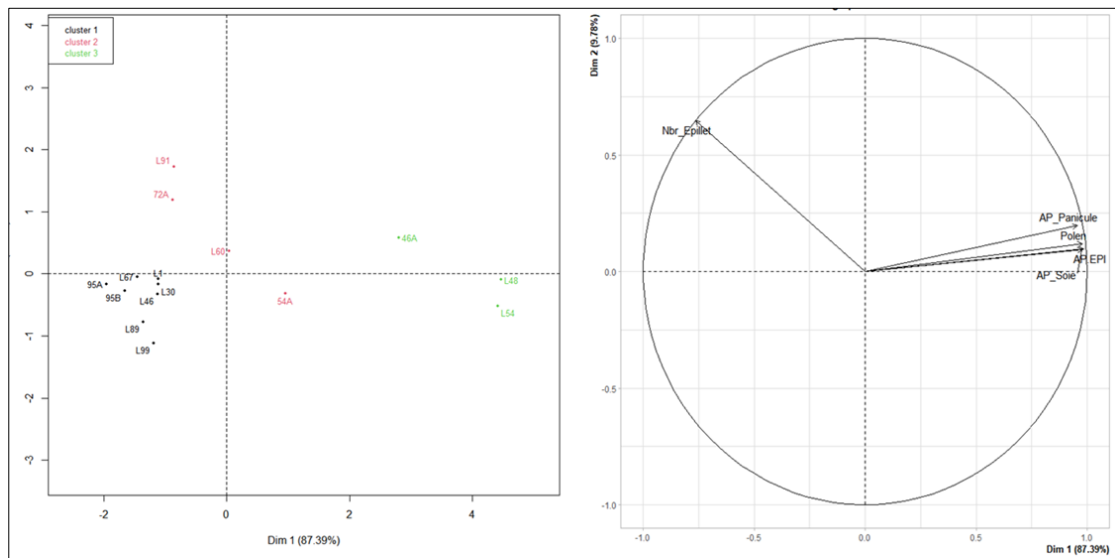
Figure 2 shows that the line flowering variables projection on to factorial plane formed axes 1 and 2 showed an overall variability of 97.17 %. Examination of correlations of variables with axis 1 accounts for 87.39 % of total variability. This shows that the flowering variables: time to panicle emergence, time to spike emergence, time to 50 % pollen count and spikelet number have a strong contribution and are positively correlated with this component (Dim1). The second component (Dim2) accounted for 9.78% of total variability. The projection of mean points of maize lines in factorial plane allows us to distinguish three main groups of lines. Thus, group 1 includes lines L<sup>95A</sup>, L<sup>95B</sup>, L<sup>89</sup>, L<sup>99</sup>, L<sup>46</sup>, L<sup>30</sup>, L<sup>67</sup> and L<sup>1</sup> with a negative correlation, has short ear appearance time, silk appearance time, panicle appearance time and 50 % pollen appearance time. These are short and early cycle lines.

Group 2 is not influenced by any factor. It includes lines L<sup>91</sup>, L<sup>72A</sup>, L<sup>60</sup> and L<sup>54A</sup>. The lines L<sup>46A</sup>, L<sup>48</sup> and L<sup>54</sup> constitute group 3. This group is dependent on parameters such as time to ear appearance, time to silk appearance, time to panicle appearance and time to 50% pollen appearance and have a positive correlation. The lines belonging to this group are characterized by a long and late cycle. However, the lines have a small number of spikelets.





**Figure 1** Projection of growth and development variables of lines in plane formed by axes 1 and 2



**Figure 2** Projection of line flowering variables in plane formed by axes 1 and 2

## 4. Discussion

Agro-morphological characterization is important steps in the description and classification of crop plants. Indeed, any improvement program necessarily relies on morpho-phenological variability [31]. It provides improves with crucial information needed for research work [12; 41]. It is in context that an agro-morphological study of 15 new yellow maize lines derived from gamma irradiated seeds of the variety EV8728 was necessary. This diversity concerned the pre-flowering and flowering parameters of new lines. Descriptive analyses showed very significant differences between the mean values for all agro-morphological traits analyzed. This indicates a significant inter-line variability.

### 4.1 Interlines variability in quantitative pre-flowering traits

The results of the statistical analysis of growth and development variables showed that the lines differed from each other in plant height, ear insertion height, ear insertion index, crown diameter, number of leaves and leaf area. Thus, these variables differed from each other by small size and shape versus large size and robustness compared to control.

These different variations allowed to highlight a hetero-diversity of studied lines. This morphological diversity would be linked to variability of genetic resources of each line. The same variability was reported by [12; 30; 40;42]. Similar results related to high morpho-phenotypic diversity were obtained by [31] by characterizing one hundred and seventy-one (171) maize accessions collected in the Savannah regions (Denguélé, Vallée du Bandaman, Moyen-Cavally and Bas Sassandra) of Côte d'Ivoire. According to [8; 31; 33], the morphological diversity of cultivated maize is related, not only, to agronomic traits of seeds but also to peasant management practices of exchanging seeds of varieties among farmers. [42; 43] confirmed this peasant practice as responsible for this diversity among crop populations. The observed variability among the growth traits of studied lines would also result from the ability of these lines to adapt to growing environment. Work by [11; 19] on tomato varieties linked varietal growth difference to genotype and environment in which they were tested. Indeed, the different behavior of lines would be attributed to their genome expression. In addition, the different doses of irradiation from which the lines emanate would be responsible for controlling different behavior of these lines. For [16], mutations induced at plant level are responsible for the variation in plant growth. Our results are similar to those of [14] in tomato. According to them, tomato plants that received high doses of gamma irradiation recorded low growth, showing growth diversity at tomato plant level. The results related to the synthesis of leaves and expression of their surface also revealed a diversity. This diversity could also be explained by the application of ionizing radiation responsible for screening of lines. Thus, these lines will have different morphological and physiological behaviors. For [45], doses of gamma radiation have a depressive effect on plant development. This results in changes in the shape of photosynthetic surface and the number of leaves. This agro-morphological character variation was observed in peanut accessions [1; 2].

#### 4.2 Interlines variability in quantitative flowering traits

The lines studied showed very different behaviors in flowering time. This again shows the diversity of lines studied. This difference was observed between the lines and also within the same line where a gap ranging from 1 to 4 days was observed between the time of appearance of panicle and that of ear. Thus, in some lines the panicle appeared before ears, in others it is the opposite behavior. In other lines, both reproductive organs appear at same time. The time of panicle and ear appearance showed an early sowing-flowering cycle of 50 days and a very late cycle of 62 days with a delay of 12 days. This behavior would therefore be linked to the genetic traits of each line. The work of [21] on tomato flowers also showed the differences in flowering expressed under genotypic expression and are responsible for diversity of plants. According to this author, this genome expression can be influenced by external factors in plant's environment. The time to 50% pollen and silk appearances varied (1-3 days) across lines and on same plant (monoecious plant). According to [12], the variability in inflorescence initiation originates from the change in seeding-flowering cycles of cultivated varieties. The appearance of pollen and silk in lineages occurs either in order pollen-silk or silk-pollen or both at same time. These diverse behaviors of lines could be attributed to genetic, agro-ecological (temperature) and agro-pedological (soil structure and mineral composition) factors. These results are consistent with those of [27] on the agro-morphological performance of local and improved maize varieties. For them, the required interval between male and female flowering is 3 to 9 days and is highly dependent on soil temperature and relative humidity. Number of spikelets varied greatly between lines with a difference of 16 spikelets between smallest value and largest. These different variations in number of spikelets may be related to interaction between genotypes and environment. According to [38] from flowering initiation to floral maturity, several genetic, biochemical and physiological phenomena are involved in the mobilization of mineral elements. Therefore, the capacity of each line to draw mineral elements and water is under effect of environmental factors (light, temperature). [29]

#### 4.3 Interlines variability of qualitative agro-morphological traits

Variability in colors of silk, spikelets, proportion of cob cover by spathes and root appearance was observed in the studied maize lines. The color of the silk or beard was dominated by purple while the spikelets of the panicle showed mostly green color. The majority of lines had ears well covered by spathes except for lines L<sup>46</sup>, L<sup>99</sup> and L<sup>72A</sup> where tip of ear remained open revealing the kernels of ear. The root structure is mostly dominated by the stilt type (adventive) with two insertion nodes, one underground and the other above ground. These expressions may be the effect of modification of genetic information to gamma irradiation from which lines result. This modification would also be related to action of environmental factors. This is in agreement with work of [13] who state that effect of gamma irradiation acts on genes by altering certain pigments resulting in organ color diversity. For [3;10], some external factors, such as water availability and temperature have a direct impact on metabolism and genome characteristics hence the observed color diversity. In contrast, degree of spike coverage is typically under the control of genome. The same genome also controls root structure [22]. On the other hand, the different aspects of the root observed at lineage level can be caused either by type of inking, the mode of nutrition or by environmental factors. Indeed, thanks to their root system, plants have ability to adapt to their environment in order to better exploit the water and mineral resources available to plant [8; 20; 23; 24].

## 5. Conclusion

The study of agro-morphological characterization (pre-flowering and flowering) of fifteen maize lines grown at Jean Lorougnon Guédé University in Daloa, Côte d'Ivoire, reveals a significant agro-morphological diversity. Each variable constitutes a potential source of interesting traits for improvement of maize production in Côte d'Ivoire. The lines studied are L<sup>1</sup>, L<sup>30</sup>, L<sup>46</sup>, L<sup>46A</sup>, L<sup>48</sup>, L<sup>54</sup>, L<sup>54A</sup>, L<sup>60</sup>, L<sup>67</sup>, L<sup>72A</sup>, L<sup>89</sup>, L<sup>91</sup>, L<sup>95A</sup>, L<sup>95B</sup> and L<sup>99</sup>. The control line L<sup>1</sup> EV8728 is not irradiated. The lines were compared to each other and to control through the agro-morphological variables. After observing the differences between lines through the comparison of averages, it appears from this study that lines L<sup>48</sup> and L<sup>54</sup> presented variables of small size, small diameter, few leaves, small leaf area and are very late. Lines L<sup>95A</sup>, L<sup>95B</sup>, L<sup>89</sup> and L<sup>99</sup> have better vegetative characteristics compared to the control and are early. The other lines are intermediate. These improved lines could provide a solution to constraints that undermine maize cultivation in Côte d'Ivoire. In order to optimize the exploitation of these lines, it would be very important to characterize the production of these lines and to make a biochemical analysis of grains of these lines.

## Compliance with ethical standards

### Acknowledgments

The authors thank the Professor KOUADIO Yatty Justin managed the literature searches.

### Disclosure of conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interests regarding the publication of this paper.

## References

- [1] Akanvou L, Kouamé K, Akanvou R, Kouakou C.K, N'Da HA, Koffi YF. Producing seed of open-pollinated maize varieties in Côte d'Ivoire. CNRA maize sheet n°. 2017; 3.
- [2] Alleidi I, Hamidou F, Inoussa MM, Bakasso Y, Zongo JD. Agro-morphological characterization of peanut (*arachis hypogaea l.*) accessions for oil content. European Scientific Journal May 2016 edition. 2016; 12(15): ISSN: 1857 – 7881.
- [3] Anzala FJ. Germination control rate in maize (*Zea mays*): study biosynthetic pathway of aspartate-derived amino acids and search for QTLs. Ph.D. thesis, speciality: plant cellular and molecular biology, University of Angers, France. 2006; 147.
- [4] Asare AT, Mensah F, Acheampong S, Asare-Bediako E, Armah J. Effects of Gamma Irradiation on Agromorphological Characteristics of Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.) Advances in Agriculture. 2017;.
- [5] Assouhoun-Djeni NMC, Djeni NT, Messaoudi S, Lhomme E, Koussemon-Camara M, Ouassa T, Chobert JM, Onno B, Dousset X. Biodiversity, dynamics and antimicrobial activity of lactic acid bacteria involved in the fermentation of maize flour for doklu production in Côte d'Ivoire; Food Control journal homepage: Food Control. 2016; 62: 397–404.
- [6] Ayolié K, Kouassi NJ, Angaman DM, Kouadio AB, Soro D, Kouakou TH, Kouadio YJ. Effect of water stress on morphological, physiological and biochemical parameters of three varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum mill.*). Cultivated in Côte d'Ivoire, *International journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS)*. 2016; 2(11): 148-16.
- [7] Bae H-H, Yi G, Go Y.S, Ha J.Y, Choi Y, Jae-Han Son J-H, Shin S, Jung T-W, Lee S. Measuring antioxidant activity in yellow corn (*Zea mays L.*) inbreds from three different geographic regions *Appl Biol Chem*. 2021; 64: 56.
- [8] Bahlali S. Study of architecture of root system of palm trees. University Mouhamed Kheider biskra, department of natural and life sciences, faculty exact sciences and natural and life sciences. Option: plant production. 2020.
- [9] Bamba B, Guèye M, Badiane A, N'Gom D, Samba L. K. A. Effect of sowing date and density on growth and grain yield of late millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br] in the south-eastern and southern zones of Senegal. *J. Appl Biosci*. 2019; 138: 14106 - 14122.
- [10] Chentoufi L, Sahri A, Arbaoui M, Birouk A, Roumet P, Muller M-H, Belqadi L. Agro-morphological diversity and varietal management by farmers of durum wheat (*Triticum turgidum ssp. durum*) in the Moroccan Pre-Rif. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*. 2014; 2(2): 30-38.

- [11] Coulibaly ND, Fondio L, N’Gbesso MFD, Doumbia B. Evaluation of the agronomic performance of fifteen new tomato lines on station in central Côte d’Ivoire. *International journal of biological and chemical Sciences. International Journals Biology of Chemical Science*. 2019; 13(3): 1565-1581.
- [12] Deffan KP, Akanvou L, Akanvou R, Nemlin GJ, Kouamé PL. Morphological and nutritional evaluation of local and improved varieties of maize (*zea mays l.*) produced in Côte d’Ivoire. *Laboratoire de Technologie du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Afrique SCIENCE*. 2015; 11(3): 181– 196.
- [13] Delia M, Grigore D, Constantin C, Victoria C. Gamma radiation effects on seed germination, growth and pigment content, and ESR study of induced free radicals in maize (*Zea mays*) *J Biol Phys*. 2013; 39: 625–634.
- [14] Djibo HEH, Lei J. Effect of gamma irradiation of tomato (*Lycopersicon esculentum Mill*) seeds on NaCl resistance and proline accumulation in leaves. *Int. J. Biol. Chem. Sci*. 2014; 8(4): 1517-1523.
- [15] Dronne Yves. Agricultural raw materials for food and feed the world. *INRA Prod. Anim*. 2018; 31 (3): 165-180.
- [16] Iwahamire EC, Mukunda M, Abe G, Batumike R, Baderhekuguma X, Kashosi, Tshamoba M, Balola K, Kashamuka M. Evaluation of the growth and performance of some of the maize variety in introduction in the ecology of mulungu. *International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 9, Issue 8, Augsut-2018 419 ISSN 2229-5518. Etats-Unis, American Society of Agronomy*. 2018; 986.
- [17] Faostat., 2020. <http://www.fao.org/faostat/fr/ data/QC. Production CI>
- [18] Faostat (2018). <http://www.fao.org/faostat/fr/ data/QC>. Accessed on 20 October 2020.
- [19] Fondio L, Djidji AH, N’gbesso MFD, Koné D. Evaluation of nine tomato (*Solanum lycopersicumL.*) varieties with respect to bacterial wilt and productivity. *Int. J. Biol. Chem. Sci*. 2013; 7(3): 1078-1086.
- [20] Grossman JD, Rice KJ. Evolution of root plasticity responses to variation in soil nutrient distribution and concentration. *Evolutionary Applications*. 2012; 5: 850-857.
- [21] Gwennaël B. Architectural genes and sexuality in plants: Discovering stamenless tomato flowers. *Journal of Scientific issues*. 2013; 184(3): 351-372.
- [22] Hodge A, Berta G, Doussan C, Merchan F, Crespi M. Plant root growth, architecture and function. *Plant and Soil*. 2009; 321: 153-187.
- [23] Hoopen MEP, Maïga A. Maize production and processing. *Pro-Agro Collection*. 2012; 31.
- [24] Kuzyakov Y, Blagodatskaya E. Microbial hotspots and hot moments in soil: Concept & review. *Soil Biology and Biochemistry*. 2015; 83: 184-199.
- [25] Le Cadre E, Carof M, Laperche A, Cannavo P, Menasseri S, Godinot O, Julbault M, Manzanares-Dauleux M, Guenon R, Jaffrezic A, Pérès G. Valuation of plant-soil interactions for plant nutrition and health. *Innovations Agronomiques*. 2018; 69: 71-82.
- [26] Missihoun AA, Agbangla C, Adoukonou-Sagbadja H, Ahanhanzo C, Vodouhè R. Traditional management and status of sorghum (*Sorghum bicolor L. Moench*) genetic resources in northwest Benin. *International Journal of Biological Chemical Sciences*. 2012; 6: 1003-1018.
- [27] Moussa AA, Salako VK, Gbemavo DSJC, Zaman-Allah M, Kakai RG, Bakasso Y. Agro-morphological performance of local and improved maize varieties in southwestern Niger. *African Crop Science Journal*. 2018; 26(2): 157 – 173.
- [28] Moussa OA, Bil-Assanou IH, Mahamane A, Mamane S, Zaman-Allah M. Agro-Morphological Evaluation of Three Exotic Maize Genotypes (*Zea mays L.*) in the Sahelian Context: Prospects for Improving Local Production *Int. J. Pure App. Biosci*. 2019; 7(2): 1-9, ISSN: 2320 – 7051.
- [29] Moussa OA, Bil-Assanou IH, Soule AM, Mahamane A, Saadou M, Zaman-Allah M. Relationship between maize (*Zea mays L.*) yield and yield components under water deficit conditions. *Afrique Science*. 2020; 16(1): 21 – 29.
- [30] N’da HA, Akanvou L, Pokou ND, Akanza KP, Kouakou CK, Zoro BIA. Genetic diversity and population structure of maize landraces from Côte d’Ivoire. *African Journal of Biotechnology*. 2016; 15(44): 2507-2516.
- [31] N’da HA, Akanvou L, Kouakou CK. Morphological diversity of local maize (*zea mays l.*) varieties collected in central and central-western Cote d’Ivoire: *European Scientific Journal*. April 2014 édition 10, 12 ISSN: 1857 - 7881 - ISSN 1857- 7431.
- [32] N’da HA, AKanvou L, Kouakou CK. Local management of Tagouana purple maize (*Zea mays L.*) varietal diversity in North Central Côte d’Ivoire, *International Journal of Biology Chemical Science*. 2013; 7(5): 2058-2068.

- [33] Nebié B, Nanema RK, Kando PB, Traore ER, Labeyrie V, Sawadogo N, Mahamadou Sawadogo M, Zongo JD. Variation in agro-morphological traits and Brix of a collection of sweet stem sorghums from Burkina Faso. *International Formulae Group. All rights reserved. DOI: Int. J. Biol. Chem. Sci.* 2013; 7(5): 1919-1928.
- [34] Pierret A, Maeght J-L, Clément C, Montoroi J-P, Hartmann C, Gonkhamdee S. Understanding deep roots and their functions in ecosystems: an advocacy for more unconventional research. *Annals of Botany.* 2016; 118: 621-635.
- [35] Postma JA, Kuppe C, Owen MR, Mellor N, Griffiths M, Bennett MJ, Lynch JP, Watt M. Opensimroot: widening the scope and application of root architectural models. *New Phytologist.* 2017; 215: 1274-1286.
- [36] Ryan PR, Delhaize E, Watt M, Richardson AE. Plant roots: understanding structure and function in an ocean of complexity. *Annals of Botany.* 2016; 118: 555-559.
- [37] Siene LAC, Conde M, Bayala R, N'guettia TVF, Kouadio FB. Response of two local varieties of maize (*Zea mays L.*) to two types of fertilization in post-floral water deficit conditions in sudanian zone of Côte d'Ivoire *International Journal of Innovation and Applied Studies* 2020; 29(3): 443-455.
- [38] Siene LAC, Doumbouya M, Traore MS, Conde M, N'guettia TVF, Kone M. Effect of four types of fertilizers on the growth and productivity of two maize genotypes (*Zea mays L.*) in the event of late planting in Korhogo in North-Central Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 2020; 14(1): 55-68.
- [39] Soro D, Ayolié K, Gohi Bi Z.F, Yao YF, Konan-Kan KH, Sidiki B, Téhua AP, Yatty KJ. Impact of organic fertilization on maize (*zea mays L.*) production in a ferralitic soil of centre west Côte d'Ivoire, *journal of experimental biology and agricultural Sciences, Daloa, Côte d'Ivoire.* 2015; 3(6): 556-565.
- [40] Tahri K. Study of the architecture and biomass of the root system of date palm (*phoenix dactylifera l.*) adult University Mohamed Khider - Biskra - Faculty of Exact Sciences, Natural Sciences and Life. Department of Agronomic Sciences. 2018.
- [41] Traorè IC, Konaté NM, Faye E, Gueye HM, Dieng H. Collection, sorting and characterization of recession maize (*Zea mays L.*) accessions grown in the upper and middle valley of the Senegal River (case of Mauritania). *Journal of Animal & Plant Sciences (J.Anim.Plant Sci. ISSN 2071-7024).* 2019; 42(3): 7330-7339.
- [42] Tshiabukole JPK. Evaluation of the sensitivity to hydric stresses of maize (*zea mays l.*) cultivated in the savannah of south-western DR Congo, case of Mvuazi. Université pédagogique nationale kinshasa 1. Faculty of agronomic sciences, department of phytotechnie, selection and plant improvement. 2018.
- [43] Tshibingu RM, Mukadi TT, Mpoyi BM, Ntatangolo BM, Musenge DK, Tshibingu MI, Kazadi JN, Nyembo DN, Theodore Munyuli Mushambani TM. Evaluation of maize (*Zea mays L.*) productivity under organic and mineral amendments in Lomami province, Democratic Republic of Congo. *Journal of Applied Biosciences.* 2017; 109: 10571-10579.
- [44] Ugur A, Maden HA. Sowing and Planting period on yield and ear quality of sweet corn (*Zea mays L. var. saccharata*) *Ciênc. Agrotec, Lavras.* 2015; 39(1): 48-57.
- [45] Yapo ESS, Soro CL, Beugre MM, Soro D, Ayolie K, Konan NO, Kouadio YJ. Variability of some Agronomic parameters of first generation of maize (*zea mays L.*) obtained by irradiating seeds to different doses of gamma radiation. *International Journal of Current International Journal of Current Research.* 2020; 12: 11152-11157.
- [46] Zannou-Tchoko VJ, Ahui-Bitty LB, Kouame K, Bouaffou KGM, Dally T. Use of maize germ meal as a source of alpha amylases to increase the energy density of cassava based weaning porridges and its derivative, l'attiéké: *Journal of Applied Biosciences.* 2011; 37: 2477 – 2484. ISSN 1997–5902.

## RESUME

La culture du maïs (*Zea mays* L.) présente des atouts économiques, nutritionnels et sert également de matière première de certaines industries. Cependant, les rendements sont faibles et la culture est confrontée de plus en plus à la dégénérescence des variétés, à la dégradation des sols et aux problèmes de changement climatique. Pour répondre à cette problématique, quarante et une nouvelles lignées de maïs jaune issues des semences irradiées au rayonnement gamma de la variété EV8728 ont été évaluées en plein champ et sur deux années de culture. L'objectif de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la production du maïs en mettant au point des variétés à performance agronomique plus productive. Les méthodes de mesure des paramètres quantitatives et qualitatives ont porté sur les caractères de germination, croissance, floraison et production. Ainsi, les résultats ont montré que le délai de germination a varié de 4 jours à 7 jours. Les deux cycles ont en commun les lignées L59<sub>D300</sub> avec un délai de 5 jours et L48<sub>D300</sub> faisant un délai de 7 jours. Le taux de germination a oscillé entre 50 % et 100 %. Sur la base des paramètres de croissance, les lignées L95A, L95B, L30, L72A et L91 ont présenté au cours des deux cycles de culture les plus grandes valeurs par rapport à la lignée témoin (L1). Par contre, les lignées L48 et L54 ont présenté de petites tailles et formes. Concernant les paramètres de floraison, les variables au cours des deux cycles de culture ont présenté des cycles de floraison précoce, semis-précoces, semis-tardives et très tardive par rapport à la variété témoin L1<sub>D0</sub>. Les lignées L48 et L54 ont présenté une inflorescence très tardive (62 jours en moyenne pour les deux organes) contre 50 jours pour les lignées précoces (L99, L89, L1, L95B et L95A). Les délais d'apparitions de pollen et de soie ont varié de 1 à 3 jours. Au niveau des variables de production, le poids moyen des grains par épis, le poids de 1000 grains et le rendement ont présenté des valeurs plus élevées chez les lignées L95B, L23, L36 et L32A et les plus petites valeurs chez les lignées L99, L46A, L48, L54 et L51. Au terme de cette évaluation agronomique, la carte d'identité de chaque lignée est établie et constitue un référentiel pour d'autres études agronomiques.

**Mots clés :** lignées de maïs, variété, inflorescence, Agro-morphologie, irradiation gamma

## ABSTRACT

Maize (*Zea mays* L.) has economic and nutritional benefits and is also used as a raw material in several industries. However, yields are low, and the crop is increasingly faced with variety degeneration, soil degradation and climate change problems. To address these issues, forty-one new yellow maize lines derived from gamma-irradiated seeds of the EV8728 variety were evaluated in the field over two years of cultivation. The aim of this study is to contribute to the improvement of maize production by developing varieties with more productive agronomic performance. Quantitative and qualitative parameter measurement methods focused on germination, growth, flowering, and production traits. Thus, the results showed that the germination time varied from 4 to 7 days. The two cycles have the lines L59 with a delay of 5 days and L48 with a delay of 7 days. The germination rate varied between 50 % and 100 %. Based on growth parameters, lines L95A, L95B, L30, L72A and L91 showed high growth with larger leaf areas compared to the control line (L1). On the other hand, lines L48 and L54 showed small size and shape. Regarding flowering parameters, the variables in both crop cycles showed early, early seeded, late-seeded and very late flowering cycles compared to the control variety L1D0. Lines L48 and L54 showed a very late inflorescence (62 days on average for both organs) compared to 50 days for the early lines (L99, L89, L1, L95B and L95A). Pollen and silk emergence times varied from 1 to 3 days. In production variables, average grain weight per ear, 1000 grain weight and yield were highest in lines L95B, L23, L36 and L32A and lowest in lines L99, L46A, L48, L54 and L51. At the end of this agronomic evaluation, the identity card of each line is established and constitutes a reference for other agronomic studies.

**Key words:** Maize lines, variety, inflorescence, Agro-morphology, gamma irradiation.

## RESUME

La culture du maïs (*Zea mays* L.) présente des atouts économiques, nutritionnels et sert également de matière première de certaines industries. Cependant, les rendements sont faibles et la culture est confrontée de plus en plus à la dégénérescence des variétés, à la dégradation des sols et aux problèmes de changement climatique. Pour répondre à cette problématique, quarante et une nouvelles lignées de maïs jaune issues des semences irradiées au rayonnement gamma de la variété EV8728 ont été évaluées en plein champ et sur deux années de culture. L'objectif de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la production du maïs en mettant au point des variétés à performance agronomique plus productive. Les méthodes de mesure des paramètres quantitatives et qualitatives ont porté sur les caractères de germination, croissance, floraison et production. Ainsi, les résultats ont montré que le délai de germination a varié de 4 jours à 7 jours. Les deux cycles ont en commun les lignées L59<sub>D300</sub> avec un délai de 5 jours et L48<sub>D300</sub> qui ont eu un délai de 7 jours. Le taux de germination a oscillé entre 50 % et 100 %. Sur la base des paramètres de croissance, les lignées L95A, L95B, L30, L72A et L91 ont présenté au cours des deux cycles de culture les plus grandes valeurs par rapport à la lignée témoin (L1). Par contre, les lignées L48 et L54 ont présenté de petites tailles et formes. Concernant les paramètres de floraisons, les variables des deux cycles de culture ont présenté des cycles de floraisons précoces, semis-précoces, semis-tardives et très tardives par rapport à la variété témoin L1<sub>D0</sub>. Les lignées L48 et L54 ont présenté une inflorescence très tardive (62 jours en moyenne pour les deux organes) contre 50 jours pour les lignées précoces (L99, L89, L1, L95B et L95A). Les délais d'apparitions de pollen et de soie ont varié de 1 à 3 jours. Au niveau des variables de production, le poids moyen des grains par épis, le poids de 1000 grains et le rendement ont présenté des valeurs plus élevées chez les lignées L95B, L23, L36 et L32A et les plus petites valeurs chez les lignées L99, L46A, L48, L54 et L51. Au terme de cette évaluation agronomique, la carte d'identité de chaque lignée est établie et constitue un référentiel pour d'autres études agronomiques.

**Mots clés :** lignées de maïs, variété, inflorescence, agro-morphologie, irradiation gamma

## ABSTRACT

Maize (*Zea mays* L.) has economic and nutritional benefits and is also used as a raw material in several industries. However, yields are low, and the crop is increasingly faced with variety degeneration, soil degradation and climate change problems. To address these issues, forty-one new yellow maize lines derived from gamma-irradiated seeds of the EV8728 variety were evaluated in the field over two years of cultivation. The aim of this study is to contribute to the improvement of maize production by developing varieties with more productive agronomic performance. Quantitative and qualitative parameter measurement methods focused on germination, growth, flowering, and production traits. Thus, the results showed that the germination time varied from 4 to 7 days. The two cycles have the lines L59 with a delay of 5 days and L48 with a delay of 7 days. The germination rate varied between 50 % and 100 %. Based on growth parameters, lines L95A, L95B, L30, L72A and L91 showed high growth with larger leaf areas compared to the control line (L1). On the other hand, lines L48 and L54 showed small size and shape. Regarding flowering parameters, the variables in both crop cycles showed early, early seeded, late-seeded and very late flowering cycles compared to the control variety L1D0. Lines L48 and L54 showed a very late inflorescence (62 days on average for both organs) compared to 50 days for the early lines (L99, L89, L1, L95B and L95A). Pollen and silk emergence times varied from 1 to 3 days. In production variables, average grain weight per ear, 1000 grain weight and yield were highest in lines L95B, L23, L36 and L32A and lowest in lines L99, L46A, L48, L54 and L51. At the end of this agronomic evaluation, the identity card of each line is established and constitutes a reference for other agronomic studies.

**Key words:** Maize lines, variety, inflorescence, agro-morphology, gamma irradiation.