



**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 : 2023 - 2024**

**N° D'ORDRE : 111**

**CANDIDAT**

Nom : TOURE

Prénom : Ambeyin

# **THÈSE DE DOCTORAT**

**Mention : Agriculture et Foresterie Tropicale**

**Spécialité : Agro-pédologie**

**Utilisation des produits résiduels agroindustriels  
dans la restauration de la productivité des sols dans  
la région du Haut- Sassandra (Côte d'Ivoire)**

## **JURY**

- Président** : M. KONE Tidiani, Professeur Titulaire, Hydrobiologie, Université Jean LOROUGNON GUEDE ;
- Directeur** : M. SORO Dogniméton, Professeur Titulaire, Agro-pédologie, Université Jean LOROUGNON GUEDE ;
- Rapporteur** : M. ABOBI Akre Hebert Damien, Maître de Conférences, Agro-pédologie, Université Jean LOROUGNON GUEDE ;
- Examineur 1** : M. GUEI Arnauth Martinez, Maître de Conférences, Agro-écologie, Université Jean LOROUGNON GUEDE ;
- Examineur 2** : M. FONDIO Lassina, Maître de Recherche, Agronomie, production végétale, Centre National de Recherche Agronomique.

**Soutenue publiquement  
le : 30/11/2024**

## TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	viii
REMERCIEMENTS .....	ix
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS .....	xii
LISTE DES TABLEAUX .....	xiii
LISTE DES FIGURES.....	xvi
INTRODUCTION .....	1
PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS .....	5
Introduction partielle .....	6
1.1. Généralités sur le sol.....	6
1.1.1. Définition .....	6
1.1.2. Caractéristiques des sols .....	6
1.1.2.1. Quelques caractéristiques physiques .....	6
1.1.2.1.1. Texture du sol .....	6
1.1.2.1.2. Structure.....	7
1.1.2.2. Quelques caractéristiques chimiques .....	7
1.1.2.2.1. Eléments primaires .....	8
1.1.2.2.2. Eléments secondaires.....	8
1.1.2.2.3. Oligoéléments .....	8
1.1.2.2.4. Complexe adsorbant .....	8
1.1.2.3. Caractéristiques biologiques .....	9
1.1.3. Dégradation des sols .....	9
1.1.3.1. Dégradation physique des sols .....	9
1.1.3.2. Dégradation chimique des sols.....	10
1.1.3.3. Dégradation biologique des sols .....	10
1.1.4. Restauration des sols dégradés.....	10
1.1.5. Principales classes de sols en Côte d’Ivoire.....	11
1.1.5.1. Caractéristiques des Ferralsols .....	11
1.1.5.2. Caractéristiques des Acrisols .....	12

---

1.1.5.3. Caractéristiques des Gleysols .....	13
1.2. Produits résiduaire agroindustriels et gestion des sols.....	13
1.2.1. Compost.....	14
1.2.1.1. Compost et propriétés physiques du sol.....	14
1.2.1.2. Compost et propriétés chimiques du sol .....	14
1.2.1.3. Compost et propriétés biologiques du sol .....	15
1.2.1.4. Compost et productivité agricole .....	15
1.2.2. Résidus agroindustriels carbonisés .....	15
1.2.2.1. Importance agronomique des résidus agroindustriels carbonisés .....	16
1.2.2.2. Résidus agroindustriels carbonisés et propriétés physiques du sol .....	16
1.2.2.3. Résidus agroindustriels carbonisés et propriétés chimiques du sol.....	17
1.2.2.4. Résidus agroindustriels carbonisés et propriétés biologiques du sol .....	17
1.2.2.5. Résidus agroindustriels carbonisés et capacité de rétention en eau du sol.....	18
1.2.2.6. Résidus agroindustriels carbonisés et productivité du sol.....	18
1.3. Fertilisation.....	19
1.3.1. Fertilisation minérale .....	19
1.3.2. Fertilisation organique .....	19
1.3.3. Fertilisation organo-minérale.....	20
1.4. Culture du maïs et de l'aubergine.....	20
1.4.1. Culture du maïs .....	20
1.4.1.1. Origine et distribution de la culture du maïs .....	20
1.4.1.2. Morphologie et position systématique de la plante de maïs.....	21
1.4.1.3. Semis et croissance du maïs .....	21
1.4.1.4. Exigence écologique du maïs.....	22
1.4.1.5. Production du maïs.....	23
1.4.1.6. Usages du maïs.....	23
1.4.1.6.1. Alimentation animale .....	23
1.4.1.6.2. Consommation humaine .....	24
1.4.1.6.3. Valorisation agricoles des résidus de maïs .....	24
1.4.1.6.4. Autres utilisations .....	24
1.4.2. Culture de l'aubergine.....	24
1.4.2.1. Origine et distribution de la culture de l'aubergine.....	24
1.4.2.2. Morphologie et position systématique de l'aubergine .....	25

---

1.4.2.3. Repiquage et croissance de l'aubergine .....	26
1.4.2.4. Exigence écologique de la plante de l'aubergine .....	26
1.4.2.5. Production de l'aubergine .....	26
1.4.2.6. Usages de l'aubergine .....	27
1.5. Présentation du milieu d'étude .....	27
1.5.1. Milieu physique .....	27
1.5.1.1. Localisation .....	27
1.5.1.2. Sols et géomorphologie .....	28
1.5.1.3. Climat .....	29
1.5.1.4. Végétation .....	30
1.5.1.5. Réseau hydrographique .....	30
1.5.2. Milieu humain .....	31
1.5.2.1. Population.....	31
1.5.2.2. Activités socio-économiques.....	31
1.5.2.3. Principales cultures de la zone .....	31
Conclusion partielle .....	31
<b>DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES .....</b>	<b>33</b>
Introduction partielle .....	34
2.1- Site de l'étude.....	34
2.2. Matériel.....	35
2.2.1. Fertilisants.....	35
2.2.2. Matériel végétal .....	35
2.2.3. Matériel technique .....	36
2.2.3.1. Matériel de carbonisation des résidus agroindustriels.....	36
2.2.3.2. Matériel de terrain .....	36
2.2.3.3. Matériel de laboratoire .....	38
2.3. Méthodes.....	39
2.3.1. Préparation des résidus agroindustriels.....	39
2.3.2. Caractérisation des sols du site et des résidus agroindustriels .....	41
2.3.2.1. Caractérisation des sols .....	41
2.3.2.1.1. Caractérisation morphologique.....	41

---

2.3.2.1.2. Caractérisation physico-chimique .....	41
2.3.2.2. Caractérisation des résidus agroindustriels .....	43
2.3.3. Constitution des traitements.....	44
2.3.4. Préparation du site et application des fertilisants organiques .....	45
2.3.5. Dispositif expérimental .....	45
2.3.6. Itinéraires techniques .....	46
2.3.6.1. Culture de maïs.....	46
2.3.6.1.1. Semis .....	46
2.3.6.1.2. Entretien.....	46
2.3.6.2. Culture d'aubergine.....	46
2.3.6.2.1. Pépinière .....	46
2.3.6.2.2. Transplantation au champ.....	46
2.3.6.2.3. Entretien.....	46
2.3.7. Paramètres mesurés.....	47
2.3.7.1. Mesure des paramètres agronomiques du maïs .....	47
2.3.7.1.1. Taux de levée.....	47
2.3.7.1.2. Hauteur totale et hauteur d'insertion de l'épi .....	47
2.3.7.1.3. Diamètre au collet des plants.....	47
2.3.7.1.4. Nombre de racines et biomasse sèche .....	47
2.3.7.1.5. Nombre d'épis .....	48
2.3.7.1.6. Nombres de rangées de graines et de grains .....	48
2.3.7.1.7. Masses et rendement.....	48
2.3.7.2. Mesure des paramètres agronomiques de l'aubergine .....	48
2.3.7.2.1. Taux de reprise .....	49
2.3.7.2.2. Hauteur totale des plants.....	49
2.3.7.2.3. Diamètre au collet des plants.....	49
2.3.7.2.4. Nombre de racines et biomasse sèche totale .....	49
2.3.7.2.5. Nombre et diamètre des fruits .....	49
2.3.7.2.6. Masse et rendement .....	50
2.3.8. Analyses statistiques des données.....	50
Conclusion partielle.....	50
<b>TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>51</b>
Introduction partielle .....	52

---

3.1. Résultats.....	52
3.1.1. Caractéristiques initiales du sol .....	52
3.1.1.1. Caractéristiques morphologiques du sol .....	52
3.1.1.1.1. Profil de sol de haut de versant.....	52
3.1.1.1.2. Profil de sol de mi- versant.....	53
3.1.1.1.3. Profil de sol de bas de versant .....	53
3.1.1.2. Caractéristiques physiques et chimiques des sols .....	55
3.1.1.2.1. Granulométrie .....	55
3.1.1.2.2. Caractéristiques chimiques .....	56
3.1.2. Potentiel fertilisant des résidus agroindustriels.....	56
3.1.2.1. Capacité de rétention en eau.....	57
3.1.2.2. Taux de matière organique .....	57
3.1.2.3. Teneurs en macroéléments .....	57
3.1.2.4. Teneurs en oligo-éléments .....	57
3.1.3. Effets des traitements sur les paramètres agromorphologiques du maïs .....	58
3.1.3.1. Paramètres de croissance et de développement.....	58
3.1.3.1.1 Taux de germination .....	58
3.1.3.1.2. Hauteur du plant .....	59
3.1.3.1.3. Diamètre du plant .....	59
3.1.3.1.4. Hauteur d’insertion des épis .....	59
3.1.3.1.5. Nombre de racines .....	61
3.1.3.1.6. Biomasse sèche totale .....	61
3.1.3.2. Paramètres de production .....	63
3.1.3.2.1. Masse des épis sans spathes.....	63
3.1.3.2.2. Nombre de graines par épi.....	63
3.1.3.2.3. Masse des 1000 graines .....	63
3.1.3.2.4. Masse totale des graines .....	63
3.1.3.2.5. Rendement .....	65
3.1.4. Effets des substrats sur les paramètres physiques du sol sous maïs .....	66
3.1.4.1. Granulométrie.....	66
3.1.4.2. Matière organique.....	66
3.1.5. Effets des traitements sur les paramètres chimiques du sol sous maïs .....	68
3.1.5.1. pH .....	68

---

3.1.5.2. Taux de carbone organique .....	69
3.1.5.3. Azote total .....	69
3.1.5.4. Rapport carbone / azote total.....	69
3.1.5.5. Phosphore assimilable .....	71
3.1.5.6. Capacité d'échange cationique .....	71
3.1.5.7. Somme des bases échangeables .....	71
3.1.5.8. Taux de saturation en bases.....	71
3.1.6. Corrélation entre les paramètres du sol et les paramètres agromorphologiques du maïs .....	73
3.1.6.1. Distinction des traitements par rapport aux paramètres agromorphologiques du maïs .....	76
3.1.6.2. Distinction des traitements par rapport aux paramètres physiques et chimiques du sol .....	79
3.1.6.3. Distinction des traitements par rapport aux paramètres agromorphologiques du maïs et physico-chimiques du sol.....	82
3.1.6.4. Distinction des traitements par rapport aux données cumulées des paramètres agromorphologiques et physico-chimiques du sol après deux cycles de culture du maïs .....	85
3.1.7. Effet des résidus agroindustriels sur les paramètres agromorphologiques de l'aubergine .....	87
3.1.7.1. Paramètres de croissance des plants .....	87
3.1.7.1.1. Taux de reprise des plants .....	87
3.1.7.1.2. Diamètre des plants .....	87
3.1.7.1.3. Hauteur des plants .....	87
3.1.7.1.4. Nombre de racines par plant.....	89
3.1.7.1.5. Biomasse sèche totale .....	89
3.1.7.1.6. Nombre de fruits par plant.....	91
3.1.7.1.7. Masse de fruits par plant.....	91
3.1.7.1.8. Calibre des aubergines .....	91
3.1.7.1.9. Rendement .....	93
3.1.8. Effet des résidus agroindustriels sur les propriétés physiques du sol sous culture d'aubergine .....	94
3.1.8.1. Granulométrie.....	94

---

3.1.8.2. Taux de matière organique .....	94
3.1.9. Effet des résidus agroindustriels sur les propriétés chimiques du sol sous culture d'aubergine .....	97
3.1.9.1. pH.....	97
3.1.9.2. Taux de carbone organique .....	97
3.1.9.3. Azote total .....	97
3.1.9.4. Rapport carbone / azote.....	97
3.1.9.5. Taux de phosphore assimilable .....	99
3.1.9.6. Capacité d'échange cationique.....	99
3.1.9.7. Somme des bases échangeables .....	99
3.1.9.8. Taux de saturation .....	100
3.1.10. Corrélation entre les paramètres agromorphologiques de l'aubergine et les paramètres physico-chimiques des sols au cours des cycles de culture.....	102
3.1.10.1. Distinction des traitements par rapport aux paramètres agromorphologiques .....	105
3.1.10.2. Distinction des traitements par rapport aux paramètres physico-chimiques du sol .....	108
3.1.10.3. Distinction des traitements par rapport aux paramètres agromorphologique de l'aubergine et les propriétés physico-chimiques du sol au cours des cycles de culture .....	111
3.1.10.4. Distinction des traitements par rapport aux données cumulées des paramètres agromorphologiques de l'aubergine et physico-chimique du sol.....	114
3.2. Discussion.....	116
3.2.1. Potentiel de fertilité du sol et des résidus agroindustriels.....	116
3.2.2. Contribution des substrats à la productivité agricole .....	118
3.2.3. Evolution du sol sous l'effet des substrats .....	120
Conclusion partielle .....	122
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES .....	123
RÉFÉRENCES .....	127
PUBLICATIONS	
RÉSUMÉ	

DÉDICACE

*A mes parents, pour leur soutien !*

**REMERCIEMENTS**

L'aboutissement de cette thèse me donne l'occasion de traduire ma profonde reconnaissance et mes remerciements à toutes les personnes qui ont participé, d'une manière ou d'une autre, à sa réalisation.

Mes premiers remerciements vont à l'endroit de Madame ADOHI KROU Viviane, Professeure Titulaire en Physique et Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) de Daloa, pour avoir autorisé la poursuite des travaux de cette thèse.

J'exprime ma gratitude à Monsieur SORO Dogniméton, Professeur Titulaire en Agropédologie, Vice-Président de l'Université Jean Lorougnon Guédé, chargé de la Pédagogie, la Vie universitaire, la Recherche et de l'Innovation Technologique, par ailleurs, Directeur de cette Thèse, pour ses orientations scientifiques, sa disponibilité, son soutien multiforme et sa rigueur dans le travail.

J'adresse également mes remerciements à Monsieur KONÉ Issiaka, Professeur Titulaire en Sociologie des organisations et Vice-Président de l'Université Jean Lorougnon Guédé, Chargé de la Programmation, de la Planification et des Relations Extérieures, pour ses encouragements et sa disponibilité.

À Monsieur KONÉ Tidiani, Professeur Titulaire en Hydrobiologie, Directeur Général de la Recherche et de l'Innovation Technologique au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, je dis également merci, pour son appui et les orientations depuis les travaux de Master.

Je tiens à remercier Madame TONESSIA Dolou Charlotte, Maître de Conférences en Phytopathologie, Directrice de l'UFR Agroforesterie, pour avoir autorisé ce travail.

J'exprime toute ma reconnaissance et mes remerciements à Monsieur BEUGRÉ Grah-Avit Maxwel, Professeur Titulaire en Biochimie et nutrition, Directeur du laboratoire Agrovalorisation, pour avoir accepté mon inscription dans son laboratoire.

Je tiens à remercier sincèrement tous les membres du jury de soutenance de cette thèse :

- Monsieur KONÉ Tidiani, Professeur Titulaire en Hydrobiologie et Directeur Général de la Recherche et de l'Innovation Technologique au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, pour avoir accepté de présider le jury de la soutenance de cette thèse ;
- Monsieur ABOBI Akré Hebert Damien, Maître de Conférences en Agropédologie, pour avoir accepté d'instruire cette thèse et de participer au jury en qualité de rapporteur ;

- Messieurs GUEI Arnauth Martinez et FONDIO Lassina, respectivement, Maître de Conférences en Agro-écologie et Maître de Recherche, pour avoir accepté de participer à cette évaluation en qualités d'examineurs de cette thèse.

Mes remerciements sont également adressés aux enseignants du Département d'Agropédologie et SIG de l'Université. Je pense, plus particulièrement, aux Docteurs ZRO Bi Gohi Ferdinand, KONATÉ Zoumana, GUEI Arnauth Martinez, ABOBI Akéré Hebert Damien, N'GANZOUA Kouamé René, YÉO Lacina et KOUADIO Koffi Hypolyth, pour leurs conseils et leurs encouragements.

Au Dr N'DODO Clovis, Phytopathologiste, j'exprime ma profonde reconnaissance pour sa disponibilité et ses conseils.

À Messieurs YAO Koffi Aimé, YOUAN Bi Trayé Dominique et KADIO Yamoi Benoît, je dis, également, merci pour la qualité de la formation reçue lors de mon stage au Laboratoire d'Analyse des Végétaux et des Sols (LAVESO) de l'Ecole Supérieure d'Agronomie (ESA) de l'Institut Polytechnique Houphouët-Boigny à Yamoussoukro.

Je remercie Monsieur DRI Koffi, Principal du Collège Moderne Molonoublé et son adjoint, Monsieur KONÉ Mamadou ainsi que tout le personnel dudit établissement. Une pensée spéciale aux collègues DIOMANDÉ Ousmane Bah, DIOMANDÉ Abdoulaye, TRAORÉ Ménouman et son épouse KONÉ Massiata, DIOMANDÉ Namory, KOUAMÉ Serge Pacome, SANGARÉ Bakary, KAMAGATÉ Nassiamy et KOUASSI Kouamé Arthur-Réné, pour leur soutien constant.

J'exprime mon infinie gratitude à ma famille pour son soutien et ses prières. Je remercie, particulièrement, Dr COULIBALY Siendou et son épouse pour leurs conseils et leurs soutiens financiers incessants. Je n'oublie pas Messieurs COULIBALY Dahouda Célestin, TOURÉ Bamory, COULIBALY Yacouba, TOURÉ Bakaramoko, TOURÉ Amadou, COMBALA Soualhio, TOURÉ Inza, FOFANA Lassina, TOURÉ Kafélépan Jean, TOURÉ Babidé et mesdames TOURÉ Soudougou, COMBALA Salimata et TOURÉ Mariam.

A mes amis COULIBALY Drougnan Mohamed, YÉO Djakaridja, OUATTARA Pan Issa, TOURÉ Sanga, OUATTARA Karnon, TANO Kouassi Ange Cedric, DELO Richard et SERI Bedi Franck Armel, je dis merci pour leurs encouragements.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont assisté durant mes parcours scolaire et universitaire. Je pense, singulièrement, à la famille de Feu DIABAGATÉ Bassatigui à Daloa.

---

**LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS**

ACP	Analyse en composantes principales
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
ANADER	Agence Nationale d'Appui au Développement Rural
ANOVA	Analysis Of Variance (Analyse de variance)
CEC	Capacité d'Echange Cationique
CNRA	Centre National de Recherche Agronomique
CRE	Capacité de Rétention en Eau
CV	Coefficient de variation
FAO	Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture)
FAOSTAT	Food and Agriculture Organization Statistics (Agence de Statistiques de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture)
INPHB	Institut National Polytechnique Houphouët- Boigny
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
LAVESO	Laboratoire d'Analyse des Végétaux et des Sols
MO	Matière organique
NPK	Azote Phosphore Potassium
OCPV	Office d'aide à la Commercialisation des Produits Vivriers
ORSTOM	Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer
RONGEAD	Réseau européen des organisations non gouvernementales sur les questions agro-alimentaires et le développement
UJLoG	Université Jean Lorougnon Guédé
WRB	World Reference Base for soil Resources (Base de Référence Mondiale pour les ressources en Sols).

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau I : Matériel technique de laboratoire pour la mesure des paramètres physico-chimiques .....	38
Tableau II : Substrats et composition des traitements .....	44
Tableau III : Caractéristiques physico-chimiques du sol avant essais. ....	56
Tableau IV : Caractéristiques physiques et chimiques des combinaisons de résidus agroindustriels carbonisés et la litière.....	58
Tableau V : Effet des traitements sans litière sur la germination, la hauteur, le diamètre des plants et la hauteur d'insertion des épis .....	60
Tableau VI : Effet des traitements avec litière sur la levée, la hauteur, le diamètre des plants et la hauteur d'insertion des épis .....	60
Tableau VII : Effet des traitements sans litière sur le nombre de racines et la biomasse sèche totale du maïs.....	62
Tableau VIII : Effet des traitements associés à la litière de poulet sur le nombre de racines et la biomasse sèche totale du maïs .....	62
Tableau IX : Effet des traitements sans litière sur le nombre de graines, la masse des épis et graines.....	64
Tableau X : Effet des traitements associés à la litière de poulet sur le nombre de graines, la masse des épis et graines .....	64
Tableau XI : Effet des traitements sans litière sur la granulométrie du sol.....	67
Tableau XII : Effet des traitements avec litière sur la granulométrie du sol.....	67
Tableau XIII : Quelques propriétés chimiques du sol en fonction des traitements sans litière au cours des deux cycles de culture de maïs .....	70
Tableau XIV : Quelques propriétés chimiques du sol en fonction des traitements avec litière au cours des deux cycles de culture de maïs .....	70

---

Tableau XV : Taux de Phosphore assimilable, CEC, somme des bases échangeables et taux de saturation en bases du sol en fonction des traitements sans litière suivant les deux cycles de culture de maïs.....	72
Tableau XVI : Taux de Phosphore assimilable, CEC, somme des bases échangeables et taux de saturation du sol en fonction des traitements avec litière suivant les deux cycles de culture de maïs .....	72
Tableau XVII : Matrice de corrélation entre les paramètres agromorphologiques du maïs et les propriétés physiques et chimiques du sol au cycle 1. ....	74
Tableau XVIII : Matrice de corrélation entre les paramètres agromorphologiques du maïs et les propriétés physico-chimiques du sol au cycle 2. ....	75
Tableau XIX : Effet des traitements sans litière sur la reprise, le diamètre et la hauteur des plants .....	88
Tableau XX : Effet des traitements avec litière sur la reprise, le diamètre et la hauteur des plants .....	88
Tableau XXI : Effet des traitements sans litière sur le nombre de racines et la biomasse sèche totale.....	90
Tableau XXII : Effet des traitements avec litière sur le nombre de racines et la biomasse sèche totale.....	90
Tableau XXIII : Effet de la balle de riz et de la sciure de bois carbonisées sur la production de l'aubergine .....	92
Tableau XXIV : Effet de la balle de riz et de la sciure de bois carbonisées associées à la litière de poulet sur la production de l'aubergine.....	92
Tableau XXV : Granulométrie du sol en fonction des traitements sans litière.....	95
Tableau XXVI : Granulométrie du sol en fonction des traitements avec litière de poulet .....	95
Tableau XXVII : Effet des traitements sans litière sur le pH, le carbone, l'azote total et le rapport carbone - azote du sol .....	98

Tableau XXVIII : Effet des traitements avec litière sur le pH, le carbone, l'azote et le rapport carbone – azote du sol..... 98

Tableau XXIX : Effet des traitements sans litière sur le phosphore, la CEC, la somme des bases et le taux de saturation en bases du sol ..... 101

Tableau XXX : Effet des traitements avec litière sur le phosphore, la CEC, la somme des bases et le taux de saturation en bases du sol ..... 101

Tableau XXXI : Matrice de corrélation entre les paramètres agromorphologiques de l'aubergine et les propriétés physico-chimiques du sol au premier cycle de culture.... 103

Tableau XXXII : Matrice de corrélation entre les paramètres agromorphologiques de l'aubergine et les propriétés physico-chimiques du sol au second cycle de culture ..... 104

---

**LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Carte pédologique de la Côte d'Ivoire (Dabin <i>et al.</i> , 1960).....	11
Figure 2 : Carte présentant la zone de l'étude : Situation de la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire (a), région du Haut-Sassandra (b) et départements de la région du Haut-Sassandra (c).....	28
Figure 3 : Diagramme ombrothermique du département de Daloa de 2000 à 2023 (www.tutitempo.net).....	29
Figure 4 : Carte du réseau hydrographique de la Région du Haut-Sassandra (BNETD, 2022)30	
Figure 5: Carte du département de Daloa présentant le site de l'étude : Situation de la Côte d'Ivoire en Afrique (a), situation de la région du Haut-Sassandra et du département de Daloa en Côte d'Ivoire (b) et situation du site d'étude dans le département de Daloa (c).....	34
Figure 6 : Résidus agroindustriels : Balles de riz (a), Sciures de bois (b) et Litières (c).....	35
Figure 7 : Matériel végétal de l'essai : Semence de maïs (a), variété « EV8728 » et Semence d'aubergine (b), variété « KOTOBI ». ....	36
Figure 8 : Matériel technique d'étude du sol sur le terrain : GPS (a), Code munsell (b), pied à coulisse (c) et balance électronique (d) .....	37
Figure 9 : Quelques appareils de laboratoire : Agitateur rotatif-vibratile (a), Spectrophotomètre d'absorption atomique (b), Balance de pesée (c) et distillateur (d).....	39
Figure 10 : Etapes de carbonisation des résidus agroindustriels : Mise en flammes (a), Combustion (b) et Refroidissement (c) .....	40
Figure 11 : Schéma du dispositif expérimental pour la culture de maïs et de l'aubergine .....	45
Figure 12 : Profils des sols du site d'étude : Haut de versant (a), Mi- versant (b) et Bas de versant (c).....	54
Figure 13 : Textures des sols du site d'étude selon la toposéquence .....	55
Figure 14 : Influence des traitements sans litière de poulet sur le rendement de maïs .....	65

---

Figure 15 : Rendement de maïs en fonction des traitements avec litière de poulet .....	65
Figure 16 : Taux de matière organique en fonction des traitements sans litière suivant les cycles. .....	68
Figure 17 : Taux de matière organique en fonction des traitements avec la litière de poulet au cours des deux cycles de culture de maïs. ....	68
Figure 18 : Analyse en Composantes Principales des paramètres agromorphologiques des traitements au cycle 1 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b) .....	77
Figure 19 : Analyse en Composantes Principales des paramètres agromorphologiques des traitements au cycle 2 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b) .....	78
Figure 20 : Analyse en Composantes Principales des paramètres physiques et chimiques des traitements au cycle 1 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b) .....	80
Figure 21 : Analyse en Composantes Principales des paramètres physiques et chimiques des traitements au cycle 2 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b) .....	81
Figure 22 : Analyse en Composantes Principales des paramètres agromorphologiques et physico-chimiques des traitements au cycle 1 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b).....	83
Figure 23 : Analyse en Composantes Principales des paramètres agromorphologiques et physico-chimiques des traitements au cycle 2 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b).....	84
Figure 24 : Analyse en Composantes Principales des paramètres agromorphologiques et physico-chimiques des traitements au cours des deux cycles : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b) .....	86

---

Figure 25 : Effet de la balle de riz et de la sciure de bois carbonisées sur le rendement de l'aubergine .....	93
Figure 26 : Effets combinés des résidus agroindustriels carbonisés et de la litière de poulet sur le rendement de l'aubergine.....	93
Figure 27 : Evolution du taux de matière organique du sol sous l'influence de la balle de riz et de la sciure de bois carbonisées. ....	96
Figure 28 : Evolution du taux de matière organique du sol sous l'influence des résidus agroindustriels associés à la litière de poulet. ....	96
Figure 29 : Analyse en Composantes Principales des paramètres agromorphologiques de l'aubergine des traitements au cycle 1 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b).....	106
Figure 30 : Analyse en Composantes Principales des paramètres agromorphologiques de l'aubergine des traitements au cycle 2 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b).....	107
Figure 31 : Analyse en Composante Principale des propriétés physico-chimiques du sol des traitements au cycle 1 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b) .....	109
Figure 32 : Analyse en Composante Principale des propriétés physico-chimiques du sol des traitements au cycle 2 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b) .....	110
Figure 33 : Analyse en Composantes Principales des propriétés physico-chimiques du sol et des paramètres agromorphologiques de l'aubergine des traitements au cycle 1 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b).....	112
Figure 34 : Analyse en Composantes Principales des propriétés physico-chimiques du sol et des paramètres agromorphologiques de l'aubergine des traitements au cycle 2 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b) .....	113

Figure 35 : Analyse en Composantes Principales des données cumulées des paramètres physico-chimiques du sol et agromorphologiques de l'aubergine des traitements : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b)..... 115

# **INTRODUCTION**

La population mondiale estimée à 8,16 milliards d'habitants en 2024, continue d'augmenter et pourrait atteindre 9,7 milliards en 2050. Le taux d'accroissement reste plus élevé dans les pays en voie de développement (Roose, 2015). Ainsi, nourrir toute cette population en pleine croissance est devenu une préoccupation majeure. Par ailleurs, en 2015 plus de 900 millions d'humains souffraient de sous-alimentation. Et 80 % des populations malnutries sont des petits agriculteurs (Roose, 2015). Les causes sont, notamment, les guerres, les catastrophes naturelles, la sécheresse, les mauvaises pratiques agricoles, la pauvreté et l'augmentation du prix des intrants. Aussi, la pression démographique entraîne-t-elle le surpâturage, l'extension des cultures à des sols fragiles et la dégradation des terres cultivées.

Par ailleurs, depuis plusieurs décennies, les sols subissent un rythme de dégradation exponentiel. Selon un rapport des Nations Unies, cité par Nyembo *et al.* (2012), plus de 50 % des sols agricoles de l'Afrique, notamment, ceux de l'Afrique de l'Ouest sont dégradés. Ces sols sont, pour la plupart, encroutés, compactés ou trop filtrants, les rendant inappropriés aux activités agricoles. De plus, à la récolte, les éléments nutritifs sont exportés sans aucune restitution au sol (Mulaji, 2011), ce qui contribue, de plus en plus, à son appauvrissement. Les dégradations physique et chimique des sols plongent l'Afrique dans une insécurité alimentaire grandissante et inacceptable alors que la plupart des personnes qui y vivent sont tributaires de l'agriculture et des activités connexes (Grandjean & De Cannière, 2015). En Afrique, l'agriculture représente l'activité qui compte le plus d'actifs de la population en quête de revenus (Edbo, 2021). Les efforts de ces populations pour améliorer leurs revenus agricoles sont anéantis par la baisse de la fertilité des rares sols cultivables (Sanchez, 2002). Aussi, du fait de la pression agricole sur les sols cultivables due, essentiellement, à l'accroissement des populations et aux activités des orpailleurs clandestins, les terres cultivées s'épuisent-elles à un rythme accéléré entraînant une baisse des rendements (Boris, 2017). En outre, le succès fulgurant des cultures de rente (cacao, café, palmier à huile, hévéa, coton, anacarde, mangue), au lendemain de l'indépendance de certains pays comme la Côte d'Ivoire et les devises générées par ces cultures, ont favorisé une pratique plus importante de celles-ci au détriment des cultures vivrières et maraîchères reléguées au rang de cultures secondaires (Bikié *et al.*, 2000 ; Sanchez, 2002). Chaque année, les sols encore fertiles sont réservés aux cultures de rente dans un système agricole où les pratiques, en plus d'avoir raccourci, voire supprimé la jachère, intègrent très peu l'usage de fertilisants (Saïdou *et al.*, 2008). Cette suppression de la jachère est, malheureusement, associée à une absence de gestion des résidus agroindustriels.

Pour un pays à vocation agricole, comme la Côte d'Ivoire, la perte de la fertilité des sols est devenue un enjeu national (Fatondji *et al.*, 2009). En effet, la dégradation des sols entraîne

une baisse de la fertilité, de mauvais rendements agricoles, la pauvreté et l'insécurité alimentaire. Aussi, depuis des décennies, est-il apparu urgent de développer des techniques de fertilisation de courte durée facilement accessibles aux paysans. Toutefois, du fait des coûts élevés des engrais chimiques, plusieurs techniques culturales innovantes ont été développées pour améliorer la productivité des sols afin de répondre aux besoins des populations (Nomao, 2002 ; Zougmoré *et al.*, 2003 ; Fatondji *et al.*, 2009). En Côte d'Ivoire, le taux d'adoption de ces techniques reste encore faible en milieu paysan. Par ailleurs, la fertilisation minérale, par les engrais chimiques, est la technique la plus pratiquée (Gala *et al.*, 2011 ; Kaho *et al.*, 2011 ; Nyembo *et al.*, 2012 ; Useni *et al.*, 2012 ; Kasongo *et al.*, 2013). Cette fertilisation permet une correction immédiate du manque d'éléments minéraux dans le sol pour les cultures et a une action plus rapide sur la croissance de la plante (Maude, 2018). Or, leurs utilisations pourraient entraîner des problèmes environnementaux tels que la pollution des eaux souterraines car les éléments minéraux sont très rapidement lixiviés (Fageria & Baligar, 2008 ; Bekunda *et al.*, 2010 ; Fanny *et al.*, 2016). Aussi, l'usage abusif des engrais chimiques et les pesticides entraîne-t-il la contamination des productions agricoles et le développement des maladies émergentes, comme le cancer chez les consommateurs (Son *et al.*, 2017 ; Ouédraogo *et al.*, 2019).

Selon un rapport de la Banque Africaine de Développement, l'agriculture ivoirienne (surtout le secteur vivrier), bien qu'a connu une augmentation des productions ces dernières années avec la distribution des intrants aux producteurs, elle reste encore peu compétitive (BAD, 2024). En effet, les productions agricoles ont baissé de quatre points en 2023 par rapport à 2022 (BAD, 2024). Ainsi, pour satisfaire les besoins alimentaires de sa population, la Côte d'Ivoire importe des produits agricoles, notamment, le maïs et l'aubergine. En effet, en 2012, la Côte d'Ivoire a importé environ 42.000 tonnes de maïs grain (Christine & Josée, 2019).

La Côte d'Ivoire produit des quantités importantes de déchets agricoles et industriels à potentiel organique. La collecte et le traitement de ces sous-produits agroindustriels constituent un coût pour les acteurs (Kaho *et al.*, 2011). Pourtant, une voie prometteuse pour accroître la production agricole en milieu paysan consiste à apporter ces résidus organiques aux sols pour accroître durablement la disponibilité des éléments nutritifs (Mulaji, 2011 ; Nyembo *et al.*, 2013).

L'usage des résidus agroindustriels pour restaurer la fertilité des sols tropicaux, afin d'accroître le rendement des plantes cultivées a été largement évoqué par la recherche (Mulaji, 2011 ; Abobi *et al.*, 2014 ; Soro *et al.*, 2015 ; Zro *et al.*, 2018). Des travaux ont indiqué que l'utilisation des résidus agroindustriels carbonisés en agriculture est l'une des alternatives de gestion des sols dégradés (Glaser *et al.*, 2002 ; Lehmann *et al.*, 2002 ; Sohi *et al.*, 2010). Les

matières carbonisées par la combustion de matière organique en absence d'oxygène permettent de restaurer les propriétés agronomiques des sols (Lehmann *et al.*, 2002). Cependant, en Côte d'Ivoire, très peu de travaux ont été effectués sur l'usage des résidus agroindustriels carbonisés pour restaurer la fertilité des sols.

Ce travail se propose d'évaluer la capacité de restauration des propriétés physiques et chimiques des sols dégradés dans la région du Haut-Sassandra par l'utilisation des résidus agroindustriels afin d'en améliorer la productivité agricole. De façon spécifique, il s'est agi de :

- caractériser les sols et les résidus agroindustriels avant la mise en place de l'essai ;
- évaluer la productivité de ces résidus apportés au sol en culture de maïs et d'aubergine ;
- déterminer l'arrière effet des amendements sur les paramètres physiques et chimiques du sol.

Ainsi, trois hypothèses découlent de ces objectifs spécifiques, à savoir :

- les résidus agroindustriels ont un fort potentiel de fertilité agricole ;
- l'application de la balle de riz et de la sciure de bois carbonisées au sol améliore la productivité du maïs et de l'aubergine ;
- l'application de la balle de riz et de la sciure de bois carbonisées associées à la litière de poulet au sol augmente la productivité du maïs et de l'aubergine.

Outre l'introduction et la conclusion, ce mémoire comporte les généralités sur les sols, les produits résiduaux organiques, les spéculations utilisées pour tester la fertilité acquise du sol, le matériel et les méthodes utilisés. Les résultats obtenus sont ensuite discutés afin de tirer la conclusion et faire des recommandations aux utilisateurs.

# **PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS**

## **Introduction partielle**

La première partie, consacrée aux généralités, présente d'abord le sol, ses principales caractéristiques, sa dégradation et les principaux sols de Côte d'Ivoire. Ensuite, elle expose sur les produits résiduels agroindustriels et leur utilisation dans la restauration des sols. Enfin, elle renseigne sur les cultures du maïs et de l'aubergine ainsi que le milieu de culture.

### **1.1. Généralités sur le sol**

#### **1.1.1. Définition**

Le sol peut être défini comme le produit de l'altération de la couche superficielle de la croûte terrestre, essentiellement sous l'action d'agents climatiques et biologiques (Girard *et al.*, 2011). Il est composé de trois fractions en perpétuelle évolution qui sont les fractions solide, liquide et gazeuse (Bationo *et al.*, 2006).

La fraction solide, formée d'un mélange d'éléments minéraux et organiques, constitue le squelette ou la matrice du sol. L'argile de la fraction minérale et l'humus de la fraction organique forment le complexe argilo-humique, responsable d'activités chimique, biologique et physique. La fraction liquide ou solution du sol est constituée d'eau et des substances solubles nutritives absorbables par la plante. La nutrition minérale des plantes en dépend. La fraction gazeuse est formée essentiellement d'air (Musy & Soutter, 1991). Le sol est aussi le support physique de la vie et assure la santé nutritionnelle des plantes. C'est un des principaux facteurs de toute activité agricole.

#### **1.1.2. Caractéristiques des sols**

##### **1.1.2.1. Quelques caractéristiques physiques**

###### **1.1.2.1.1. Texture du sol**

La texture d'un sol est définie en fonction des proportions de sable, de limon et d'argile (Soro *et al.*, 2010). Elle renseigne sur le potentiel de fertilité physique du sol (réserve en eau, sensibilité à l'érosion) et participe au calcul de certains indices tels que la stabilité structurale et la battance (Delaunois, 2008). On distingue quatre (04) types de texture absolue du sol (Dabin & Maignien, 1979). Ce sont :

- la texture argileuse : les sols à texture argileuse sont compacts, lourds, difficiles à travailler, imperméables et asphyxiants. Toutefois, ils sont riches en éléments minéraux ;

- la texture sableuse : les sols à texture sableuse sont légers, faciles à travailler, perméables, manquant de cohésion, pauvres en colloïdes et en éléments minéraux. Ils sont dits filtrants ;
- la texture limoneuse : les sols à texture limoneuse sont riches en limons ;
- la texture équilibrée : les sols à texture équilibrée correspondent à un mélange équitable d'argile, de limon et de sable. Ils ont une bonne capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs. Ces sols conviennent à la plupart des cultures.

#### **1.1.2.1.2. Structure**

La structure du sol est le mode d'assemblage des constituants du sol (Hénin *et al.*, 1969). Cet assemblage est dû à la présence de l'argile et l'humus qui s'associent par l'intermédiaire de cations bivalents ( $\text{Ca}^{2+}$  ou  $\text{Mg}^{2+}$ ) pour former des agrégats. La structure d'un sol dépend de la texture, du climat, de l'activité biologique et des activités humaines (Delaunoy, 2008). C'est l'un des paramètres physiques les plus importants (Combeau & Monnier, 1961). Elle conditionne le développement racinaire, la circulation de l'eau ainsi que les échanges gazeux indispensables aux végétaux et à la microfaune du sol. Par ailleurs, la perméabilité dépend bien plus de la structure que de la texture (Combeau & Monnier, 1961). La structure d'un sol peut être améliorée par les êtres vivants, les racines et le travail du sol.

On distingue trois principaux types de structure. Ce sont les structures particulaire, massive et fragmentaire.

La structure particulaire présente des éléments principaux (sables et limons) non associés entre eux. Elle est dépourvue de colloïdes, alors que dans la structure massive, le sable et le limon sont noyés dans une masse d'argile. Les sols à structure massive sont très asphyxiants. Contrairement aux deux premières structures, la structure fragmentaire comprend des agrégats de taille variable. Cette particularité confère au sol à structure fragmentaire, une bonne porosité, favorisant ainsi, une bonne pénétration des racines qui peuvent alors prospecter un grand volume de sol. C'est le type de sol idéal pour les activités agricoles (Dabin & Maignien, 1979 ; Delaunoy, 2008 ; Néron, 2014).

#### **1.1.2.2. Quelques caractéristiques chimiques**

Pour la croissance des végétaux, 13 éléments chimiques sont indispensables, dont les éléments primaires, les éléments secondaires et les oligoéléments. Ces minéraux sont issus des roches-mères et aussi de la décomposition de la matière organique (Néron, 2014).

#### **1.1.2.2.1. Eléments primaires**

Les éléments primaires sont l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). Ces éléments sont utilisés en grande quantité par les plantes pour ses besoins de croissance, de développement et de production. La carence du sol en ces éléments provoque une mauvaise croissance et impacte le rendement des plantes. Ils peuvent être fournis par le sol ou apportés par les procédés de fertilisation (Dabin & Maignien, 1979 ; Delaunois, 2008).

#### **1.1.2.2.2. Eléments secondaires**

Les éléments secondaires sont le magnésium ( $Mg^{2+}$ ), le calcium ( $Ca^{2+}$ ), le sodium ( $Na^+$ ) et le soufre (S). Ces éléments constituent avec les macroéléments les principaux éléments minéraux indispensables à la plante. Leur carence dans le sol entraîne une baisse de rendement. En effet, l'absence de ces éléments dans le sol rend difficile l'assimilation par la plante des éléments minéraux comme le phosphore, le potassium, l'azote et le Molybdène (Soltner, 2005).

#### **1.1.2.2.3. Oligoéléments**

Les oligoéléments, tels que le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre, le bore, le molybdène et le chlore, sont des éléments minéraux nécessaires en petites quantités à l'alimentation des plantes. Toutefois, leur absence dans le sol entraîne un mauvais développement des plantes (Dabin & Maignien, 1979 ; Delaunois, 2008).

#### **1.1.2.2.4. Complexe adsorbant**

Le complexe adsorbant est une association de colloïdes de matière organique (humus) et de matière inorganique (argiles minéralogiques) chargés négativement, ainsi que d'ions minéraux chargés positivement (cations) liant l'humus et l'argile entre eux et formant les agrégats constitutifs du sol (Pellerin *et al.*, 2013). Le complexe adsorbant d'un sol est saturé quand tous les ions  $H^+$  sont remplacés par des cations basiques échangeables ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ). Le taux de saturation est plus ou moins élevé selon que le complexe adsorbant est plus ou moins saturé en cations basiques échangeables (Nanan, 2016). Le complexe adsorbant favorise une structure aérée et un stockage hydrique suffisant, freine la minéralisation de la matière organique humifiée, évite le colmatage et la compaction du sol et augmente la capacité du sol à retenir les bioéléments indispensables aux plantes (Soltner, 2005 ; Huber & Schaub, 2011).

### **1.1.2.3. Caractéristiques biologiques**

La qualité agronomique d'un sol dépend aussi de son activité biologique. En effet, la décomposition de la matière organique par les organismes du sol influence grandement la fertilité des sols, la croissance des plantes, la structure du sol et le stockage du carbone (Lavelle *et al.*, 2006 ; Barrios, 2007). En plus de la décomposition et l'incorporation de la matière organique dans le sol, les invertébrés du sol (microorganismes, macroorganismes) permettent le maintien de la porosité du sol, la protection des plantes contre certaines maladies ou encore l'accélération des successions végétales (Jeffery & Gardi, 2010).

### **1.1.3. Dégradation des sols**

La dégradation du sol désigne la diminution de la capacité actuelle et potentielle du sol à produire quantitativement et/ou qualitativement des biens ou services (Diallo, 1995). Les causes de la dégradation des sols sont la surexploitation des ressources naturelles, la déforestation, le déséquilibre du bilan des matières organiques et minérales induit par les feux de brousse répétés, le surpâturage, le défrichement, les pratiques culturales non adaptées, l'érosion, l'industrialisation et l'urbanisation (Roose *et al.*, 1993 ; Sogbedji, 2006 ; Lare, 2008).

La dégradation des sols se caractérise par une modification de la structure, une diminution des teneurs en matière organique et en nutriments et une acidification (Dabin, 1985 ; Mazzucato & Niemeijer, 2000). La modification de la structure du sol se traduit par une modification des propriétés physiques telles que la perméabilité, la porosité et la capacité de rétention en eau (Mazzucato & Niemeijer, 2000). La dégradation du sol peut être physique, chimique et biologique.

#### **1.1.3.1. Dégradation physique des sols**

La dégradation physique des sols consiste en la réduction de la teneur en matière organique due à une pratique culturale excessive et inadaptée. La forme la plus répandue de la dégradation physique du sol est l'érosion (Edwards *et al.*, 2000). L'érosion physique se manifeste par un transport des matériaux des couches superficielles du sol par l'eau ou le vent. Elle affecte 84 % des sols dégradés. L'une des principales causes de l'érosion hydrique est l'accroissement du ruissellement dû aux fortes pluies, la topographie des sols et les activités humaines telles que les pratiques agricoles. La compaction est une forme de dégradation physique du sol qui se manifeste par une réduction exagérée de la porosité du sol (Celik *et al.*, 2004). Elle réduit la colonisation du sol par les racines et induit une diminution de la résistance

des cultures au stress hydrique et une faible capacité d'approvisionnement en éléments minéraux du sol. Il faut aussi mentionner l'encroûtement superficiel du sol. La dégradation physique du sol aboutit à la perte de structure du sol, à la diminution de sa porosité, de sa capacité d'infiltration et de sa capacité de rétention en eau, empêchant ainsi le développement racinaire des plantes (Claire, 2008).

#### **1.1.3.2. Dégradation chimique des sols**

La dégradation chimique du sol consiste en son épuisement en éléments nutritifs et à son acidification (Celik *et al.*, 2004). L'épuisement en éléments nutritifs des sols est causé par une exportation des éléments minéraux à travers les pratiques culturales sans aucune restitution compensatrice, la lixiviation et l'érosion. L'acidification du sol est due à l'utilisation excessive des produits phytosanitaires ou des engrais chimiques. Cela peut également se produire en raison de la concentration accrue de certains éléments minéraux dans le sol tels que l'aluminium (Edwards *et al.*, 2000 ; Celik *et al.*, 2004).

#### **1.1.3.3. Dégradation biologique des sols**

La dégradation biologique est la perte de la biomasse du sol. Elle se manifeste par une baisse de la matière organique et une diminution en quantité et en qualité des micro-organismes. Les causes de cette dégradation sont multiples. Il s'agit du déboisement, du surpâturage, de l'agriculture itinérante, les feux de brousse et la pollution des sols par les produits phytosanitaires (Edwards *et al.*, 2000 ; Celik *et al.*, 2004 ; Claire, 2008).

#### **1.1.4. Restauration des sols dégradés**

La perte de la fertilité des sols agricoles est un phénomène qui touche tous les types de sols. Ce phénomène a un effet négatif sur la croissance, le développement et le rendement des plantes cultivées. Par ailleurs, c'est la cause principale de la baisse de la disponibilité des produits agricoles (Chan *et al.*, 2008). Ainsi, plusieurs techniques ont été développées pour préserver ou, au mieux, restaurer la fertilité des sols. Il s'agit de l'amendement du sol avec des résidus agroindustriels sous forme du fumier ou du compost, le remaniement des sols par des vers de terres et des termites (Sawadogo *et al.*, 2008). Aussi, des techniques culturales telles que la jachère, le terrassement, l'utilisation des plantes de couverture, la rotation culturale permettent-elles de restaurer les propriétés physique, chimique et biologique des sols (Boli &

Roose, 2000). Certains travaux ont aussi révélé l'usage des résidus agroindustriels carbonisés dans la restauration des sols dégradés (Cheng *et al.*, 2006 ; Chan *et al.*, 2008).

### 1.1.5. Principales classes de sols en Côte d'Ivoire

Les sols de Côte d'Ivoire (Figure 1) sont, majoritairement, Ferralsols (ferrallitiques), Acrisols (ferrugineux) et Gleysols (hydromorphes).

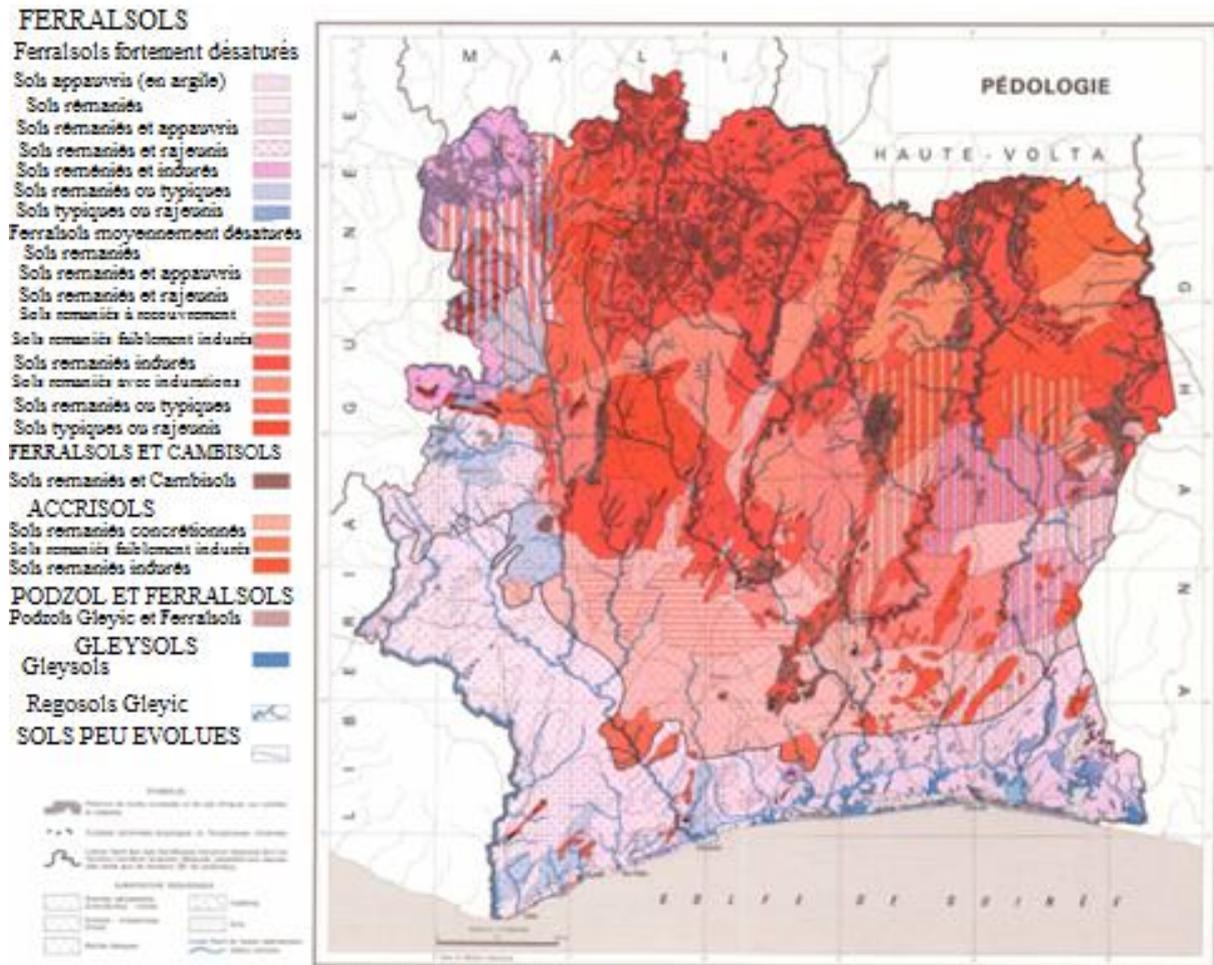


Figure 1 : Carte pédologique de la Côte d'Ivoire (Dabin *et al.*, 1960)

#### 1.1.5.1. Caractéristiques des Ferralsols

Les Ferralsols constituent les sols les plus vieux et les plus altérés dans la taxonomie (WRB, 2014). Ils sont de profils ABC. Les Ferralsols sont dominés par les oxydes de fer et d'aluminium, infertiles et difficiles à gérer du point de vue agronomique et environnemental (FAO 1, 2014). Morphologiquement, les Ferralsols se caractérisent par une faible différenciation de leurs horizons et le très grand développement de l'ensemble du profil. Ces

sols se trouvent au sud (Alépé, Adzopé), au sud-est (Agboville), au sud-ouest (Lakota, Soubré), à l'ouest (Tabou, Guiglo, Touleupleu, Danané, Man, Duékoué), à l'est (Abengourou), au centre (Bouaké, Katiola), au centre-est (Prikro, Bongouanou), au centre-ouest (Daloa, Vavoua, Gagnoa) et au centre-nord (Dabakala) du pays (Dabin *et al.*, 1960 ; Soro *et al.*, 2011).

Généralement, dans les Ferralsols, l'altération des minéraux silicatés et la décomposition de la matière organique sont particulièrement intenses. Ainsi, la matière organique se décomposant très rapidement, l'horizon humifère est peu développé et surmonté d'une litière très mince de feuilles et de branchages à la surface du sol. Un lacis radulaire très dense est incorporé dans cet horizon. L'horizon lessivé sous-jacent est de texture sableuse à sablo-argileuse, épais de 50 centimètres à 1 mètre, est gris-beige ou brun-rougeâtre, suivant la richesse originelle de la roche-mère en éléments ferromagnésiens (Avenard, 1971 ; FAO 2, 2014). Fréquemment, sous cet horizon lessivé, existe un horizon graveleux. Les éléments quartzeux, qui constituent cet horizon, sont plus ou moins émoussés et ferruginisés. Ils peuvent former un véritable lit de cailloux, de profondeur et d'épaisseur variables, qui épouse les formes topographiques suivant une ligne festonnée. Ce niveau graveleux surmonte un horizon d'accumulation argileuse et ferrugineuse, rougeâtre à brun-rougeâtre avec des traînées diffuses jaunâtres, rosâtres ou grisâtres (Dabin *et al.*, 1960). La densité des concrétions est parfois considérable et une induration généralisée peut se manifester dans cet horizon sous certaines conditions. En profondeur, la densité des concrétions diminue à mesure qu'apparaît l'argile tachetée, brun-rougeâtre, ocre-jaunâtre et gris-clair. La fraction argileuse tachetée est de type kaolinique, c'est l'argile dominante (WRB, 2014). La gibbsite, minérale peu stable, apparaît parfois en forte proportion dans les fractions colloïdales des premiers stades d'altération. A ce niveau, sur certaines roches riches en éléments ferromagnésiens, la phase argileuse peut être de type mixte montmorillonitique et kaolinitique. Les Ferralsols sont acides (pH compris entre 4,5 et 6). La somme des bases échangeables est faible (inférieure à 8 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>). Le taux de saturation en bases du complexe adsorbant oscille, le plus souvent, entre 15 et 30 % (Dabin *et al.*, 1960 ; FAO 2, 2014).

#### **1.1.5.2. Caractéristiques des Acrisols**

Les Acrisols se distinguent par la différenciation morphologique des horizons supérieurs, leur structure massive à l'état sec et la présence d'un horizon d'accumulation de profondeur où peuvent s'indurer les tâches de concentration des hydroxydes de fer. Ils sont acides et très altérés avec un faible taux de saturation en bases échangeables. Ils sont riches en sesquioxydes de fer individualisés, répartis sur l'ensemble du profil (WRB, 2014). Les sesquioxydes de fer

sont, le plus souvent, accumulés dans les horizons inférieurs. Les Acrisols sont caractérisés par une couleur rougeâtre, rouillât ou ocre et, souvent, par leur richesse en concrétions réparties sur une assez grande épaisseur (Dabin *et al.*, 1960). La teneur d'argile du sol dans la partie inférieure est moins élevée. Les minéraux argileux comprennent de la kaolinite et de l'illite. La lixiviation des oxydes de fer et des minéraux argileux peut générer un horizon éluvial blanchi entre l'horizon de surface et l'horizon argique subsuperficiel. La capacité d'échange cationique est, le plus souvent, inférieure à 24 cmol.kg<sup>-1</sup>. Le taux de saturation en bases échangeables est inférieure à 50 % (WRB, 2014). En Côte d'Ivoire, les Acrisols se trouvent au nord- est (Bondougou, Kong) et au centre du pays (Toumodi) (Dabin *et al.*, 1960 ; Koffi, 2023).

### **1.1.5.3. Caractéristiques des Gleysols**

Les Gleysols se caractérisent par la présence permanente ou temporaire de l'eau au-dessus de la surface du sol. La présence de l'eau permet l'installation de conditions réductrices générant des propriétés gleyiques. Les Gleysols sont le plus souvent de couleurs rougeâtres, brunâtres ou jaunâtres dans les couches supérieures du sol. Des couleurs grisâtres ou bleuâtres peuvent être observées plus profondément dans le sol (WRB, 2014). Dans les Gleysols, la matière organique est peu décomposée. Ils ont des teneurs en argile élevées (15 à 45 %) et un pH légèrement basique. En Côte d'Ivoire, ces sols se trouvent au sud, sur le littoral et dans les zones marécageuses (Dabin *et al.*, 1960). L'exploitation agricoles de ces sols implique une maîtrise des techniques de drainage et d'irrigation. Ainsi, le principal obstacle à l'utilisation des Gleysols est qu'ils nécessitent l'installation d'un réseau de drainage et d'irrigation. Les cultures préconisées sont celles qui s'accommodent de conditions plus ou moins humides, comme le bananier et le riz (Dabin *et al.*, 1960 ; WRB, 2014).

## **1.2. Produits résiduaire agroindustriels et gestion des sols**

Selon Pieri (1989) et Sedogo (1993), les amendements organiques constituent la principale source d'éléments nutritifs pour une agriculture durable. En effet, la matière organique apportée à travers les amendements organiques en se minéralisant fournit au sol des éléments nutritifs qui permettent d'optimiser la production des cultures (Pichot *et al.*, 1981 ; Pieri, 1989 ; Bacyé *et al.*, 1998). La gestion de la fertilité des sols à travers l'amendement organique dépend des facteurs pédoclimatiques comme la température, l'humidité et l'aération qui guident l'activité biologique du sol (Sanchez, 2002).

Les industries agroalimentaires génèrent de grandes quantités de sous-produits organiques (les litières de volaille, les sciures de bois, les balles de riz, les pelotes de cajou) qui peuvent être une source importante de pollution de l'atmosphère, des eaux de surface, de la nappe d'eau souterraine, mais aussi, valorisés en agriculture. Ces sous-produits constituent des résidus agroindustriels (FAO 2, 2014). Ils sont appliqués en agriculture sous diverses formes. La forme la plus courante est le compost. En outre, l'usage des résidus agroindustriels sous forme de compost est, depuis des décennies, recommandé par les chercheurs alors que les rares travaux réalisés sur la carbonisation de ces substrats laissent présager un avenir promoteur pour le sol et l'agriculture (FAO 2, 2014).

### **1.2.1. Compost**

Le compost est un produit stabilisé, hygiénique, semblable à un terreau, riche en composés humiques et en minéraux. Il est obtenu par un processus biologique (en aérobie) de transformation des déchets organiques tels que les sous-produits de l'élevage, la biomasse végétale et les déchets organiques d'origine ménagère (Francou, 2003). Tous les déchets organiques peuvent être compostés. La diversité des déchets organiques fait que les propriétés physico-chimiques de ces composts diffèrent selon leur origine (ADEME, 2013).

#### **1.2.1.1. Compost et propriétés physiques du sol**

Les effets bénéfiques du compost sont multiples sur les propriétés physiques du sol. L'amélioration de la structure du sol entraîne l'augmentation de sa capacité à retenir de l'eau, améliore sa porosité et augmente sa perméabilité et l'activité biologique (Edwards *et al.*, 2000 ; Celik *et al.*, 2004). Les substances humiques et les polysaccharides microbiens excrétés renforcent la stabilité des agrégats du sol. En effet, l'apport de matières organiques par le compost favorise la formation du mucus, qui soude les particules de sol entre elles, favorisant la genèse d'une structure grumeleuse. Aussi, une partie du compost va évoluer en humus et participer à la formation du complexe organo-minéral, qui favorise une bonne structure du sol (Guerrero *et al.*, 2000 ; Busby *et al.*, 2007 ; Badji, 2011).

#### **1.2.1.2. Compost et propriétés chimiques du sol**

Les composts améliorent les propriétés chimiques du sol. Ils enrichissent le sol en carbone, en azote, en phosphore, en potassium, en magnésium, en calcium et augmentent le pH (Pagliai *et al.*, 2004 ; Pedra *et al.*, 2007 ; Movahedi & Cook, 2010). En effet, l'apport au sol du

calcium par le compost favorise une baisse de l'acidité des sols. Aussi, certains composts, notamment ceux issus des déchets ménagers, sont-ils souvent riches en éléments traces métalliques (Zn, Ni, Pb, Mn, Cu), entraînant une élévation de la conductivité électrique du sol (Hargreaves *et al.*, 2008 ; Toundou *et al.*, 2014). Cependant, l'effet du compost peut être influencé par la nature des résidus compostés, la durée de compostage et le travail du sol (Biaou *et al.*, 2017). En effet, en fonction de la nature des résidus compostés et de la durée de compostage plus de 90 % d'azote de la matière compostée n'est pas disponible pour les plantes, car il est fixé dans la matière organique. Aussi, suivant le degré de maturation du compost et sa composition, le compost peut fixer l'azote minéral présent dans le sol, provoquant ainsi une carence minérale des plantes pour cet élément (Kupper & Fuchs, 2007).

#### **1.2.1.3. Compost et propriétés biologiques du sol**

Le compost agit sur les propriétés biologiques du sol. L'apport au sol d'un compost mature entraîne une augmentation de l'activité enzymatique du sol (Crecchio *et al.*, 2004). Le compost permet aussi de lutter efficacement contre les maladies fongiques des plantes en stoppant ou en inhibant le développement des champignons pathogènes (Cotxarrera *et al.*, 2002). En revanche, le compost immature entraîne une diminution de l'activité biologique du sol (Cotxarrera *et al.*, 2002).

#### **1.2.1.4. Compost et productivité agricole**

L'amélioration des caractéristiques chimiques, physiques et biologiques des sols par des amendements de compost créent de meilleures conditions de croissance pour les plantes (Fuchs, 2009). Ainsi, les plantes sont moins stressées, ce qui les rend plus résistantes aux maladies. Aussi, les composts peuvent-ils, suivant leur qualité microbiologique, influencer directement la santé des plantes par l'action de microorganismes antagonistes qu'ils contiennent. En effet, les microorganismes antagonistes agissent directement sur les agents pathogènes présents dans le sol en les concurrençant, les parasitant ou les inhibant. Ainsi, un compost de haute qualité microbiologique a le pouvoir de protéger les plantes contre des maladies (Fuchs, 2009).

### **1.2.2. Résidus agroindustriels carbonisés**

Les résidus agroindustriels carbonisés sont un ensemble de matières riches en carbone, produits en brûlant les résidus, en absence d'oxygène. Ils sont donc obtenus par carbonisation ou pyrolyse qui est le processus de thermo-dégradation de la matière organique en milieu pauvre

en oxygène (Kammen & Lew, 2005 ; Benté, 2015). La carbonisation se fait soit avec des fours traditionnels ou des fours modernes (Glaser *et al.*, 2002). La composition du biochar varie selon le procédé de carbonisation et la matière première utilisée. Il est produit à partir d'une large gamme de matières premières telles que les copeaux de bois et les résidus de récolte (Gaunt & Lehmann, 2008). Les matières organiques ayant une grande teneur en lignine ont le plus grand rendement après carbonisation (Demirbas, 2006).

### **1.2.2.1. Importance agronomique des résidus agroindustriels carbonisés**

Les résidus agroindustriels carbonisés possèdent une teneur élevée en carbone (Cheng *et al.*, 2006). En se décomposant dans le sol, ils libèrent ce carbone lentement (Lehmann *et al.*, 2006 ; Lehmann, 2007).

L'apport des résidus agroindustriels carbonisés au sol sous forme d'amendement a été effectuée pour divers sols et sous des climats variés. Ainsi, les doses apportées varient de 5 à 20 t. ha<sup>-1</sup> (Glaser *et al.*, 2002 ; Chan *et al.*, 2008). Son apport au sol modifie directement ou indirectement les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol (Lehmann *et al.*, 2006 ; Lehmann, 2007).

### **1.2.2.2. Résidus agroindustriels carbonisés et propriétés physiques du sol**

Les résidus agroindustriels carbonisés améliorent la structure, la porosité totale, la densité apparente, l'humidité, l'infiltration et la conductivité hydraulique du sol (Major *et al.*, 2010 ; Atkinson *et al.*, 2010). Les résidus agroindustriels carbonisés ont une structure poreuse qui lui confère des capacités d'absorption et de rétention en eau (Brodowski *et al.*, 2006 ; Liang *et al.*, 2006). Par ailleurs, la distribution de la taille des pores de la matière carbonisée dépend de la structure anatomique de la matière première et des conditions de carbonisation, notamment la température. L'amélioration de la porosité du sol par les résidus agroindustriels facilite ainsi l'approvisionnement en oxygène et diminue les microorganismes anaérobies favorables à la dénitrification (Yanai *et al.*, 2007 ; Badji, 2011). En outre, l'interaction entre les résidus agroindustriels carbonisés, l'argile et la matière organique du sol peut conduire à la formation de micro-agrégats (Brodowski *et al.*, 2006 ; Cheng *et al.*, 2006 ; Liang *et al.*, 2006 ; Badji, 2011).

### 1.2.2.3. Résidus agroindustriels carbonisés et propriétés chimiques du sol

L'apport au sol des résidus agroindustriels carbonisés peut entraîner la modification de certaines propriétés chimiques des sols telles que le pH et le rapport C/N. En effet, les résidus agroindustriels carbonisés peuvent contenir des concentrations variées de cendres alcalines qui pourraient être facilement libérées et lessivées dans le sol et réduire son acidité (Cheng *et al.*, 2006). La modification du pH et du rapport C/N aurait des implications importantes sur la CEC et la disponibilité en macroéléments (N, P, K, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>) du sol (Lehmann *et al.*, 2003 ; Verheijen *et al.*, 2010). Cependant, comme pour la plupart des propriétés chimiques des biochars, les valeurs du rapport C/N sont très variables et dépendent fortement de la qualité du type de matière carbonisée (Mutanda *et al.*, 2011 ; Enders *et al.*, 2012). Selon Lehmann *et al.* (2011), il existe une co-localisation des nutriments et des microorganismes à la surface de la matière carbonisée. Ceci permettrait une meilleure activité de microorganismes dans le cycle du carbone organique. Par ailleurs, l'un des avantages de l'usage des résidus agroindustriels carbonisés sur les propriétés chimiques du sol est leur teneur relativement élevée en carbone organique (Xu *et al.*, 2012).

### 1.2.2.4. Résidus agroindustriels carbonisés et propriétés biologiques du sol

Plusieurs amendements tels que les fumiers et les lisiers contiennent des pathogènes. La carbonisation des résidus détruit ces pathogènes. Ainsi, les interactions entre les résidus agroindustriels carbonisés et les microorganismes du sol sont complexes. Toutefois, la diversité microbienne et sa taille ainsi que son activité peuvent être affectées par les résidus agroindustriels carbonisés (Lehmann *et al.*, 2006 ; Zebarth *et al.*, 2008). En effet, ils stimulent directement la croissance de la biomasse microbienne et augmentent les émissions de CO<sub>2</sub> via la respiration et indirectement en modifiant la dynamique de l'eau, la température et l'aération du sol (Hamer *et al.*, 2004 ; Gundale & De Luca, 2006 ; Kuzyakov *et al.*, 2009). Aussi, les résidus agroindustriels carbonisés constituent-ils un habitat pour les microorganismes (bactéries et hyphes) qui les colonisent (Pietikäinen *et al.*, 2000 ; Warnock *et al.*, 2007 ; Singh & Cowie, 2008 ; Badji, 2011). Les résidus agroindustriels carbonisés influencent les mycorhizes par leur interaction accrue avec les microorganismes (Warnock *et al.*, 2007). Les effets des résidus agroindustriels carbonisés sur la faune du sol sont encore peu connus. Toutefois, selon Van Zwieten *et al.* (2010), les vers de terre du sol sont plus actifs avec des résidus agroindustriels carbonisés que sans résidus. En effet, les résidus agroindustriels carbonisés en améliorant la porosité, la densité, la température et l'humidité du sol favorisent les conditions de vie des vers

de terre. De plus, les résidus agroindustriels carbonisés associés à la production fécale des vers forme des liens chimiques plus stables entre les particules du sol, ce qui produit des agrégats plus stables et par conséquent, une meilleure structure du sol. Ceci influence rétroactivement la vie des vers de terre (Warnock *et al.*, 2007).

#### **1.2.2.5. Résidus agroindustriels carbonisés et capacité de rétention en eau du sol**

Les résidus agroindustriels carbonisés permettent d'améliorer la capacité de rétention en eau du sol. En effet, en augmentant la porosité du sol, la matière carbonisée favorise ainsi l'approvisionnement du sol en air et en eau. Cette augmentation de la capacité d'absorption du sol conduit à une élévation de la capacité de rétention en eau des sols. (Brodowski *et al.*, 2006 ; Liang *et al.*, 2006 ; Yanai *et al.*, 2007). Selon plusieurs auteurs, l'augmentation de la capacité de rétention en eau du sol par les matières carbonisées est plus significative sur les sols sableux (Lehman *et al.*, 2006 ; Woolf, 2010 ; Lui *et al.*, 2012 ; Oleszczuk *et al.*, 2012 ; Schulz & Glaser, 2012 ; Schulz *et al.*, 2013). Cependant, l'effet des résidus carbonisés sur la capacité de rétention en eau du sol va dépendre des caractéristiques de la porosité de chaque type de biochar et des taux d'application.

#### **1.2.2.6. Résidus agroindustriels carbonisés et productivité du sol**

La dégradation de la structure du sol favorisée par la déforestation, l'agriculture intensive, l'érosion et le peu de retours de matière organique entraîne la perte de la productivité agricole des sols. Les résidus agroindustriels carbonisés permettent de corriger la structure du sol et augmenter les rendements agricoles (Islam *et al.*, 1999). En effet, plusieurs essais de productivité végétale suite à des amendements de biochar et ce, sous divers climats, ont montré une augmentation de rendement entre 15 et 200 % pour différentes plantes agricoles (Rondon *et al.*, 2007 ; Woolf, 2008 ; Verheijen *et al.*, 2010). Toutefois, l'effet des résidus agroindustriels carbonisés sur les rendements n'est pas immédiat. Selon Woolf (2008), l'effet positif des résidus agroindustriels carbonisés sur la productivité végétale pourrait être observé plusieurs années après les apports d'amendement au sol. En effet, la matière carbonisée n'agit pas seule, mais en combinaison avec d'autres mécanismes, notamment avec l'activité mycorhizienne, qui prennent un certain temps à s'installer (Woolf, 2008). Les doses d'application varient généralement entre 5 et 20 t ha<sup>-1</sup> dans les sols agricoles. Toutefois, les doses optimales sans compromettre les fonctions du sol, la croissance des plantes et l'impact environnemental et économique sont méconnus pour l'instant. Les premières études tendent à montrer que le

biochar serait plus efficace dans les sols peu fertiles, tropicaux, érodés et fragiles et moins efficaces dans les sols trop secs ou trop humides et dans les sols riches qui ont moins de facteurs limitants pour la croissance végétale (Allaire & Lange, 2013).

### **1.3. Fertilisation**

La mise en culture continue des sols entraîne une perte du stock organique et à terme, l'apparition de carences nutritionnelles dont l'azote, phosphore et le potassium principalement (Délas & Molot, 1983 ; Yoni *et al.*, 2005). La perte en éléments minéraux entraîne une baisse des rendements agricoles. Ainsi, plusieurs types de fertilisation ont été faites pour améliorer les rendements du maïs et de l'aubergine.

#### **1.3.1. Fertilisation minérale**

La fertilisation minérale est la méthode de fertilisation la plus utilisée par les producteurs agricoles. Par ailleurs, différentes études ont montré que cette fertilisation améliore la croissance des plantes et entraîne une importante augmentation des rendements (Obulbiga & Kaboré-Zoungana, 2007 ; Tendonkeng, 2011 ; Temgoua *et al.*, 2018). Cependant, l'application exclusive des engrais minéraux n'est généralement efficace que pendant les premières années d'apports continus (Muna-Mucheru *et al.*, 2007). En effet, l'application prolongée de ces engrais entraîne une acidification du sol. Or, l'acidité réduit la disponibilité des éléments nutritifs aux plantes provoquant une baisse des rendements (Délas & Molot, 1983). Aussi, l'apport de ces engrais pourrait-il être dommageable aux plantes car ils favorisent la croissance en hauteur des plantes ; ce qui les expose aux effets du vent (Sanogo *et al.*, 2010 ; Kaho *et al.*, 2011 ; Useni *et al.*, 2012).

#### **1.3.2. Fertilisation organique**

Les fertilisants organiques améliorent les propriétés physique, chimique et biologique du sol. Cette action plus complète permet d'augmenter les rendements des plantes (Kadiata & Lumpungu, 2003 ; Lumpungu, 2008 ; Major *et al.*, 2010 ; Biaou *et al.*, 2017). C'est le cas du maïs et de l'aubergine dont les rendements sont plus élevés sur un sol amendé aux résidus organiques (Kadiata & Lumpungu, 2003 ; Kowaljow & Mazzarino, 2007 ; Major *et al.*, 2010 ; Kaho *et al.*, 2011 ; Biaou *et al.*, 2017). Ainsi, l'application des fertilisants organiques au sol agricoles est plus bénéfique pour le producteur. En effet, ce traitement du sol procure des marges bénéficiaires plus élevées que les traitements avec engrais minéraux seuls ou combinés

aux fertilisants organiques (Jama *et al.*, 2000 ; Muna-Mucheru *et al.*, 2007). Aussi, sur les parcelles fertilisées aux fertilisants organiques, les cultures sont-elles plus résistantes à la verse.

### **1.3.3. Fertilisation organo-minérale**

Les fertilisants organiques associés aux engrais minéraux à faible dose améliorent plus les rendements du maïs et de l'aubergine par rapport au sol fertilisé par les engrais minéraux seuls (Useni *et al.*, 2013 ; Laopé *et al.*, 2020). En effet, l'ajout d'une faible dose d'engrais minéraux, surtout fournissant l'azote et le phosphore, augmente l'activité biologique du sol et facilite la libération effective de nutriments pour les cultures, notamment, celles du maïs et de l'aubergine (Kiba *et al.*, 2008). Dans le cas de la culture du maïs, l'application combinée accroît la résistance des plants à la verse. En revanche, l'ajout d'une dose élevée d'engrais minéraux aux fertilisants organiques entraîne une baisse de rendement. L'excès d'éléments minéraux dans le sol provoque un antagonisme, causant ainsi, une faible libération de nutriments (Useni *et al.*, 2012 ; Lélé *et al.*, 2016).

## **1.4. Culture du maïs et de l'aubergine**

### **1.4.1. Culture du maïs**

#### **1.4.1.1. Origine et distribution de la culture du maïs**

Originaire d'Amérique centrale et présent dans au moins 150 pays dans le monde, le maïs (*Zea mays* L.) est la céréale la plus cultivée au monde après le riz (Akanza & Sanogo, 2017). La zone de production s'étend sur 162 millions d'hectares, avec 36 % de la production totale de céréales (Hénin, 2019). Avec plus de 45 % de la production mondiale de maïs, les Etats-Unis occupent le premier rang des pays producteurs, suivis par la Chine et le Brésil.

Le maïs a été introduit en Afrique à partir de l'Amérique, au XVI<sup>e</sup> siècle. À partir du XVII<sup>e</sup> siècle, la culture de maïs a entraîné une véritable révolution dans les pratiques agricoles et alimentaires des Africains (Portères, 1955). Aujourd'hui, le maïs est cultivé un peu partout sur le continent et constitue un aliment de base majeur. Il est consommé par des populations, avec des préférences et des contextes socio-économiques et culturels divers. La superficie emblavée en maïs est de 34 075 972 hectares pour une production de 70 076 591 tonnes (FAO 1, 2014). La majeure partie de cette production provient de l'Afrique sub-saharienne. Par ailleurs, les principaux pays producteurs sont l'Afrique du Sud, le Nigeria, l'Éthiopie, la Tanzanie, le Malawi et le Kenya (Harold & Tabo, 2015).

En Côte d'Ivoire, le maïs est produit sur toute l'étendue du territoire, avec comme principales zones de culture, le Nord, le Nord-Ouest et le Centre (Semassa *et al.*, 2016).

#### 1.4.1.2. Morphologie et position systématique de la plante de maïs

Le maïs est une céréale herbacée annuelle à tallage faible de la famille des poacées. Le système racinaire est fasciculé et explore un grand volume de terre. Il a également des racines aériennes adventives qui ont une fonction stabilisatrice (Fondio *et al.*, 2008 ; Néron, 2014). La plante porte deux types d'inflorescence : les fleurs mâles, groupées sur la panicule terminale ramifiée et les fleurs femelles (épi) qui s'insèrent aux aisselles des feuilles. Le cycle cultural du semis à la maturité varie de 2 à 11 mois selon la variété. Le nombre de feuilles varie entre 8 et 48 sur une tige longue de 0,6 à 6 m. La longueur de l'épi varie de 2,5 à 30 cm. Chaque épi est composé d'un axe charnu ou rafle qui porte 10 à 20 rangées de fleurs. La couleur des grains varie selon la variété. Il existe des grains blancs, noirs, jaunes, oranges, rouges, verts et bleus (Jean-Lu *et al.*, 1997). La position systématique du maïs (*Zea mays* L.) est présentée ci-dessous (Bambara, 2012) :

Règne	: Végétal
Embranchement	: Phanérogames
Sous-embranchement	: Angiospermes
Classe	: Liliopsidaes
Sous-classe	: Commélinidaes
Ordre	: Cypéales
Famille	: Poacées
Sous-famille	: Panicoïdées
Genre	: <i>Zea</i>
Espèce	: <i>mays</i> L.

#### 1.4.1.3. Semis et croissance du maïs

La culture du maïs nécessite un semis direct qui se fait en ligne sur des billons ou à plat, à une profondeur d'environ 3 à 4 cm. Quant à la période de semis, elle est fonction de la saison pluvieuse qui varie d'une zone de culture à une autre. En zone de savane, le maïs est semé entre mi-Juin et mi-Juillet, alors qu'en zone intermédiaire, il est semé entre Avril et Mai. En zone forestière, deux périodes de semis sont observées. Les premiers semis se font entre Mars et Avril et les seconds, de fin Août à mi-Septembre. La densité de semis est d'environ 66 000

plants/ha pour les variétés à cycle court ou d'environ 53 000 plants/ha pour les variétés tardives (Diallo *et al.*, 2016 ; Yapi & De, 2017). Les écartements de semis sont de 80 cm entre deux lignes et de 20 à 30 cm entre deux poquets avec, respectivement, 2 plants par poquet et 1 plant par poquet après démariage (Diallo *et al.*, 2016).

La croissance du maïs commence après la levée des plantules (3 jours après semis). Elle comporte deux (02) phases : la phase végétative et la phase reproductive (Silué *et al.*, 2017).

La phase végétative se caractérise par l'apparition des collerettes (bande de couleur claire, située à la base du limbe déployé, près de la jonction du limbe et de la tige du plant) sur la plantule. Le nombre de collerettes permet de déterminer les différents stades (V) de développement. Un plant avec trois collerettes est un plant V3. Toutefois, il peut y avoir 5 à 6 feuilles visibles sur le plant. Les plants de maïs se développent généralement jusqu'au stade V18 avant d'atteindre leur hauteur maximale, à la sortie de la panicule et de passer à la phase reproductive du développement. Cette phase débute après la sortie de la panicule (Maiti & Moreno-Limon, 2001 ; Touré, 2015).

#### **1.4.1.4. Exigence écologique du maïs**

Le maïs peut être cultivé sur différents types de sol. Toutefois, il préfère les sols profonds, bien structurés et riches en éléments nutritifs, avec un pH supérieur à 5,5, dans un climat chaud (Ristanovic, 2001). Par ailleurs, pour un meilleur rendement, la température doit être comprise entre 18 et 25 °C. Une température inférieure à 10°C affecte négativement la germination des semences alors qu'une température de plus +30 ° C affecte négativement la pollinisation des fleurs du maïs (Ristanovic, 2001). Le maïs a des besoins hydriques importants. Le manque d'eau se traduit par une baisse significative de la production. La période critique de manque d'eau se situe 20 jours avant et après la floraison (Nyembo, 2010 ; Nyembo *et al.*, 2013). Le maïs exerce une forte concurrence vis-à-vis des adventices pour la lumière, les éléments nutritifs et l'eau (Semassa *et al.*, 2016). Il offre de forte production lorsqu'il est bien désherbé. Pour lutter contre ces adventices, trois (03) techniques de lutte sont préconisées (Boraud, 2000 ; Traoré *et al.*, 2019). Ce sont la lutte préventive, le désherbage manuel et le désherbage chimique.

#### **1.4.1.5. Production du maïs**

##### **➤ Production mondiale**

La production mondiale de graines de maïs est de 1,091 milliards de tonnes. Elle est produite sur une superficie de 162 millions d'hectares. Le rendement moyen mondial est de 5,2 t ha<sup>-1</sup>. La majeure partie de cette production provient des Etats-Unis et de la Chine avec, respectivement, 37 et 21 % de la production mondiale. Contrairement aux Etats-Unis, la production de la Chine est essentiellement destinée à la consommation locale. Par ailleurs, le marché mondial du maïs est porté par les Etats-Unis, le Brésil, l'Argentine, l'Ukraine et, loin derrière, l'Afrique du Sud (Hénin, 2019). Les Etats-Unis constituent, avec l'Argentine et le Brésil, les trois principaux pays exportateurs de maïs. L'Afrique du Sud est le seul pays Africain dans le top 5 des pays exportateurs de maïs, avec 2 millions de tonnes exportées lors de la campagne 2019-2020 (Hénin, 2019).

##### **➤ Production locale**

En Côte d'Ivoire, le maïs est la deuxième céréale la plus importante, en termes de production, après le riz. Le pays en produit 840 000 tonnes sur une superficie estimée à 278 679 hectares (Yapi & De, 2017). Cette production est destinée, essentiellement, à la consommation locale. Toutefois, le pays n'est pas autosuffisant en maïs (Hénin, 2019). En 2012, il en a importé environ 42 000 tonnes (Christine & Josée, 2019). Selon l'OCPV, de 2017 à 2021, la production de maïs est passée de 5275,6 à 1347,7 tonnes soit une baisse de 74,45 % dans la Région du Haut-Sassandra.

#### **1.4.1.6. Usages du maïs**

Le maïs est utilisé dans divers domaines tels que l'alimentation animale et la consommation humaine et à des fins non alimentaires (Néron, 2014 ; Yapi & De, 2017).

##### **1.4.1.6.1. Alimentation animale**

L'alimentation animale constitue le principal secteur de consommation de maïs en Côte d'Ivoire. Les feuilles et les graines sont consommées par les animaux. Toutefois, les graines sont plus utilisées dans les animaleries. Les fermiers utilisent le maïs sous forme d'aliments pour poulets. Il est également utilisé par les éleveurs pour satisfaire les besoins alimentaires des

cabris, des moutons et des pintades. Au niveau mondial, environ deux tiers de la production du maïs sont destinés à l'alimentation animale (Louise *et al.*, 2006 ; Christine & Josée, 2019).

#### **1.4.1.6.2. Consommation humaine**

Le maïs est très riche en glucides, en fibres, en vitamines (B et K) et en oligoéléments. L'absence de gluten (protéine) dans le maïs est un avantage pour toute personne intolérante à cette protéine. Cette particularité du maïs fait de lui l'une des céréales les plus intégrées dans les alimentations humaines. Ainsi, il sert à préparer le 'tôh' à base de la farine, de la bouillie de maïs (bâka), de la boisson (tchapalo, whisky), des galettes (wommi). De plus, les épis frais peuvent être consommés braisés ou bouillis (Louise *et al.*, 2006 ; Christine & Josée, 2019).

#### **1.4.1.6.3. Valorisation agricoles des résidus de maïs**

Les résidus de récolte du maïs, qui sont les tiges, rafles, feuilles et spaths, sont très peu valorisés en agriculture. En effet, après le battage du maïs, ces résidus entassés sur la parcelle de récolte se décomposent sur place et ne profitent pas à l'ensemble de la parcelle de récolte (Savoie, 2005). Toutefois, selon Boraud (2000), les spaths sont souvent appliqués au sol sous forme d'amendement.

#### **1.4.1.6.4. Autres utilisations**

Le maïs constitue une source de différents types de bioénergie. Il est, de plus en plus, utilisé dans l'amidonnerie et dans l'éthanolerie. Le maïs est également utilisé en pharmacopée (soies de maïs), en pharmacie et en cosmétique (Christine & Josée, 2019).

### **1.4.2. Culture de l'aubergine**

#### **1.4.2.1. Origine et distribution de la culture de l'aubergine**

Il existe plusieurs espèces comestibles de l'aubergine (*Solanum* sp) cultivées en Côte d'Ivoire et dans le monde. Ces espèces ont plusieurs origines. Les trois espèces les plus cultivées proviennent de l'Inde et de l'Afrique.

*Solanum melongena* L. est une espèce végétale originaire de l'Inde orientale où elle se cultive depuis des siècles (Koua, 2016). Elle a été également cultivée en Chine quatre siècles avant notre ère. Son introduction en Espagne et dans le bassin méditerranéen a été faite par les Arabes. Ainsi, cultivée en Espagne dès le XIV<sup>ème</sup> siècle, elle s'est répandue en France, en

Allemagne et en Grande-Bretagne. En Afrique, elle est cultivée dans les régions chaudes (Grubben & Denton, 2004 ; Koua, 2016).

*S. aethiopicum* et *S. macrocarpon* proviennent de l'Afrique tropicale (Hébert, 2002). Elles sont également cultivées dans les caraïbes, en Amérique du Sud et dans certaines régions d'Asie du Sud-Est (Osei *et al.*, 2010). Toutes ces espèces appartiennent à la famille des *Solanaceae* qui comporte 98 genres et environ 2700 espèces. Plus de la moitié de ces espèces appartiennent au genre *Solanum* (Lester *et al.*, 1990 ; Lou *et al.*, 2010). L'aubergine se cultive partout en Côte d'Ivoire (Coulibaly *et al.*, 2021).

#### 1.4.2.2. Morphologie et position systématique de l'aubergine

L'aubergine est une plante annuelle. Les formes et les couleurs du fruit varient beaucoup allant de la taille d'un œuf à celle d'un melon (Grubben & Denton, 2004 ; Koua, 2016).

La plante de *Solanum melongena* L. atteint 50 cm à 1,2 m de haut. Ses feuilles sont velues. Les fleurs sont blanches ou violettes, solitaires et portées à l'aisselle des feuilles. Les fruits sont lisses, allongés et de couleur violet sombre à maturité (Bossier, 2000 ; Koua, 2016).

Concernant l'espèce *Solanum aethiopicum*, elle a une hauteur comprise entre 0,2 et 1,5 m. Les feuilles sont peu épineuses. Elle présente des fleurs blanches ne dépassant pas 25 mm de long. Les fruits sont ovales, lisses, de couleur orange et rouge à maturité (Bukenya-Ziraba & Bonsu, 2004).

*Solanum macrocarpon* atteint 1,5 m de haut, avec des feuilles glabres. Les fleurs sont blanches ou mauves de 22 mm de long, avec des fruits lisses, ronds et de couleur jaune ou brune à maturité (Bukenya-Ziraba & Bonsu, 2004 ; Koua, 2016). La position systématique de l'aubergine est (Hequet *et al.*, 2009) :

Règne	: Plantae
Embranchement	: Magnoliophyta
Classe	: Magnoliopsida
Sous-classe	: Asteridae
Ordre	: Solanales
Famille	: Solanaceae
Sous-famille	: Solanoideae
Genre	: <i>Solanum</i>
Espèce	: <i>melongena</i> L.

### **1.4.2.3. Repiquage et croissance de l'aubergine**

Les aubergines se multiplient par des graines semées d'abord en pépinière pour produire des plantules qui sont transplantées en champ, 30 à 40 jours après semis. Le repiquage des plants est précédé d'un labour et un piquetage (Coulibaly *et al.*, 2021). Le jour du repiquage, les plants sont abondamment arrosés puis enlevés délicatement de façon à réduire les dommages au niveau du système racinaire. Le repiquage se fait à raison d'un plant de 3-5 feuilles par poquet avec un écartement de 1 m entre les lignes et 0,5 m entre les pieds sur une ligne (Coulibaly *et al.*, 2021).

### **1.4.2.4. Exigence écologique de la plante de l'aubergine**

L'aubergine est la moins exigeante des solanaceae. Elle peut se cultiver sur tous les types de sol. En effet, son système racinaire lui permet de s'adapter et de pousser dans des sols où d'autres plantes se développent difficilement (Edbo, 2021). Toutefois, l'aubergine préfère les sols profonds et riche en humus. Aussi, une température en dessous de 12°C inhibe-t-elle la croissance de l'aubergine (Nyabyenda, 2005 ; Makosso, 2010). L'aubergine est très tolérante à la sécheresse, grâce à ses racines profondes. Toutefois, en saison sèche, il est indispensable d'arroser, matin et soir, à raison de 20 litres d'eau par m<sup>2</sup>. Le pH optimal est compris entre 6 et 7 (Delmas *et al.*, 2015). L'aubergine est sensible aux adventices (Mangara, 2010 ; Diomandé *et al.*, 2019).

### **1.4.2.5. Production de l'aubergine**

#### **➤ Production mondiale d'aubergine**

L'aubergine occupe une place économique importante dans les régions tropicales et tempérées. Selon l'agence de statistiques de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAOSTAT), en 2019, la production mondiale de l'aubergine s'élevait à 54 000 000 tonnes (Anonyme 1, 2021). La Chine est le plus grand pays producteur d'aubergines, avec 34 560 000 tonnes soit 64 % de la production mondiale. Elle est suivie par l'Inde et l'Égypte, avec respectivement, 23 % (12 420 000 tonnes) et 2,33 % (1 194 315 tonnes) de la production mondiale (Anonyme 1, 2021).

#### **➤ Production locale d'aubergine**

Les aubergines occupent une place importante dans les échanges économiques. En 2021, la production du pays a été estimée à plus de 110 380 tonnes. Cette production a propulsé la

Côte d'Ivoire au troisième rang, derrière l'Égypte et l'Algérie qui occupent, respectivement, les premières et deuxième places des plus grands producteurs en Afrique (Anonyme 1, 2021). En Côte d'Ivoire, les trois espèces les plus cultivées sont *Solanum melongena*, *Solanum aethiopicum* (anguivi et gilo) et *Solanum macrocarpon* (Grubben & Denton, 2004 ; Koua, 2016).

Selon la direction régionale de l'Office d'aide à la Commercialisation des Produits Vivriers (OCPV), la production de la Région du Haut-Sassandra a varié de 70,21 tonnes en 2017 à 86,5 tonnes en 2021. Cette production a atteint son pic en 2020, avec 180,37 tonnes alors que les plus basses productions ont été enregistrées en 2018 et en 2019, avec, respectivement, 27,8 et 49 tonnes. Les espèces cultivées sont *Solanum aethiopicum* sp, avec des rendements moyens, compris entre 14 et 28 t ha<sup>-1</sup>, *Solanum macrocarpon* sp, avec un rendement moyen de 5 t ha<sup>-1</sup> et *Solanum melogena* sp, avec des rendements moyens variant de 10 à 40 t ha<sup>-1</sup> (Djidji & Fondio, 2013).

#### **1.4.2.6. Usages de l'aubergine**

Les fruits sont consommés soit cuits, grillés, frits ou en ragouts avec d'autres légumes (Schipper, 2004 ; Koua, 2016). On les confire, également, au vinaigre en Iran et en Égypte. Alors qu'en Turquie et en Grèce, les fruits sont utilisés en confitures sucrées (Dufour & Delaleu, 2012). En Côte d'Ivoire, ils sont préparés soit en sauce ou soit hachés et associés à la tomate et au piment pour servir de condiments. Les aubergines sont utilisées à des fins médicinales. En effet, elles sont utilisées dans les traitements du paludisme, de l'asthme, du rhumatisme, du diabète, du choléra, de la bronchite, de la dysurie, de la dysenterie, de l'otite, des maux de dent, des infections de la peau et des troubles hépatiques. Elles possèdent également des propriétés narcotiques (Erard, 2003 ; Schipper, 2004 ; Mouawad, 2007 ; N'Dri *et al.*, 2010 ; Koua, 2016).

### **1.5. Présentation du milieu d'étude**

#### **1.5.1. Milieu physique**

##### **1.5.1.1. Localisation**

La Région du Haut-Sassandra est située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire (Figure 2). Elle est limitée au Nord par les Région du Worodougou et du Béré, à l'Est par celle de la Marahoué, au Sud par celles du Gôh et du Bas-Sassandra, puis à l'Ouest par les Régions du Guemon et du Moyen-Cavally (Kouassi, 2022). La Région du Haut-Sassandra, subdivisée en quatre (04) Départements (Daloa, Zoukougbeu, Vavoua et Issia), s'étend sur une superficie de

17 761 km<sup>2</sup>, représentant 5,5 % du territoire national (Tuo *et al.*, 2016). La ville de Daloa qui est le Chef-lieu de la Région du Haut-Sassandra est distante de 388 km d'Abidjan et se situe entre 6°30' et 8° de Latitude Nord et 5° et 8° de Longitude Ouest (Diarra *et al.*, 2016).

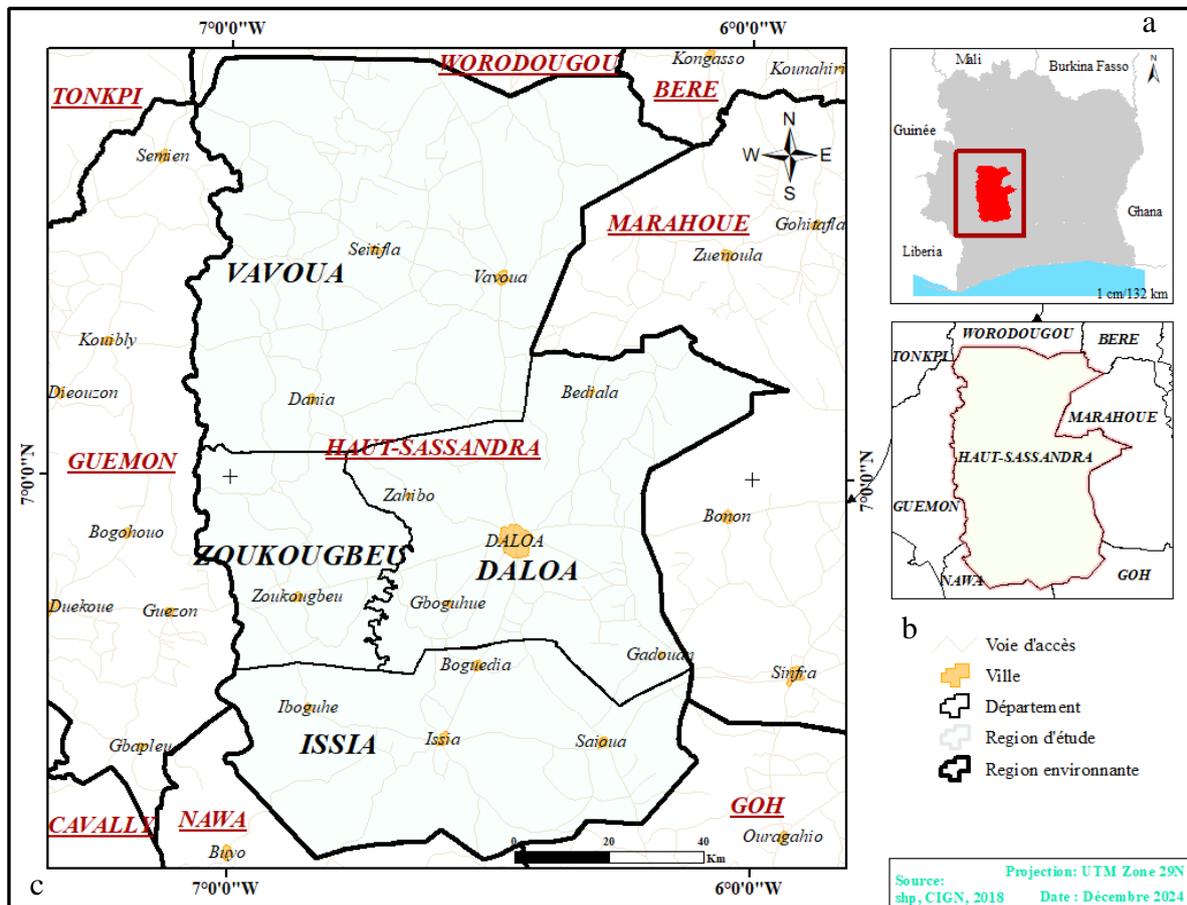


Figure 2 : Carte présentant la zone de l'étude : Situation de la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire (a), région du Haut-Sassandra (b) et départements de la région du Haut-Sassandra (c)

### 1.5.1.2. Sols et géomorphologie

Le Département de Daloa s'étend sur un plateau de 200 à 400 m d'altitude, avec des plaines et des bas-fonds. C'est une péninsule monotone légèrement inclinée vers le Sud. Elle regroupe un ensemble de dômes cristallins de faible altitude (300 à 400 m) situés au Nord et de bas plateaux (200 à 300 m) au Sud (Avenard, 1971). Le substratum des sols du Département appartient au vieux socle précambrien composé de granites, de migmatites et de granito-gneiss (Kassin & Yoro, 2009). Dans la majeure partie du Département, les sols ferrallitiques (Ferralsols) argilo-sableux à argileux sont dominants (Monnier, 1983 ; Kassin & Yoro, 2009). Du fait de la végétation originelle et du climat, favorisant l'altération des roches, les sols sont profonds. L'abondance des précipitations y favorise les pertes de cations basiques du sol,

mettant en place des sols généralement désaturés. L'horizon humifère est peu épais, mais riche en matières organiques. Les propriétés physiques et chimiques de ces sols sont favorables aux cultures pérennes et vivrières (Dabin *et al.*, 1960 ; Soro *et al.*, 2015). Les bas-fonds sont essentiellement sableux du fait d'apport de sédiments provenant de l'amont des versants. On y trouve aussi des sols hydromorphes (Gleysols) (Zro *et al.*, 2018).

### 1.5.1.3. Climat

Le département du Haut-Sassandra est marquée par un climat tropical humide à deux saisons, dont une saison de pluie et une saison sèche (Kouakou, 2015). La saison sèche s'étend de novembre à février, avec une pluviométrie moyenne mensuelle de 34,87 mm et une température moyenne de 27,82 °C (de 2000 à 2023). La saison pluvieuse s'étend de mars à octobre, avec un pic de précipitation en septembre de 159,54 mm et un minimum de 112,07 mm en Juillet (Figure 3). L'humidité relative de l'air avoisine 75 % (Eldin, 1971 ; Yéo, 2022). La température maximale de 28,85 °C est observée en Février et celle minimale de 25,23 °C en août (Baka, 2012).

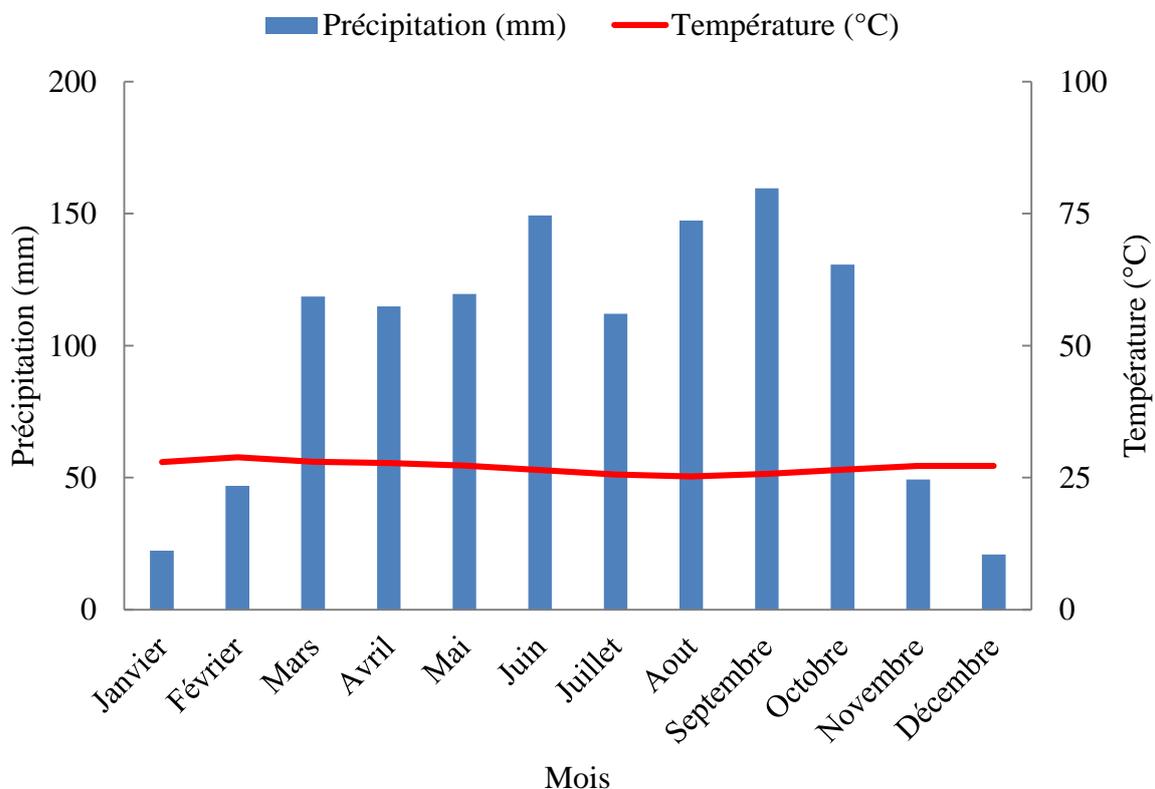


Figure 3 : Diagramme ombrothermique du département de Daloa de 2000 à 2023 ([www.tutiempo.net](http://www.tutiempo.net))

#### 1.5.1.4. Végétation

La végétation originelle de la Région du Haut-Sassandra était une forêt dense humide semi-décidue (Guillaumet & Adjanohoun, 1971). Selon Kouakou *et al.* (2015), la végétation est de type forestier au Sud et de type savane arboré au Nord. Les activités anthropiques y sont dominées par l'exploitation forestière et la production agricole depuis plusieurs décennies, modifiant fortement le couvert végétal. Ainsi, la forêt primaire a fortement régressé du fait des activités agricoles (Brou, 2010). La forêt a fait place à des jachères, constituées essentiellement de dicotylédones, avec une dominance de *Chromoleana odorata*, des lambeaux forestiers et des plantations de cultures pérennes (Gnahoua, 2004 ; Zanh *et al.*, 2016). Ces plantations sont prioritairement constituées de cacaoyères, de caféières, de parcelles d'hévéa et de palmier à huile (Barima *et al.*, 2016).

#### 1.5.1.5. Réseau hydrographique

Le fleuve Sassandra, avec une longueur de 650 km et drainant un bassin versant de 75 000 km<sup>2</sup>, est le principal cours de la Région (Figure 4). Les rivières Lobo et Davo, situées, respectivement, dans les parties centrales et Sud-Est, constituent les affluents les plus importants de ce fleuve. Le drainage régional s'effectue dans la direction Nord-Sud (Barima *et al.*, 2016).

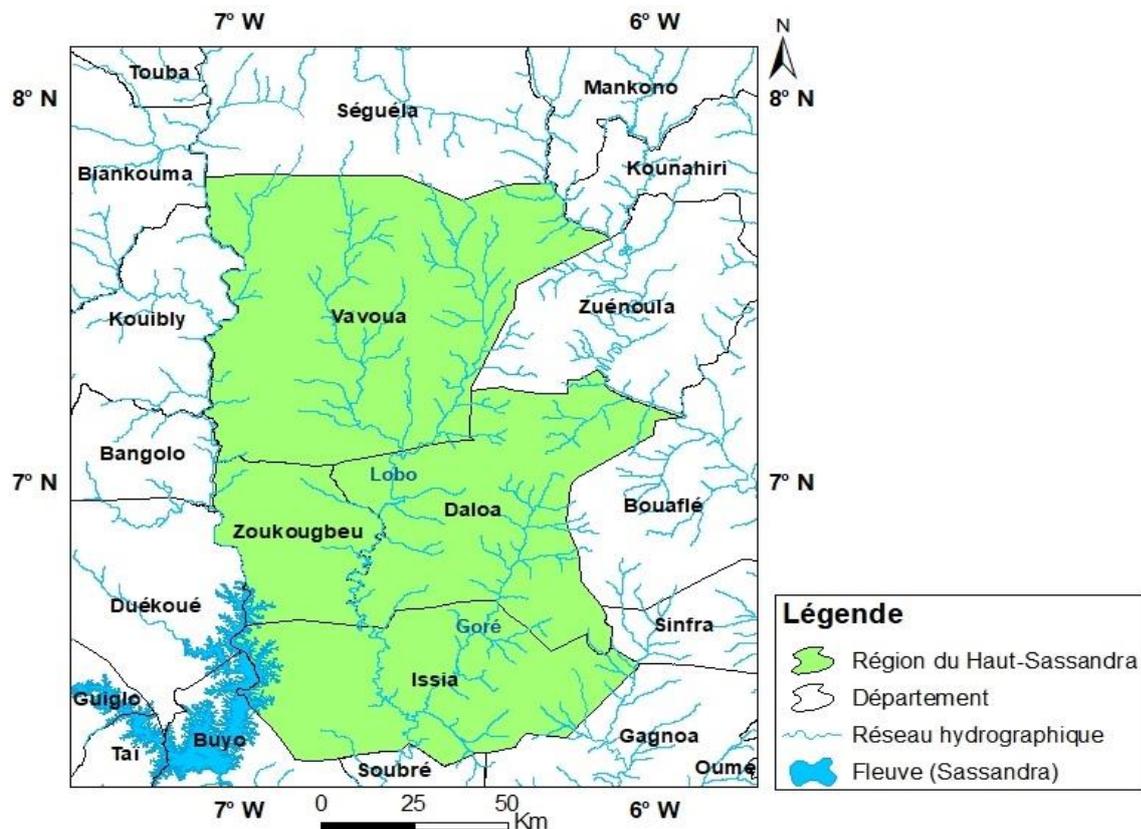


Figure 4 : Carte du réseau hydrographique de la Région du Haut-Sassandra (BNETD, 2022)

## **1.5.2. Milieu humain**

### **1.5.2.1. Population**

La population de la Région du Haut-Sassandra est composée d'autochtones, d'allochtones et d'allogènes des pays frontaliers. Au niveau des allogènes, les ressortissants du Burkina Faso et du Mali sont dominants (Kouassi, 2022). A côté des autochtones Bétés, les allochtones Baoulés, Sénoufos et Malinkés sont dominants (Zanh *et al.*, 2016 ; Kouakou *et al.*, 2015).

### **1.5.2.2. Activités socio-économiques**

Les activités socio-économiques sont, essentiellement, l'agriculture (production du cacao, du café, exploitation du bois), le commerce, l'artisanat et le tourisme (Claeys, 2018 ; Kouassi, 2022). Cependant, l'agriculture reste la principale activité ayant favorisée le déplacement de nombreuses populations dans le Département, faisant de Daloa, la troisième ville la plus peuplée du pays, créant ainsi une pression foncière. Le système agricole, au départ extensif, évolue, aujourd'hui, vers une agriculture beaucoup plus intensive du fait de la raréfaction des terres cultivables (Brou *et al.*, 2005).

### **1.5.2.3. Principales cultures de la zone**

Les activités agricoles sont assez diversifiées dans le département. On y trouve les cultures de rente comme le café, le cacao et l'hévéa. C'est, d'ailleurs, la deuxième zone de production du cacao et la première du café (Koffie-Bikpo & Kra, 2013). Les principales cultures vivrières sont le riz, la banane plantain, le manioc, le maïs, la pastèque, la tomate, l'aubergine et le piment (Koffie-Bikpo & Kra, 2013). La pratique de ces cultures, en milieu paysan, intègre très rarement l'usage de fertilisants minéraux et d'amendements organiques (Gala *et al.*, 2007).

La Région du Haut Sassandra-Sassandra est l'une des Régions productrices de maïs et d'aubergine. Cependant, depuis quelques années, les niveaux de production ont baissé alors que les besoins de la population augmentent (RONGEAD, 2014).

## **Conclusion partielle**

Les principaux sols de la Côte d'Ivoire sont les Ferralsols, Acrisols et Gleysols. Ces sols subissent des dégradations physiques, chimiques et biologiques. Les techniques culturales de restauration des sols sont la jachère, le terrassement, l'utilisation des cultures de couverture et

la rotation culturale. Aussi, les apports au sol de résidus agroindustriels sous forme de fumier, compost ou carbonisés favorisent la restauration de sa fertilité.

Le maïs et l'aubergine poussent dans diverses zones agroécologiques et leurs cultures exigent des conditions climatiques et édaphiques propres à chaque écosystème. Les productions nationales ne permettent pas de satisfaire les besoins de consommation des populations.

## **DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES**

## Introduction partielle

La deuxième partie du mémoire présente le matériel utilisé et la méthodologie suivie pour atteindre les objectifs assignés à cette étude. La méthodologie a pris en compte les travaux réalisés sur le terrain, les travaux de laboratoire et le traitement statistique.

### 2.1- Site de l'étude

Les travaux ont été effectués à Kouamékro ( $6^{\circ}93' N$  et  $6^{\circ}39' W$ ), un campement de la Commune de Daloa (Côte d'Ivoire), situé sur l'axe Daloa – Bédiala (Figure 5).

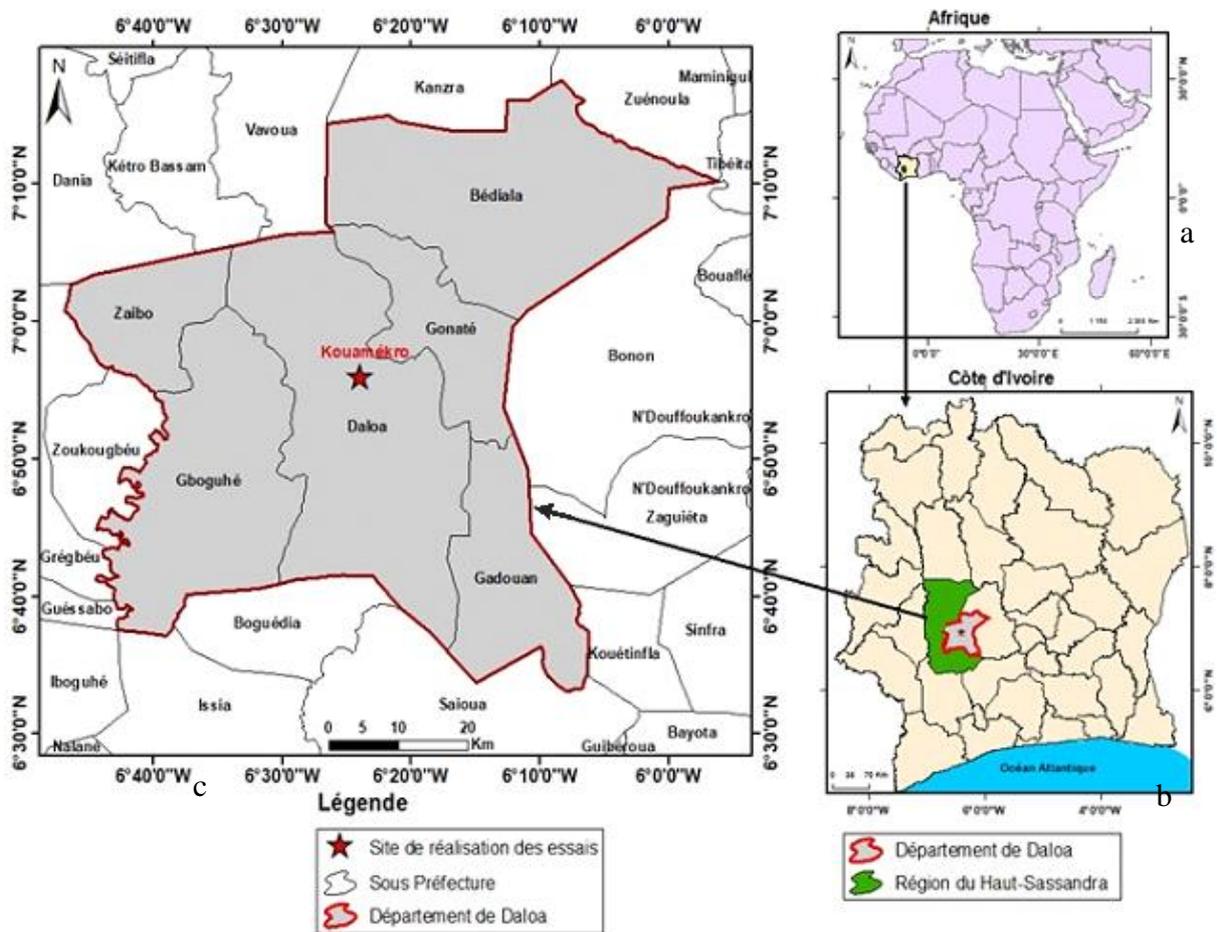


Figure 5: Carte du département de Daloa présentant le site de l'étude : Situation de la Côte d'Ivoire en Afrique (a), situation de la région du Haut-Sassandra et du département de Daloa en Côte d'Ivoire (b) et situation du site d'étude dans le département de Daloa (c)

## 2.2. Matériel

### 2.2.1. Fertilisants

Les résidus agroindustriels utilisés sont constitués de la balle de riz, la sciure de bois et la litière de poulet. Ces résidus ont été choisis, principalement, pour leur potentielle richesse en éléments fertilisants et leur disponibilité dans la Région. La balle de riz et la sciure de bois (Figure 6) ont été collectées dans des moulins. Elles ont ensuite été carbonisées. Quant à la litière de poulet, elle a été collectée dans des fermes d'élevage, et elle n'a pas été carbonisée. De plus, l'engrais minéral 15 15 15 a été utilisé.



Figure 6 : Résidus agroindustriels : Balles de riz (a), Sciures de bois (b) et Litières (c)

### 2.2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal (Figure 7) est constitué de semences de la variété « EV8728 » du maïs (*Zea mays* L.) et de la variété « KOTOBI » de l'aubergine (*Solanum* sp.).

La variété de maïs a un cycle cultural de 90 jours et un rendement potentiel de 6 t ha<sup>-1</sup>. Les graines sont jaunes et de texture semi-dentée (Deffan *et al.*, 2015).

Quant à la variété d'aubergine, la plante est vigoureuse, avec des feuilles poilues. Le fruit est rond et peu côtelé, avec une couleur blanc ivoire et une saveur douce. La production commence entre 55 et 60 jours après repiquage. Le rendement potentiel est de 40 t ha<sup>-1</sup> (Coulibaly *et al.*, 2021).

Ce matériel a été choisi pour ses propriétés organoleptiques très prisées par la population.



Figure 7 : Matériel végétal de l'essai : Semence de maïs (a), variété « EV8728 » et Semence d'aubergine (b), variété « KOTOBI ».

### **2.2.3. Matériel technique**

#### **2.2.3.1. Matériel de carbonisation des résidus agroindustriels**

Le matériel de carbonisation est constitué de :

- deux carbonisateurs artisanaux, ayant servi à carboniser la balle de riz et la sciure de bois ;
- un arrosoir contenant de l'eau, utilisée pour éteindre le feu et refroidir les substrats ;
- de pelles et de seaux, pour le ramassage des substrats ;
- de sacs, pour le transport et la conservation des substrats.

#### **2.2.3.2. Matériel de terrain**

Le matériel de terrain est constitué de :

- un appareil photographique, pour des prises de vue ;
- un GPS de marque GARMIN-ETrex 32X, pour relever les coordonnées géographiques (Figure 8 a) ;
- une tarière, pour échantillonner le sol ;
- des pioches et des pelles qui ont servi à ouvrir les fosses pédologiques ;
- un couteau de pédologue, ayant servi à apprécier la consistance et prélever des échantillons de sol ;
- un code Munsell, pour déterminer la couleur des horizons du sol (Figure 8 b) ;

- une règle graduée de 200 cm de longueur, qui a servi à mesurer la hauteur des plants de maïs et d'aubergine ;
- un pied à coulisse, pour mesurer les diamètres au collet des plants de maïs et d'aubergine (Figure 8 c) ;
- une balance électronique, ayant servi à peser les produits récoltés (Figure 8 d) ;
- un triangle textural, pour déterminer la texture du sol.



Figure 8 : Matériel technique d'étude du sol sur le terrain : GPS (a), Code munsell (b), pied à coulisse (c) et balance électronique (d)

### 2.2.3.3. Matériel de laboratoire

Le matériel de laboratoire est constitué d'une étuve, des réactifs, d'un agitateur rotatif-vibratile (Figure 9 a), d'un agitateur aimanté, des tubes à essais, d'une broyeuse, d'une spectrométrie d'absorption atomique (SAA) à flamme air-acétylène, de marque Varian et de type AA20 (Figure 9 b), un triangle textural, des balances de pesée (Figure 9 c), d'un distillateur (Figure 9 d) et des tamis (Tableau I).

Tableau I : Matériel technique de laboratoire pour la mesure des paramètres physico-chimiques

Mesures	Matériel
pH	Electrode de verre, pH-mètre à électrode de type JENWAY 3520.
Granulométrie	Agitateur magnétique chauffant de marque Stuart, erlenmeyer de 500 ml, étuve, thermomètre, tamis de 200 $\mu\text{m}$ et 50 $\mu\text{m}$ de maille, verre de montre, capsules en verre et en porcelaine, agitateur rotatif, pissette, pipette de Robinson, chronomètre, siphon, allonges de sédimentation, bêcher 800 cc, balance électronique et triangle texturale.
Bases échangeables	Centrifugeuse, tubes de centrifugation de 45 ml, agitateur rotatif PTR-60, pots en plastique, creusets en porcelaine, ballon jaugé de 100 ml, four à moufle de marque Nabertherm, bain de sable, étuve, spectrophotomètre d'absorption atomique.
Phosphore assimilable	Agitateur magnétique chauffant de marque Stuart, ballon jaugé de 100 ml, tubes de centrifugation de 45 ml, agitateur rotatif PTR-60, centrifugeuse, pots en plastique, entonnoirs, spectrophotomètre UV visible double faisceau iC6850.
N total et CEC	Erlenmeyer de 250 ml, matras type Kjeldhal, pierre ponce, digesteur minéralisateur type Kjeldahl-DK20, distillateur de Kjeldahl de marque UDK 129 VELP SCIENTIFICA, burette à zéro automatique.
Carbone total	Agitateur magnétique chauffant de marque Stuart, béchers 500 ml, burette à zéro automatique.
Mg, Cu et Zn	Spectromètre à absorption atomique.



Figure 9 : Quelques appareils de laboratoire : Agitateur rotatif-vibratile (a), Spectrophotomètre d'absorption atomique (b), Balance de pesée (c) et distillateur (d)

## 2.3. Méthodes

### 2.3.1. Préparation des résidus agroindustriels

Les résidus agroindustriels (balle de riz et sciure de bois) ont été carbonisés en trois étapes essentielles, selon la méthode de la combustion à l'étouffé (Soro *et al.*, 2021), qui sont :

✓ **Étape 1 : Mise en flamme des résidus agroindustriels**

Cette étape a consisté, dans un premier temps, à constituer un tas de la matière à carboniser, dont la taille varie en fonction de la matière. Dans un second temps, un brûleur (brindilles de bois) a été aménagé au sommet du tas pour y mettre du feu (Figure 10 a).

✓ **Étape 2 : Combustion**

Le feu a été recouvert avec le carboniseur et la matière à carboniser a été entassée autour de celui-ci. La durée de cette étape est fonction du type et de la taille du tas des résidus (Figure 10 b).

✓ **Étape 3 : Refroidissement**

En fin de combustion, le feu a été éteint avec de l'eau et la matière carbonisée a été laissée se refroidir, à l'air libre, 20 à 30 mn avant de la mettre dans des sacs (Figure 10 c).



Figure 10 : Etapes de carbonisation des résidus agroindustriels : Mise en flammes (a), Combustion (b) et Refroidissement (c)

## **2.3.2. Caractérisation des sols du site et des résidus agroindustriels**

### **2.3.2.1. Caractérisation des sols**

#### **2.3.2.1.1. Caractérisation morphologique**

Trois fosses pédologiques d'une profondeur de 130 centimètres, d'une longueur de 150 centimètres et d'une largeur de 100 centimètres chacune, ont été ouvertes sur la parcelle expérimentale (Hénin *et al.*, 1969). Elles étaient installées en haut de versant, à mi- versant et en bas de versant.

Le profil a été décrit selon les critères suivants : l'épaisseur des horizons, la profondeur, la consistance, la limite, la transition, l'humidité, la matière organique, l'activité biologique, l'enracinement, la couleur, la présence de l'hydromorphie, la présence d'éléments grossiers, la texture et la structure.

#### **2.3.2.1.2. Caractérisation physico-chimique**

Avant d'incorporer les matières carbonisées dans le sol et après les récoltes du maïs et de l'aubergine, des échantillons de sol ont été prélevés et analysés au laboratoire des végétaux et des sols (LAVESO) de l'Institut National Polytechnique Houphouët Boigny (INPHB) de Yamoussoukro.

Le premier échantillonnage des sols a été effectué dans les trois fosses ouvertes. Après chaque cycle de culture, un autre échantillonnage a été effectué à l'aide d'une tarière, en fonction des traitements. Tous ces échantillonnages ont été effectués dans les 30 premiers centimètres du sol. Pour chaque échantillonnage, dix prises de terre ont été mélangées pour obtenir un échantillon composite. Ces échantillons composites prélevés ont été mis dans des sachets plastiques (environ 1 kg de terre par sachet). Ils ont été ensuite séchés à l'air ambiant sous abri, jusqu'à un poids constant (pendant 48 h). Les analyses ont concerné les propriétés physico-chimiques suivantes :

#### **➤ Granulométrie du sol**

L'analyse granulométrique du sol a été déterminée à l'aide de la méthode de fractionnement par voie humide de Robinson (Baize, 2000). Cette méthode consiste à séparer les particules de sol en fonction de leurs dimensions. Elle permet de connaître sous une forme pondérale la répartition des particules minérales de moins de 2 mm de diamètre selon différentes classes texturales, afin de déterminer la texture du sol.

➤ **pH**

Le  $pH_{\text{eau}}$  a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre électronique selon un rapport sol/eau distillée de 1 : 2,5 après agitation de la suspension (Yao *et al.*, 2015). La méthode consiste à mettre dans un bécher propre et secs, 20 g d'échantillon de sol tamisé plus 50 ml d'eau distillée. La solution obtenue a été homogénéisée manuellement pendant quelques secondes. Une fois homogénéisée la solution a été laissée au repos pendant 30 mn. La lecture a été faite à l'aide du pH-mètre.

➤ **Azote total**

Le dosage de l'azote total a été réalisé selon la méthode Kjeldahl (IITA, 1981). Le principe consiste à minéraliser l'azote organique par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur. L'ammoniac est déplacé en milieu basique lors de la distillation puis recueilli dans l'acide sulfurique.

➤ **Carbone total et matière organique**

La teneur en carbone total a été déterminée par la méthode de Walkley & Black (1934). Le principe consiste à oxyder la matière organique par le bichromate de potassium et l'acide sulfurique concentré. L'excès de bichromate de potassium est dosé par le sel de Mohr. La teneur en matière organique (MO) du sol a été obtenue à l'aide de la formule 1 :

$$\text{MO (\%)} = \text{C (\%)} \times 1,724 \quad (1)$$

Avec : MO (%) : Taux de matière organique ; C (%) : Taux de carbone organique

➤ **Oligoéléments (manganèse, cuivre, zinc, fer)**

Le principe consiste à mettre dans des godets, contenant un échantillon de sol de 2,5 g, 25 ml d'une solution d'acétate d'ammonium et d'EDTH. Les godets sont ensuite agités pendant 2 heures à l'aide d'un agitateur de rotation et de vibration puis placés dans une centrifugeuse pendant 4 mn. Enfin, l'extrait de sol est filtré et conservé dans des bocaux. La lecture est faite à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique.

➤ **Phosphore assimilable**

Le dosage du phosphore assimilable a été fait selon la méthode de Mehlich-3 (Mehlich, 1984). Cette méthode consiste à mettre dans un godet, contenant 0,5 g d'échantillon de sol, 25 ml de carbonate d'hydrogène de sodium. Ensuite, le godet est agité pendant 1 heure à l'aide d'un agitateur de rotation et de vibration puis envoyé à une centrifugeuse pendant 4 mn. Enfin, la

solution centrifugée est transvasée dans des bocaux et on y ajoute 1,5 ml d'acide sulfurique au blanc (Témoin) contre 0,75 ml pour les échantillons de sol.

➤ **Détermination de la teneur en cations échangeables et de la capacité d'échange cationique**

Les teneurs en calcium, magnésium, potassium et sodium ont été déterminées par spectrométrie d'absorption atomique (SAA) à flamme air-acétylène. La capacité d'échange cationique (CEC) est la quantité de cations saturants fixés par le sol dans un milieu tamponné à pH 7. Elle est déterminée par la méthode Metson, décrite dans la norme NF X31-130 (Anonyme 2, 1999).

**2.3.2.2. Caractérisation des résidus agroindustriels**

Des échantillons de balle de riz et de sciure de bois carbonisées ainsi que de la litière de poulet ont, également, été prélevés et analysés au laboratoire des végétaux et des sols (LAVESO) de l'Institut National Polytechnique Houphouët Boigny (INPHB) de Yamoussoukro. Tous les traitements ont été échantillonnés. Les échantillons prélevés (environ 0,5 kg) ont été mis dans des sachets plastiques. Les analyses ont concerné la capacité de rétention en eau, les taux de matière organique, d'azote total, de phosphore assimilable, de potassium, de manganèse, de cuivre, de zinc et de fer.

➤ **Capacité de rétention en eau**

La capacité de rétention en eau du sol est déterminée par la formule 2.

$$\text{CRE (\%)} = \frac{\text{Pt (g)} - \text{Ps (g)}}{\text{Vt}} \quad (2)$$

Avec : Pt : Poids de l'ensemble récipient et échantillon après ressuyage ; Ps : Poids de l'ensemble récipient et échantillon sec ; Vt : Volume total du récipient

➤ **Matière organique**

La teneur en matière organique est déterminée par la perte en masse lors de la calcination à 480 °C durant 6 heures de l'échantillon d'humidité résiduelle connue.

➤ **Azote total**

La teneur en azote total a été déterminée par la méthode de Kjeldahl (IITA, 1981).

➤ **Phosphore assimilable**

Le dosage du phosphore assimilable a été fait selon la méthode de Olsen modifiée (Pétard, 1993).

➤ **Potassium**

La teneur en potassium a été déterminée par spectrométrie d'absorption atomique (SAA) à flamme air-acétylène.

➤ **Oligoéléments (manganèse, cuivre, zinc, fer)**

Les oligoéléments (manganèse, cuivre, zinc, fer) ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique.

### 2.3.3. Constitution des traitements

Sept traitements à base de résidus agroindustriels carbonisés ont été constitués afin de tester leur effet sur le sol et la productivité du maïs et de l'aubergine. L'effet de l'apport complémentaire de litière a été évalué pour chaque traitement formant ainsi 14 traitements distincts comparés au sol sans fertilisant et au sol amendé à la litière de poulet. Ainsi, 16 traitements ont été obtenus dont 10 composites (balle de riz-sciure de bois) (Tableau II).

Tableau II : Substrats et composition des traitements

Traitements	Proportions et doses des résidus		
	Balle de riz carbonisée (%)	Sciure de bois carbonisée (%)	Litière de poulet (t ha <sup>-1</sup> )
B100	0	100	0
B75	25	75	0
B67	33	67	0
RB50	50	50	0
R67	67	33	0
R75	75	25	0
R100	100	0	0
BF100	0	100	3
BF75	25	75	3
BF67	33	67	3
RBF50	50	50	3
RF67	67	33	3
RF75	75	25	3
RF100	100	0	3
SOLF	0	0	10
Sol	0	0	0

B : Sciure de bois carbonisée ; F : Litière de poulet ; R : Balle de riz carbonisée ; Sol : Sol non amendé.

### 2.3.4. Préparation du site et application des fertilisants organiques

La préparation du site a consisté, dans un premier temps, à nettoyer la parcelle à l'aide de machette. Le sol a été labouré et ameubli à la daba afin d'affiner le lit de semence. Ensuite, les fertilisants ont été enfouis au sol (fumure de fond), 2 semaines avant la mise en place des cultures, selon le dispositif expérimental à une dose unique de  $10 \text{ t ha}^{-1}$ .

### 2.3.5. Dispositif expérimental

Un dispositif en blocs de Fisher complètement randomisés à trois répétitions, espacées de 1,5 m, a été utilisé pour les cultures de maïs et d'aubergine (Figure 11). Chaque bloc est constitué de 16 parcelles élémentaires espacées de 1 m.

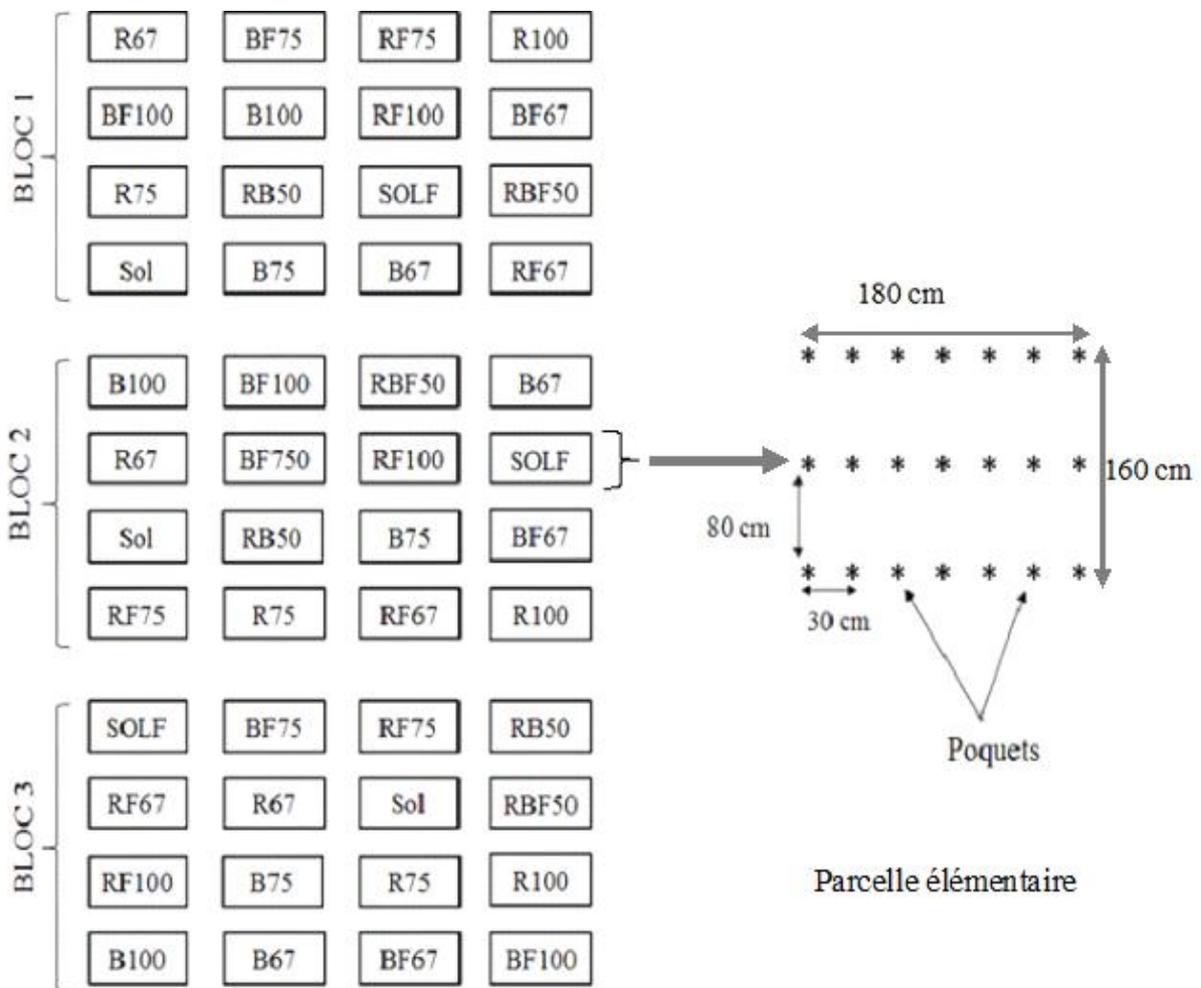


Figure 11 : Schéma du dispositif expérimental pour la culture de maïs et de l'aubergine

## **2.3.6. Itinéraires techniques**

### **2.3.6.1. Culture de maïs**

#### **2.3.6.1.1. Semis**

Trois semaines après l'amendement du sol, 3 graines de maïs ont été semées par poquet, avec une densité de 4,16 poquets par m<sup>2</sup> (41 666 poquets par hectare) pour les deux cycles de culture. Un démariage à 2 plants par poquet a été réalisé au stade 4 feuilles (Yapi & De, 2017).

#### **2.3.6.1.2. Entretien**

Des sarclages de la parcelle ont été régulièrement faits. Aussi, l'engrais de formule 15 15 15 a été appliqué à la dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> (dose commerciale) au stade de 8 feuilles sur toutes les parcelles élémentaires. L'application de l'engrais a été faite par poquet.

### **2.3.6.2. Culture d'aubergine**

#### **2.3.6.2.1. Pépinière**

Les graines d'aubergine ont été semées dans des plaques alvéolées remplies de sol préalablement traité avec un insecticide-nématicide (CAPSIDOR 3GR). Une graine a été semée dans chaque alvéole à une profondeur de 1 à 2 cm. Les plaques ensemencées ont été disposées sous une ombrière. La pépinière a été arrosée, matin et soir, avec de l'eau, à l'aide d'un arrosoir de 15 litres. Aucun apport de fertilisants minéraux ou organiques n'a été effectué sur les plants.

#### **2.3.6.2.2. Transplantation au champ**

Quarante-cinq jours après le semis, les plants les plus vigoureux ont été retirés des alvéoles et repiqués dans les parcelles de l'essai à une densité de 4,16 plants par m<sup>2</sup> (41 666 plants par hectare). Les plants ont été abondamment arrosés pour faciliter leur retrait des alvéoles (Alla *et al.*, 2018 ; Edbo, 2021).

#### **2.3.6.2.3. Entretien**

Des sarclages manuels de la parcelle ont été faits. Aussi, 22 jours après repiquage, l'engrais minéral granulé (winner) de formule 15 9 20 + 3,8 S + 1,8 MgO + 0,015 B + 0,02 Mn + 0,02 Zn, a-t-il été apporté à la dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> (dose commerciale). L'application de cet engrais a été faite dans des poquets à 5 cm du plant.

### 2.3.7. Paramètres mesurés

#### 2.3.7.1. Mesure des paramètres agronomiques du maïs

Les paramètres de germination, de croissance, de développement et de productivité ont été déterminés au cours des deux cycles de culture. Ainsi, dans chaque parcelle élémentaire, des mesures ont été faites sur 12 plants sains choisis au hasard à raison de 4 plants par ligne.

##### 2.3.7.1.1. Taux de levée

Le taux de levée a été déterminé en dénombrant les plantules ayant émergé 7 jours après semis (jas). Il a été obtenu en utilisant la formule suivante (Nyembo *et al.*, 2012) :

$$\text{Taux de levée (\%)} = 100 \times \frac{\text{NP}}{\text{NTGS}} \quad (3)$$

Avec : NP : Nombre de plantules levées ; NTGS : Nombre total de graines semées.

##### 2.3.7.1.2. Hauteur totale et hauteur d'insertion de l'épi

La hauteur totale des plants (cm) a été mesurée avec un mètre ruban, du sol au point d'insertion de la fleur mâle. De même, la hauteur d'insertion de l'épi a été obtenue en mesurant la longueur du plant entre le sol et le point d'insertion de l'épi supérieur. Ces paramètres ont été déterminés 50 jas.

##### 2.3.7.1.3. Diamètre au collet des plants

Le diamètre du plant (mm) a été mesuré au collet avec un pied à coulisse, 50 jas (Yao *et al.*, 2005).

##### 2.3.7.1.4. Nombre de racines et biomasse sèche

Le nombre de racines a été déterminé par comptage alors que la biomasse sèche totale a été obtenue à l'aide d'une balance électronique, 50 jas. Pour évaluer ces paramètres, 5 plants ont été délicatement déracinés, les racines ont été rincées avec de l'eau et essorées avec un papier buvard. Les racines ont été, ensuite, sectionnées au niveau du collet et comptées. Les racines fraîches ainsi que la partie aérienne fraîche ont été placées à l'étuve pour séchage à la température de 70°C pendant 72 heures. Après séchage, les masses des parties aérienne et

souterraine ont été déterminées à l'aide d'une balance électronique (Khaldoun *et al.*, 1990 ; Dib & Monneveux, 1992).

#### 2.3.7.1.5. Nombre d'épis

En fin de cycle (105 jas), les épis ont été récoltés et comptés en fonction des traitements.

#### 2.3.7.1.6. Nombres de rangées de graines et de graines

Après la récolte (105 jas), cinq (05) épis ont été choisis au hasard par traitement et dans chaque bloc. Pour chaque épi choisi, les nombres de rangées de graines et de graines ont été comptés.

#### 2.3.7.1.7. Masses et rendement

A la récolte (105 jas), le taux d'humidité des graines a été calculé pour chaque traitement après séchage à l'étuve pendant 48 heures à 70 °C (Khaldoun *et al.*, 1990). La masse des épis, la masse des 1000 graines et la masse totale des graines ont été déterminées à l'aide d'une balance. La masse des graines a servi à calculer le rendement (t ha<sup>-1</sup>) par parcelle élémentaire selon la formule ci-dessous :

$$\text{Rendement (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{m}{s} \times \frac{100-h}{100-H} \times 10 \quad (4)$$

Avec : m : Masse des graines récoltées (kg) ;  
 s : Superficie de la parcelle de récolte (m<sup>2</sup>) ;  
 H : Taux d'humidité de la graine sèche ;  
 h : Taux d'humidité à la récolte ;  
 10 : Facteur de conversion de kg m<sup>-2</sup> à t ha<sup>-1</sup>.

#### 2.3.7.2. Mesure des paramètres agronomiques de l'aubergine

Le taux de reprise après repiquage des plants, la hauteur totale du plant, le diamètre du plant, le nombre de racines, la masse de la biomasse sèche totale et le nombre, la masse et le diamètre des aubergines ainsi que le rendement ont été déterminés. La hauteur totale du plant, le diamètre du plant, le nombre de racines et la biomasse sèche totale ont été évalués à la mi-floraison des plants (50 jar). Quant au nombre, la masse et le diamètre des aubergines ainsi que le rendement, ils ont été déterminés à la récolte (à partir de 70 jar).

**2.3.7.2.1. Taux de reprise**

Le taux de reprise est le nombre de plants qui survivent après le repiquage. Ainsi, le nombre de plants d'aubergine ayant repris leur croissance, une semaine après le repiquage, a été compté, 7 jours après repiquage (jar). Le taux de reprise (%) des plants a été calculé comme suit :

$$TR = 100 \times \frac{NPV}{NTPR} \quad (5)$$

Avec : TR : Taux de reprise ;  
 NPV : Nombre de plants vivants ;  
 NTPR : Nombre total de plants repiqués.

**2.3.7.2.2. Hauteur totale des plants**

La hauteur totale du plant (cm) a été mesurée sur 12 plants par traitement, choisis au hasard, avec un mètre ruban, du sol à l'apex du plant.

**2.3.7.2.3. Diamètre au collet des plants**

Le diamètre (mm) du plant a été déterminé au collet avec un pied à coulisse sur 12 plants par traitement, choisis au hasard.

**2.3.7.2.4. Nombre de racines et biomasse sèche totale**

Cinq plants ont été choisis au hasard dont les racines ont été comptées et lavées à l'eau de robinet. Les plants ont ensuite été séchés à l'étuve à 70 °C pendant 72 heures. Enfin, les parties aériennes et souterraines ont été séparées et leurs masses ont été déterminées à l'aide d'une balance électronique.

**2.3.7.2.5. Nombre et diamètre des fruits**

Les récoltes des aubergines ont été faites une fois par semaine à partir de 70 jar. Tous les fruits ont été comptés et leurs diamètres déterminés à l'aide d'un pied à coulisse. La récolte a duré 67 jours.

### 2.3.7.2.6. Masse et rendement

A chaque récolte, la masse des fruits a été déterminée à l'aide d'une balance électronique. A la fin de la récolte, la masse totale des aubergines récoltées a permis de calculer le rendement total ( $t\ ha^{-1}$ ).

$$\text{Rendement (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{m}{s} \times 10 \quad (6)$$

Avec :

m : Masse des aubergines récoltées (kg) ;

s : Superficie ( $m^2$ ) ;

10 : Facteur de conversion de  $kg\ m^{-2}$  à  $t\ ha^{-1}$ .

### 2.3.8. Analyses statistiques des données

Les données collectées ont été saisies et codifiées avec le tableur Microsoft Excel, version 2016. Les graphiques ont été faits à l'aide de ce même logiciel. Les analyses statistiques ont été faites à l'aide du logiciel R 4.2.1. La normalité des distributions des données des traitements a été vérifiée par le test de Shapiro-Wilk et l'homogénéité des variances avec le test de Levene. Quand ces tests ont été vérifiés, une analyse de variance, permettant d'évaluer les effets des traitements sur les paramètres agromorphologiques et physico-chimiques du sol, a été effectuée. Sinon, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été réalisé. L'hypothèse d'égalité des moyennes a été évaluée au seuil de 5 %. En cas de rejet de cette dernière hypothèse, le test de comparaison multiple de Tukey (au seuil de 5 %) a permis de classer les moyennes en groupes homogènes. Une Analyse en Composantes Principales (ACP) des paramètres agromorphologiques et physico-chimiques du sol a été faite en vue de voir les relations qui existent entre les paramètres.

Le logiciel MapInfo 11 a été utilisé pour concevoir les différentes cartes.

### Conclusion partielle

Le matériel utilisé a permis d'adopter les méthodes indiquées pour obtenir des résultats. Des analyses statistiques ont été appliquées aux résultats, d'une part, pour déceler des différences entre les traitements et, d'autre part, pour mettre en évidence des corrélations entre les variables.

## **TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION**

## **Introduction partielle**

La troisième partie du mémoire présente l'ensemble des résultats obtenus au cours de l'étude ainsi que leur discussion. Elle aborde, d'abord, la caractérisation des sols à l'état initial et celle des résidus agroindustriels. Ensuite, elle présente les effets des traitements à base de balle de riz, de sciure de bois, de leur forme carbonisée ainsi que celui de la litière de poulet sur la croissance, le développement et la production du maïs et de l'aubergine. Enfin, les résultats présentés sont expliqués et discutés.

## **3.1. Résultats**

### **3.1.1. Caractéristiques initiales du sol**

#### **3.1.1.1. Caractéristiques morphologiques du sol**

##### **3.1.1.1.1. Profil de sol de haut de versant**

Le profil de sol de haut de versant présente 4 horizons (Figure 12 a). Profond de 130 cm, ce sol présente une structure polyédrique subangulaire et une texture sablo-limoneuse à sablo-argileuse dans les horizons superficiels et argilo-sableuse dans l'horizon de profondeur. Les limites sont régulières avec des transitions graduelles. Le premier horizon (horizon A11), avec une épaisseur de 5 à 9 cm, est brun grisâtre foncé (10YR4/2), poreux, meuble et frais. De nombreuses racines millimétriques à centimétriques sont observées dans cet horizon dépourvu d'éléments grossiers. L'horizon sous-jacent (horizon A12), épais de 6 à 8 cm, est brun (10YR 4/3), frais, peu poreux et peu compact. Dans cet horizon, les racines millimétriques et centimétriques sont abondantes mais la proportion en éléments grossiers est nulle. L'horizon en dessous, horizon A13, avec une épaisseur de 24 à 25 cm, est brun pâle (10YR 6/3) avec une teneur en matière organique très faible (imprégnation) et une présence de quelques racines centimétriques. C'est un horizon frais, peu poreux et peu compact avec environ 1 % d'éléments grossiers. L'horizon de profondeur, de type B, est compact, peu poreux, frais et épais, de couleur jaune brunâtre (10YR 6/6). Dépourvu de matière organique, il présente des taches d'hydromorphie de couleur jaunâtre (10YR 7/8) avec un taux d'éléments grossiers d'environ 15%. Le profil de sol de haut de versant révèle un Endo-Gleyic Ferralsol de type sablo-limoneux.

### 3.1.1.1.2. Profil de sol de mi- versant

Le profil de sol de mi-versant présente 4 horizons (Figure 12 b). Les trois horizons superficiels sont sablo-limoneux, en dessous, l'horizon est argilo-sableux. Le sol est presque dépourvu d'éléments grossiers, 2 à 7 % dans les deux horizons de profondeur, mais possédant une structure polyédrique subangulaire. Les limites entre les horizons sont irrégulières et les transitions sont graduelles. Le premier horizon, de type A11, a une épaisseur de 5 à 14 cm et une couleur brun-grisâtre-foncée (10YR 4/2), présageant la matière organique et une abondance de racines millimétriques. C'est un horizon très poreux, meuble et frais, ne possédant aucune tache d'hydromorphie. Le second horizon, horizon A12, est poreux, meuble, frais et dépourvu de taches d'hydromorphie. Cet horizon brun brunâtre (10YR 5/2) est riche en matière organique et en racines de taille millimétrique. L'horizon sous-jacent (Horizon A13), d'une épaisseur de 17 à 25 cm, est brun pâle (10YR 6/3), poreux, meuble et frais mais peu fourni en matière organique (imprégnation de matière organique). Dans cet horizon, le taux des éléments grossiers est de 2 % avec quelques racines centimétriques observées. L'horizon de profondeur, de type B, est caractérisé par une couleur jaunâtre (10YR 7/6), des taches d'hydromorphie jaunâtre (10YR 7/8) et une imprégnation de matière organique. Il est épais de 86 à 100 cm, poreux, frais et peu compact. Quelques racines centimétriques sont notées dans cet horizon avec un taux des éléments grossiers varie de 5 % à 7 %. Le sol de ce profil est un Endo-Gleyic Ferralsol de type sablo-limoneux.

### 3.1.1.1.3. Profil de sol de bas de versant

Le profil du bas de versant présente trois (03) horizons (Figure 12 c). Ces trois horizons sont sableux avec une structure particulière. Le sol est presque dépourvu de taches d'hydromorphie et d'éléments grossiers, 1 % dans l'horizon de profondeur. Les limites entre les horizons sont irrégulières et les transitions sont graduelles. Le premier horizon, de type A11, a une épaisseur de 5 à 10 cm et est gris foncé (10YR 4/1). Cet horizon possède de la matière organique et des racines millimétriques. Il est poreux et meuble. Le second horizon, horizon A12, épais de 13 à 15 cm (5/10-18/25 cm) est poreux, meuble et présente une couleur grise marron claire (10YR 6/2). Cet horizon est caractérisé par une imprégnation de matière organique et parcouru par quelques rares racines. L'horizon de profondeur, de type B, est plus compact et moins poreux que les deux premiers horizons du profil. Il est épais (18/25-130 cm), gris claire (10YR 7/2) et presque dépourvu de matière organique et de racines. Ce profil caractérise un Arenosol de type sableux.

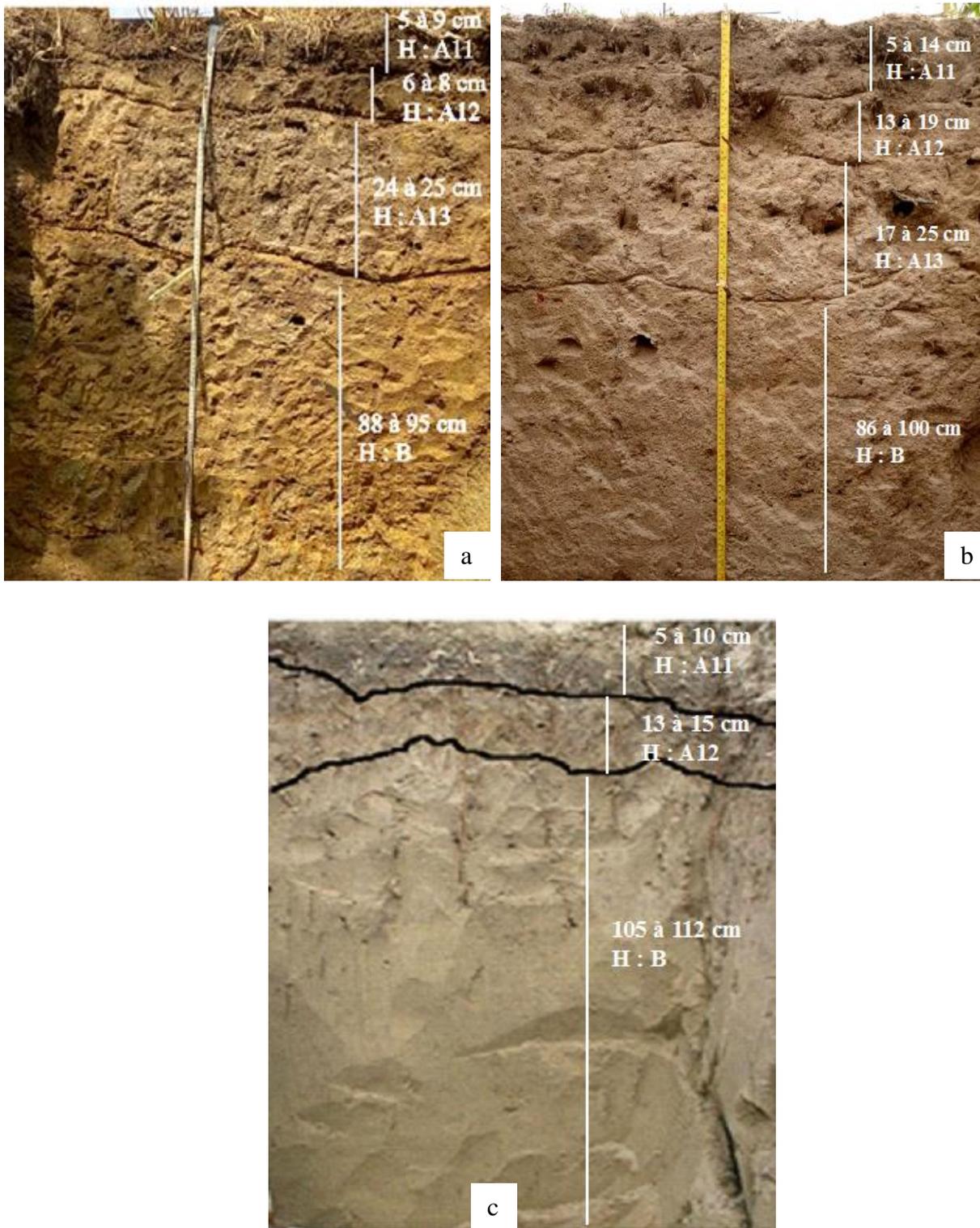


Figure 12 : Profils des sols du site d'étude : Haut de versant (a), Mi- versant (b) et Bas de versant (c)

### 3.1.1.2. Caractéristiques physiques et chimiques des sols

#### 3.1.1.2.1. Granulométrie

Les proportions de sables, de limons et d'argile des sols décrits sont consignées dans le tableau III. La projection de ces proportions dans le triangle de texture a révélé que les sols de haut de versant et de mi- versant ont une texture limono-sableuse. Quant au sol de bas de versant, il a une texture sablo-limoneuse (Figure 13). Les proportions d'argile sont globalement inférieures à 15 %. Le sol de bas de versant est pauvre en argile avec 5,5 %, tandis que le sol de mi- versant a enregistré la plus forte proportion avec 14 %.

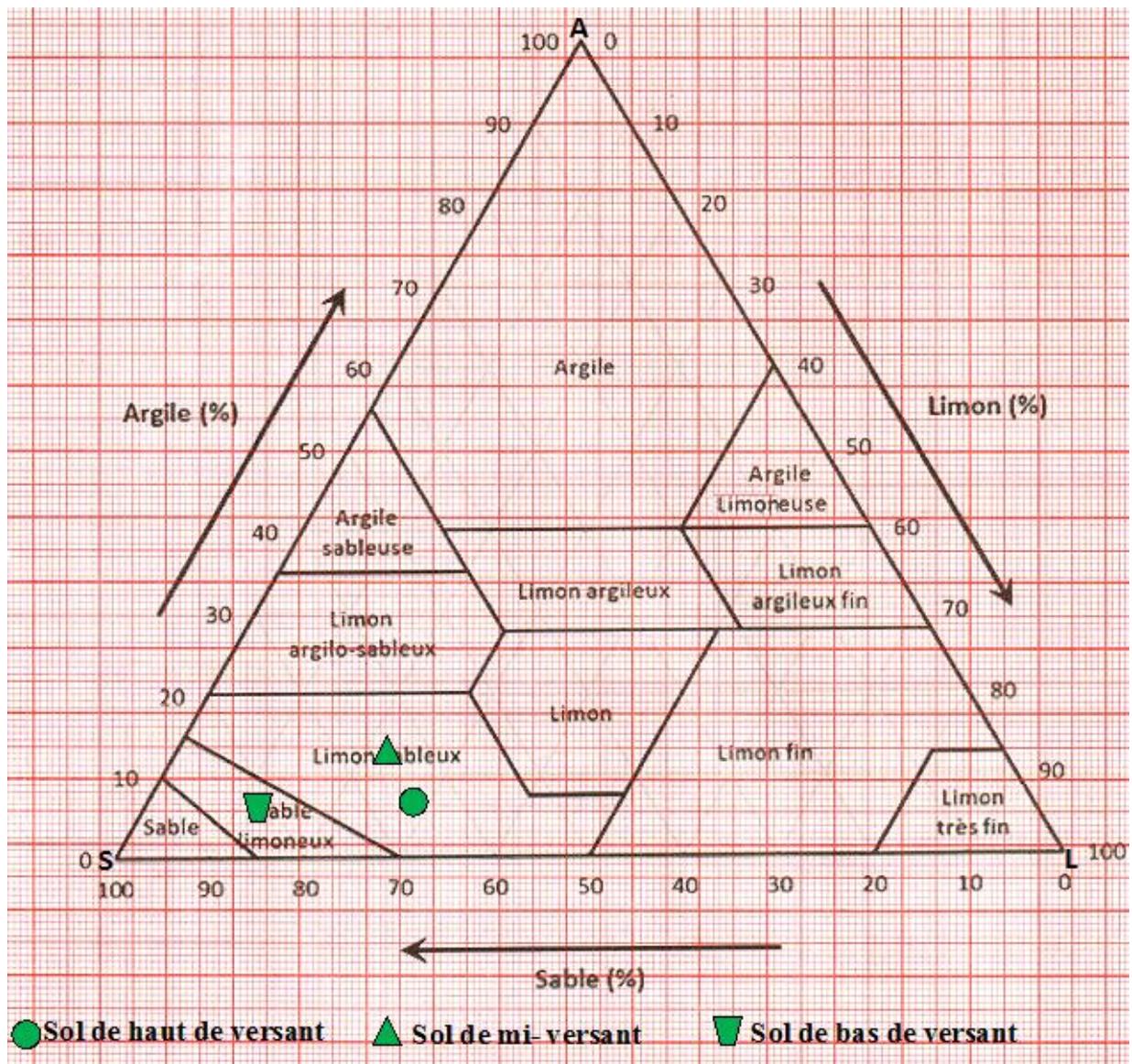


Figure 13 : Textures des sols du site d'étude selon la toposéquence

### 3.1.1.2.2. Caractéristiques chimiques

Le tableau III présente les caractéristiques chimiques des sols. Les taux moyens de carbone organique (0,96 %) et de l'azote (0,07 %) des sols sont inférieurs, respectivement, à 1,5 % et 1,6 %. Par ailleurs, le taux de matière organique du sol varie de 1,68 à 1,71 %, valeurs inférieures à 3 %. Toutefois, le rapport carbone-azote de 15, est identique pour ces sols.

Le pH, acide, varie peu dans ces sols avec 6,2 en haut de versant, 5,6 en mi-versant et 5,5 en bas de versant. Toutefois, le taux de phosphore des sols de mi et bas de versant est identique (60 mg kg<sup>-1</sup>) contre 123 mg kg<sup>-1</sup> en haut de versant. La capacité d'échange de cations (CEC) est inférieure à 5 cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>, toutefois, celle des sols de haut de versant (4,96 cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>) est plus élevées que celles des sols de bas de versant (4,32 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) et de mi de versant (4 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>). La somme de bases échangeables est inférieure à 2 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, évolue dans le même ordre pour les trois positions. Le taux de saturation variant entre 32 et 36 % est bas pour ces sols

Tableau III : Caractéristiques physico-chimiques du sol avant essais.

Paramètres	Sol de haut de versant	Sol de mi-versant	Sol de bas de versant	Seuils (Ballot <i>et al.</i> , 2016)
Argile (%)	9	14	5,5	
Limon (%)	25,9	20	11,6	
Sable (%)	63,42	64,32	81,9	
pH eau	6,2	5,6	5,5	5,5 - 6
P.ass (mg kg <sup>-1</sup> )	123	60	60	50 - 100
Carbone (%)	0,98	0,98	0,99	1,6 - 2,5
Azote totale (%)	0,07	0,07	0,07	1,2 - 2,2
Matière Organique (%)	1,68	1,68	1,71	3,6 - 6,5
C/Nt	15	15	15	11 - 15
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,913	0,728	0,955	5 - 8
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,586	0,365	0,416	1,5 - 3
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,121	0,096	0,096	0,15 - 0,40
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,097	0,102	0,1	0,3 - 0,7
CEC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	4,96	4	4,32	10 - 20
S (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,717	1,291	1,567	5 - 10
V (%)	34,62	32,28	36,27	40 - 60

Ca<sup>2+</sup> : Ion calcium ; CEC : Capacité d'échange cationique ; C/N : Rapport carbone-azote totale ; K<sup>+</sup> : Ion potassium ; Mg<sup>2+</sup> : Ion magnésium ; Na<sup>+</sup> : Ion sodium ; pH : Potentiel hydrogène ; P.ass : Phosphore assimilable ; S : Somme des bases échangeables ; V : Taux de saturation.

### 3.1.2. Potentiel fertilisant des résidus agroindustriels

Le tableau IV présente les caractéristiques chimiques des résidus agroindustriels utilisés ainsi que celles des traitements qui en sont issus.

### **3.1.2.1. Capacité de rétention en eau**

La capacité de rétention en eau (CRE) des résidus agroindustriels a été plus élevée pour la sciure de bois carbonisée (46,76 %) et de 30,29 % et 26,91 % respectivement pour la litière et la balle de riz carbonisée. Les traitements composites à dominante de sciure de bois carbonisée ont présenté des CRE supérieures à 40 % tandis que celles des composites majoritairement riches en balle de riz carbonisée sont restées inférieures à 40 % (Tableau IV).

### **3.1.2.2. Taux de matière organique**

Le taux de matière organique (MO) de la sciure de bois carbonisée (B100) est le plus élevé à 80,43 % ms tandis que celui de la balle de riz carbonisée (R100) est le plus faible (46,28 % ms). La litière a présenté un taux de 52,10 % ms. La teneur en MO est de plus en plus importante avec la teneur en sciure de bois dans le composite (Tableau IV). Par contre, l'augmentation de la proportion de balle de riz carbonisée réduit la teneur en MO dans le traitement composite. La combinaison de la sciure de bois carbonisée et de la litière a donné des teneurs en MO compris entre 53,91 % ms (BF75) et 76,35 % ms (BF67)

### **3.1.2.3. Teneurs en macroéléments**

Les traitements composites constitués uniquement de sciure de bois et de balle de riz ont présenté des teneurs en azote inférieures à 0,3 % ms, à l'exception des traitements B75 et R67 avec des teneurs respectives de 0,84 et 0,70 % ms. Le taux d'azote est plus important avec l'ajout de litière de poulet (1,26 % ms). Le taux de phosphore a quant à lui été globalement faible variant entre 0,17 (RF75) et 1,16 % ms (RF67). Les résidus agroindustriels sont plus pourvus en potassium avec 6,35 % ms dans la balle de riz carbonisée (R100) et 5,26 % ms pour la sciure de bois carbonisée, supérieure à celle de la litière (3,195 % ms). La combinaison avec la balle de riz a permis d'obtenir le taux de potassium le plus élevé à 8,1 % dans le traitement RF75. En l'absence de litière, le taux de potassium augmente avec la proportion de résidus agroindustriel (Tableau IV).

### **3.1.2.4. Teneurs en oligo-éléments**

La balle de riz et la sciure de bois carbonisées sont plus riches en oligoéléments que la litière qui ne contient pas de cuivre par ailleurs. Toutefois, le cuivre, le fer et le zinc sont plus abondants dans la balle de riz carbonisée que dans la sciure de bois carbonisée. Les plus fortes

teneurs en cuivre et en manganèse sont enregistrées dans le traitement RF67 alors que les traitements RB50 et R67 sont plus riches en fer et en zinc (Tableau IV).

Tableau IV : Caractéristiques physiques et chimiques des combinaisons de résidus agroindustriels carbonisés et la litière

Traitements	CRE (%)	MO (% ms)	Macroéléments (% ms)			Oligoéléments (mg kg <sup>-1</sup> )			
			N	P	K	Cu	Fe	Mn	Zn
B100	46,76	80,43	0,28	0,21	5,261	2,18	6,85	8,05	6,85
B75	41,4	71,2	0,84	0,24	3,521	1,69	8,25	6,26	7,04
B67	40,74	70,08	0,22	0,22	2,869	1,74	7,15	6,37	6,83
RB50	39,55	68,02	0,14	0,25	4,608	1,03	10,95	6,39	7,24
R67	33,9	58,32	0,7	0,24	3,304	1,89	8,7	6,19	7,31
R75	33,13	56,98	0,14	0,23	4,5	2,23	8,68	6,1	7,21
R100	26,91	46,28	0,28	0,22	6,348	3,34	9,39	6,28	7,04
BF100	40,77	70,12	1,01	0,21	5,695	3,58	9,33	8,05	6,9
BF75	31,35	53,91	0,84	0,21	4,608	3,41	8,36	8,05	6,81
BF67	44,39	76,35	0,56	0,24	5,261	0,42	7,69	6,37	7,08
RF67	39,69	68,27	0,56	1,16	5,26	4,9	6,96	8,46	6,93
RF75	36,16	62,2	0,98	0,17	8,087	4,02	9,57	8,12	6,81
RF100	29,13	50,11	0,84	0,42	5,152	4,86	10,3	8,31	6,96
Litière	30,29	52,1	1,26	0,24	3,195	0	6,21	6,05	6,62

B : Sciure de bois carbonisée ; CRE : Capacité de rétention en eau ; F : Litière de poulet ; MO : Matière organique ; R : Balle de riz carbonisée ; ms : Matière sèche.

### 3.1.3. Effets des traitements sur les paramètres agromorphologiques du maïs

#### 3.1.3.1. Paramètres de croissance et de développement

##### 3.1.3.1.1 Taux de germination

Aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été observée entre les traitements avec ou sans litière pour le taux de germination du maïs au cours des deux cycles. Pour les traitements sans litière, le taux de germination a varié de  $88,89 \pm 19,2$  (B67) à  $100 \pm 0,1$  % (R75) pour le cycle 1 et de  $95,24 \pm 4,6$  (R67, R75, R100) à  $100 \pm 1$  % (B100), au cycle 2 (Tableau V).

En présence de la litière, le taux de germination a globalement varié de  $95,24 \pm 4,7$  (BF75) à  $100 \pm 0,0$  % (RF75, RF100, SOLF) au cycle 1 et de  $82,54 \pm 18$  (BF67) à  $98,41 \pm 1,4$  % (RF67) au cycle 2 (Tableau VI).

### 3.1.3.1.2. Hauteur du plant

Au cours des deux cycles de cultures, la hauteur du plant n'a révélé aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements avec ou sans litière de poulet. En absence de litière de poulet, elle a varié de  $181,47 \pm 8,2$  (B100) à  $211,17 \pm 11,2$  cm (B67) au cycle 1 et de  $191,47 \pm 10$  (B100) à  $221,17 \pm 13$  cm (B67) au cycle 2 (Tableau V) ; alors qu'en présence de litière de poulet, elle a été comprise entre  $191,36 \pm 19,5$  (BF100) et  $231,47 \pm 9,1$  cm (SOLF) au cycle 1 puis  $200,44 \pm 17$  (BF100) et  $238,47 \pm 11,1$  cm au cycle 2 (Tableau VI).

### 3.1.3.1.3. Diamètre du plant

Le diamètre au collet du plant n'a présenté aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements sans litière de poulet au cours des deux cycles de culture. Il a varié de  $13,71 \pm 1,4$  (B100) à  $15,78 \pm 1,72$  mm (R100) au cycle 1 et de  $14,75 \pm 1,2$  (B100) à  $16,74 \pm 3,65$  mm (R67) au cycle 2 pour les traitements sans litière (Tableau V).

Avec l'ajout de la litière poulet, une différence significative ( $P = 0,02$ ) et très hautement significative ( $P = 0,001$ ) a été observée entre les traitements, respectivement, au cycle 1 et au cycle 2. En effet, au cycle 1, le diamètre au collet a été compris entre  $15,71 \pm 3,92$  (RBF50) et  $21,24 \pm 1,8$  cm (SOLF) ; au cycle 2, il a varié de  $16,75 \pm 2,4$  (RBF50) à  $22,28 \pm 1,2$  cm (SOLF) (Tableau VI).

### 3.1.3.1.4. Hauteur d'insertion des épis

Au cours des deux cycles, la hauteur d'insertion des épis n'a révélé aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements avec ou sans litière. En absence de litière de poulet, la hauteur d'insertion a été comprise entre  $108,44 \pm 11,2$  (R67) et  $129,25 \pm 5,37$  cm (B100) au cycle 1 et  $80,53 \pm 7,28$  (R67) et  $91,94 \pm 13,8$  cm (B67) au cycle 2 (Tableau V).

En présence de litière de poulet, elle a varié de  $121,75 \pm 15,5$  (BF75) à  $149,28 \pm 15,5$  cm (SOLF) au cycle 1 et de  $84,83 \pm 8,21$  (BF100) à  $106,42 \pm 8,6$  cm (SOLF) au cycle 2 (Tableau VI).

Tableau V : Effet des traitements sans litière sur la germination, la hauteur, le diamètre des plants et la hauteur d'insertion des épis

Px	Cyc	Traitements								CV	P
		B100	B75	B67	RB50	R67	R75	R100	Sol		
Tx (%)	1 <sup>er</sup>	93,65±5,4 <sup>a</sup>	92,06±7,2 <sup>a</sup>	88,89±19,2 <sup>a</sup>	96,83±4,7 <sup>a</sup>	95,24±8,2 <sup>a</sup>	100±0,1 <sup>a</sup>	95,24±4,7 <sup>a</sup>	95,24±8,2 <sup>a</sup>	0,08	0,86 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	100±1 <sup>a</sup>	98,41±2,7 <sup>a</sup>	98,41±2,9 <sup>a</sup>	95,83±5,4 <sup>a</sup>	95,24±4,6 <sup>a</sup>	95,24±0 <sup>a</sup>	95,24±4,7 <sup>a</sup>	98,41±1,4 <sup>a</sup>	0,043	0,839 <sup>ns</sup>
Haut (cm)	1 <sup>er</sup>	181,47±8,2 <sup>a</sup>	195,56±19,2 <sup>a</sup>	211,17±11,2 <sup>a</sup>	206,5±14,2 <sup>a</sup>	190,33±15,7 <sup>a</sup>	185,28±13,4 <sup>a</sup>	197,47±25,5 <sup>a</sup>	198,03±16,2 <sup>a</sup>	0,08	0,37 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	191,47±10 <sup>a</sup>	205,56±24,4 <sup>a</sup>	221,17±13 <sup>a</sup>	216,5±13,1 <sup>a</sup>	200,33±18,5 <sup>a</sup>	195,28±15 <sup>a</sup>	209,25±28,4 <sup>a</sup>	208,03±14,8 <sup>a</sup>	0,073	0,229 <sup>ns</sup>
Diam (mm)	1 <sup>er</sup>	13,71±1,4 <sup>a</sup>	15,58±0,89 <sup>a</sup>	15,21±0,13 <sup>a</sup>	15,38±1,66 <sup>a</sup>	15,72±3,68 <sup>a</sup>	14,75±0,47 <sup>a</sup>	15,78±1,72 <sup>a</sup>	13,84±0,33 <sup>a</sup>	0,10	0,72 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	14,75±1,2 <sup>a</sup>	16,62±1,11 <sup>a</sup>	16,25±0,18 <sup>a</sup>	16,42±1,11 <sup>a</sup>	16,74±3,65 <sup>a</sup>	15,79±0,25 <sup>a</sup>	16,39±1,52 <sup>a</sup>	14,88±1,02 <sup>a</sup>	0,096	0,706 <sup>ns</sup>
Hip (cm)	1 <sup>er</sup>	129,25±5,37 <sup>a</sup>	124,94±11,8 <sup>a</sup>	127,56±10,7 <sup>a</sup>	126,28±2,63 <sup>a</sup>	108,44±11,2 <sup>a</sup>	120,72±12,8 <sup>a</sup>	127,19±11,34 <sup>a</sup>	125,61±11,8 <sup>a</sup>	0,08	0,23 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	81,92±14,2 <sup>a</sup>	84,06±18,2 <sup>a</sup>	91,94±13,8 <sup>a</sup>	89,61±11,18 <sup>a</sup>	80,53±7,28 <sup>a</sup>	80,97±8 <sup>a</sup>	87,67±15,9 <sup>a</sup>	84,61±9,51 <sup>a</sup>	0,112	0,849 <sup>ns</sup>

Les moyennes de la colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; Cyc : Cycle ; Diam : Diamètre ; Haut : Hauteur ; Hip : Hauteur d'insertion des épis ; Px : Paramètre ; R : Balle de riz carbonisée ; Tx : Taux de germination.

Tableau VI : Effet des traitements avec litière sur la levée, la hauteur, le diamètre des plants et la hauteur d'insertion des épis

Px	Cyc	Traitements								CV	P
		BF100	BF75	BF67	RBF50	RF67	RF75	RF100	SOLF		
Tx (%)	1 <sup>er</sup>	96,83±5,4 <sup>a</sup>	95,24±4,7 <sup>a</sup>	96,83±2,8 <sup>a</sup>	100±0,0 <sup>a</sup>	96,83±2,7 <sup>a</sup>	100±0,0 <sup>a</sup>	100±0,0 <sup>a</sup>	100±0,0 <sup>a</sup>	0,042	0,705 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	90,47±1 <sup>a</sup>	88,89±11,9 <sup>a</sup>	82,54±18 <sup>a</sup>	92,07±5,4 <sup>a</sup>	98,41±1,4 <sup>a</sup>	95,24±1,6 <sup>a</sup>	93,65±1,5 <sup>a</sup>	95,24±4,7 <sup>a</sup>	0,072	0,064 <sup>ns</sup>
Haut (cm)	1 <sup>er</sup>	191,36±19,5 <sup>a</sup>	209,44±15 <sup>a</sup>	220,47±8 <sup>a</sup>	203,64±31,4 <sup>a</sup>	212,03±28,6 <sup>a</sup>	210,97±24,6 <sup>a</sup>	216,19±4,7 <sup>a</sup>	231,47±9,1 <sup>a</sup>	0,085	0,415 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	200,44±17 <sup>a</sup>	214,32±11,6 <sup>a</sup>	223,69±6,9 <sup>a</sup>	206,12±27,4 <sup>a</sup>	218,03±20,2 <sup>a</sup>	216±21 <sup>a</sup>	220,14±8,6 <sup>a</sup>	238,47±11,1 <sup>a</sup>	0,141	0,4 <sup>ns</sup>
Diam (mm)	1 <sup>er</sup>	15,80±0,4 <sup>b</sup>	17,98±2,9 <sup>ab</sup>	16,03±3,21 <sup>b</sup>	15,71±3,92 <sup>b</sup>	18,21±2,2 <sup>ab</sup>	18,34±2,2 <sup>ab</sup>	18,45±2,29 <sup>ab</sup>	21,24±1,8 <sup>a</sup>	0,146	0,02 <sup>*</sup>
	2 <sup>nd</sup>	16,84±1,2 <sup>b</sup>	19,02±2,9 <sup>ab</sup>	17,49±0,2 <sup>b</sup>	16,75±2,4 <sup>b</sup>	19,25±2,6 <sup>ab</sup>	19,38±1,7 <sup>ab</sup>	19,49±2 <sup>ab</sup>	22,28±1,2 <sup>a</sup>	0,130	0,001 <sup>***</sup>
Hip (cm)	1 <sup>er</sup>	123,69±17,4 <sup>a</sup>	121,75±15,5 <sup>a</sup>	124,14±8,3 <sup>a</sup>	127,69±10 <sup>a</sup>	125,89±17,43 <sup>a</sup>	134,33±13,67 <sup>a</sup>	130,11±11,6 <sup>a</sup>	149,28±15,5 <sup>a</sup>	0,087	0,142 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	84,83±8,21 <sup>a</sup>	95,58±4,2 <sup>a</sup>	97,69±9,37 <sup>a</sup>	85,31±17,8 <sup>a</sup>	97,22±18,02 <sup>a</sup>	100,86±10,17 <sup>a</sup>	96,58±4,25 <sup>a</sup>	106,42±8,6 <sup>a</sup>	0,110	0,073 <sup>ns</sup>

Les moyennes de la colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; Cyc : Cycle ; Diam : Diamètre ; F : Litière de poulet ; Haut : Hauteur ; Hip : Hauteur d'insertion des épis ; Px : Paramètre ; R : Balle de riz carbonisée ; Tx : Taux de germination.

### 3.1.3.1.5. Nombre de racines

Les tableaux VII et VIII présentent le nombre de racines par plant, respectivement, des traitements sans litière et avec litière.

Au cours des deux cycles de culture, le nombre de racines par plant n'a révélé aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements sans litière. En effet, le nombre moyen de racines a été compris entre  $21,33 \pm 4$  (B67) et  $26,67 \pm 5,23$  (B100) au cycle 1 puis  $22,78 \pm 6,2$  (B67) et  $32 \pm 5,13$  (Sol) au cycle 2.

En revanche, en présence de litière, des différences très hautement significative ( $P = 0,000$ ), au cycle 1, et hautement significative ( $P = 0,005$ ), au cycle 2, ont été observées entre les traitements. Au cours des deux cycles, le traitement SOLF a enregistré le plus grand nombre de racines par plant avec  $31,11 \pm 0,83$  et  $48,33 \pm 9,45$  racines respectivement au cycle 1 et 2 contre  $19,67 \pm 1,2$  et  $21,67 \pm 1,76$  racines respectivement, dénombrées chez le traitement BF100.

### 3.1.3.1.6. Biomasse sèche totale

Au cours des deux cycles et en absence de litière de poulet, la biomasse sèche totale a peu varié entre les traitements. Par ailleurs, aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été observée entre les traitements. Elle a été comprise entre  $47,72 \pm 19,2$  (B75) et  $88,66 \pm 27,6$  g (RB50) au cycle 1 et entre  $52,95 \pm 19,33$  et  $97,78 \pm 27,6$  g pour les mêmes traitements au cycle 2 (Tableau VII).

En revanche, en présence de litière, une différence très hautement significative ( $P = 0,000$ ) a été révélée entre les traitements au cours des deux cycles (Tableau VIII). Par ailleurs, le traitement SOLF, avec  $152,67 \pm 9,49$  g au cycle 1 et  $157,33 \pm 8,83$  g au cycle 2, a enregistré la biomasse sèche totale la plus importante. Les plus petites quantités de biomasses ( $70,89 \pm 21,07$  g et  $75,11 \pm 21,47$  g) ont été produites par le traitement BF100 aux cycles 1 et 2.

Tableau VII : Effet des traitements sans litière sur le nombre de racines et la biomasse sèche totale du maïs

Px	Cyc	Traitements									
		B100	B75	B67	RB50	R67	R75	R100	Sol	CV	P
Nrp	1 <sup>er</sup>	26,67±5,23 <sup>a</sup>	23±2,11 <sup>a</sup>	21,33±4 <sup>a</sup>	24,11±2,03 <sup>a</sup>	21,44±0,69 <sup>a</sup>	22±3 <sup>a</sup>	25,11±3,15 <sup>a</sup>	24,44±2,54 <sup>a</sup>	0,110	0,21 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	28,89±4,43 <sup>a</sup>	29,33±2,8 <sup>a</sup>	22,78±6,2 <sup>a</sup>	29,67±4,61 <sup>a</sup>	26,33±0,57 <sup>a</sup>	26,67±10,2 <sup>a</sup>	28,78±2,58 <sup>a</sup>	32±5,13 <sup>a</sup>	0,174	0,531 <sup>ns</sup>
Bst (g)	1 <sup>er</sup>	72,22±30 <sup>a</sup>	47,72±19,2 <sup>a</sup>	68,44±20,91 <sup>a</sup>	88,67±27,6 <sup>a</sup>	76,33±25,41 <sup>a</sup>	81,22±8,13 <sup>a</sup>	78,44±50,7 <sup>a</sup>	63,44±11,41 <sup>a</sup>	0,270	0,12 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	77,67±32,8 <sup>a</sup>	52,94±19,33 <sup>a</sup>	76,33±23,09 <sup>a</sup>	97,78±27,6 <sup>a</sup>	82±25,81 <sup>a</sup>	90±7,53 <sup>a</sup>	62,67±23,77 <sup>a</sup>	66,33±14,29 <sup>a</sup>	0,227	0,348 <sup>ns</sup>

Les moyennes de la colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \*\*\* : Différence très hautement significative ; \*\* : Différence hautement significative ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; Bst : Biomasse sèche totale ; Cyc : Cycle ; Nrp : Nombre de racines par plant ; Px : Paramètre ; R : Balle de riz carbonisée.

Tableau VIII : Effet des traitements associés à la litière de poulet sur le nombre de racines et la biomasse sèche totale du maïs

Px	Cyc	Traitements									
		BF100	BF75	BF67	RBF50	RF67	RF75	RF100	SOLF	CV	P
Nrp	1 <sup>er</sup>	19,67±1,2 <sup>c</sup>	25,56±3,33 <sup>ab</sup>	25±3,6 <sup>ab</sup>	25,11±0,69 <sup>ab</sup>	24,67±2,88 <sup>bc</sup>	24,56±1,34 <sup>bc</sup>	29±2,9 <sup>ab</sup>	31,11±0,83 <sup>a</sup>	0,131	0,000 <sup>***</sup>
	2 <sup>nd</sup>	21,67±1,76 <sup>b</sup>	32,67±47,31 <sup>ab</sup>	30,11±4,72 <sup>b</sup>	30,78±2,45 <sup>b</sup>	29,67±0,88 <sup>b</sup>	29,33±6,42 <sup>b</sup>	36,33±8,96 <sup>ab</sup>	48,33±9,45 <sup>a</sup>	0,244	0,005 <sup>**</sup>
Bst (g)	1 <sup>er</sup>	70,89±21,07 <sup>d</sup>	99,78±50,45 <sup>bc</sup>	71,56±8,34 <sup>d</sup>	93,67±40,2 <sup>bc</sup>	78,11±9,58 <sup>cd</sup>	86,33±39,87 <sup>bc</sup>	105,33±6 <sup>b</sup>	152,67±9,49 <sup>a</sup>	0,229	0,000 <sup>***</sup>
	2 <sup>nd</sup>	75,11±21,47 <sup>d</sup>	107,67±50,81 <sup>bc</sup>	101,44±34,4 <sup>bc</sup>	100±41,05 <sup>bc</sup>	82,33±10,21 <sup>cd</sup>	91,67±42,58 <sup>bc</sup>	111,56±7,12 <sup>b</sup>	157,33±8,83 <sup>a</sup>	0,261	0,000 <sup>***</sup>

Les moyennes de la colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \*\* : Différence hautement significative ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; Bst : Biomasse sèche totale ; Cyc : Cycle ; F : Litière de poulet ; Nrp : Nombre de racines par plant ; Px : Paramètre ; R : Balle de riz carbonisée.

### 3.1.3.2. Paramètres de production

#### 3.1.3.2.1. Masse des épis sans spathes

Le tableau IX présente la masse des épis des traitements sans litière. Ainsi, au cycle 1, il n'y a pas de différence significative ( $P = 0,173$ ) entre les traitements. En revanche, une différence ( $P = 0,028$ ) a été observée entre les traitements au cycle 2. La masse moyenne des épis a été comprise entre  $1,54 \pm 0,02$  (R67) et  $2,51 \pm 0,2$  kg (B75).

Les traitements avec litière ont très hautement influencé ( $P = 0,000$ ) la masse des épis au cours des deux cycles. La masse des épis a varié de  $1,5 \pm 0,7$  (BF100 et BF75) à  $3,17 \pm 0,7$  kg (BF67) au cycle 1 et de  $1,83 \pm 0,2$  (BF100) à  $3,41 \pm 0,7$  kg (SOLF) au cycle 2 (Tableau X).

#### 3.1.3.2.2. Nombre de graines par épi

Les tableaux IX et X présentent le nombre de graines par épi, respectivement, des traitements sans litière et avec litière.

Au cycle 1, le nombre de graines par épi n'a montré aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements avec ou sans litière.

Cependant, au cycle 2, une différence hautement significative ( $P = 0,002$ ) a été observée entre les traitements sans litière. Le traitement B100 a enregistré le plus grand nombre de graines par épi avec  $405,02 \pm 10,2$  graines alors que R67, avec  $336,27 \pm 7,1$  graines, a obtenu le plus petit nombre de graines par épi. En présence de la litière de poulet, une différence significative a été observée ( $P = 0,023$ ) entre les traitements. Le traitement SOLF, avec  $475,2 \pm 26,6$  graines, a plus augmenté le nombre de graines par épi.

#### 3.1.3.2.3. Masse des 1000 graines

Au cours des deux cycles, la masse des 1000 graines (P1000) n'a montré aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements avec ou sans litière de poulet (Tableaux IX et X).

#### 3.1.3.2.4. Masse totale des graines

Les différences entre les masses au cycle 1 ne sont pas significatives ( $P > 0,05$ ), quel que soit le traitement. Toutefois, au second cycle, les valeurs obtenues sont significativement différentes ( $P = 0,015$ ) pour les traitements sans litière et très hautement différentes ( $P = 0,000$ ) en présence de litière. En absence de la litière, la masse totale a varié de  $730 \pm 60,8$  (B75) à  $930 \pm 132$  g (R100) au cycle 1 et de  $1099 \pm 97,9$  (R67) à  $2696,33 \pm 68,9$  g (B75) au cycle 2 (Tableau IX). En présence de la litière, les traitements BF100 ( $1000 \pm 25$  g) et RF75 ( $2780 \pm 138$  g) ont produit les plus grandes masses de graines, respectivement au cycle 1 et au cycle 2.

Tableau IX : Effet des traitements sans litière sur le nombre de graines, la masse des épis et graines

Px	Cycles	Traitements								CV	P
		B100	B75	B67	RB50	R67	R75	R100	Sol		
nge	1 <sup>er</sup>	391,02±8,6 <sup>a</sup>	349,73±71,6 <sup>a</sup>	371,6±41,1 <sup>a</sup>	367,07±55,9 <sup>a</sup>	322,27±18,2 <sup>a</sup>	360,13±47,8 <sup>a</sup>	367,33±45,4 <sup>a</sup>	352±19,2 <sup>a</sup>	0,113	0,697 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	405,02±10,2 <sup>a</sup>	367,07±19,5 <sup>ab</sup>	346,8±7,2 <sup>b</sup>	381,07±20,1 <sup>ab</sup>	336,27±7,1 <sup>b</sup>	374,13±19 <sup>ab</sup>	381,33±37,8 <sup>ab</sup>	356,4±33,7 <sup>ab</sup>	0,124	0,002 <sup>**</sup>
mep (kg)	1 <sup>er</sup>	1,33±0,5 <sup>a</sup>	2,5±0,5 <sup>a</sup>	2,4±0,5 <sup>a</sup>	2,27±0,5 <sup>a</sup>	2,17±0,5 <sup>a</sup>	1,98±0,5 <sup>a</sup>	1,83±0,5 <sup>a</sup>	2,17±0,5 <sup>a</sup>	0,32	0,173 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	2,07±0,04 <sup>ab</sup>	2,51±0,2 <sup>a</sup>	2,02±0,01 <sup>ab</sup>	2,264±0,04 <sup>ab</sup>	1,54±0,02 <sup>b</sup>	1,65±0,1 <sup>b</sup>	2,21±0,04 <sup>ab</sup>	2,08±0,07 <sup>ab</sup>	0,347	0,028 <sup>*</sup>
P1000 (g)	1 <sup>er</sup>	279±29 <sup>a</sup>	273±3 <sup>a</sup>	257±7 <sup>a</sup>	259±29 <sup>a</sup>	250±5 <sup>a</sup>	259±9 <sup>a</sup>	250±34,9 <sup>a</sup>	265±15 <sup>a</sup>	0,071	0,726 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	318±14,5 <sup>a</sup>	318±71,4 <sup>a</sup>	341,33±35,9 <sup>a</sup>	336±24 <sup>a</sup>	338±42,5 <sup>a</sup>	317,33±25,8 <sup>a</sup>	373,33±11,1 <sup>a</sup>	340,3±56,5 <sup>a</sup>	0,119	0,434 <sup>ns</sup>
mg (g)	1 <sup>er</sup>	856,7±51,3 <sup>a</sup>	730±60,8 <sup>a</sup>	776,7±40,4 <sup>a</sup>	780±60,8 <sup>a</sup>	866,7±115 <sup>a</sup>	726,7±64,29 <sup>a</sup>	930±132 <sup>a</sup>	793,3±200 <sup>a</sup>	0,132	0,855 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	1741,33±80 <sup>ab</sup>	2696,3±68,6 <sup>a</sup>	1338,7±88 <sup>bc</sup>	1736,7±33 <sup>ab</sup>	1099±97,9 <sup>c</sup>	1173,3±161,2 <sup>bc</sup>	1596,3±117,6 <sup>bc</sup>	1461±120,7 <sup>bc</sup>	0,318	0,015 <sup>*</sup>

Les moyennes de la ligne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \*\* : Différence hautement significative ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; mg : Masse grains ; Px : Paramètres ; P1000 : Poids des 1000 grains de maïs ; R : Balle de riz carbonisée ; Sol : Sol non amendé.

Tableau X : Effet des traitements associés à la litière de poulet sur le nombre de graines, la masse des épis et graines

Px	Cycles	Traitements								CV	P
		BF100	BF75	BF67	RBF50	RF67	RF75	RF100	SOLF		
nge	1 <sup>er</sup>	362,8±50,4 <sup>a</sup>	359,33±40 <sup>a</sup>	376,93±25,1 <sup>a</sup>	389,2±74,6 <sup>a</sup>	370,53±95,4 <sup>a</sup>	392,8±7,3 <sup>a</sup>	382,27±61,5 <sup>a</sup>	461,2±26,2 <sup>a</sup>	0,141	0,421 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	376,80±5,4 <sup>b</sup>	373,33±48 <sup>b</sup>	390,93±34,2 <sup>ab</sup>	403,20±71,3 <sup>ab</sup>	384,53±5,3 <sup>ab</sup>	406,80±14,9 <sup>ab</sup>	396,27±39,4 <sup>ab</sup>	475,20±26,6 <sup>a</sup>	0,131	0,024 <sup>*</sup>
Mep (kg)	1 <sup>er</sup>	1,5±0,7 <sup>c</sup>	1,5±0,7 <sup>c</sup>	3,17±0,7 <sup>a</sup>	1,7±0,7 <sup>c</sup>	1,7±0,7 <sup>c</sup>	1,83±0,7 <sup>bc</sup>	2±0,7 <sup>bc</sup>	2,83±0,7 <sup>ab</sup>	0,476	0,000 <sup>***</sup>
	2 <sup>nd</sup>	1,83±0,2 <sup>c</sup>	1,92±0,08 <sup>c</sup>	2,08±0,1 <sup>bc</sup>	1,83±0,09 <sup>bc</sup>	2,79±0,3 <sup>ab</sup>	3,02±0,2 <sup>a</sup>	2,63±0,1 <sup>ab</sup>	3,41±0,07 <sup>a</sup>	0,367	0,000 <sup>***</sup>
P1000 (g)	1 <sup>er</sup>	255,67±4,9 <sup>a</sup>	272±2 <sup>a</sup>	281±43 <sup>a</sup>	279±9 <sup>a</sup>	247±40 <sup>a</sup>	260±20 <sup>a</sup>	295±15 <sup>a</sup>	244±40 <sup>a</sup>	0,103	0,356 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	327,33±4,1 <sup>a</sup>	370,33±45,4 <sup>a</sup>	335±37,5 <sup>a</sup>	324,67±17 <sup>a</sup>	315,67±15,3 <sup>a</sup>	344,67±67,8 <sup>a</sup>	373,33±62,7 <sup>a</sup>	380±20 <sup>a</sup>	0,1	0,968 <sup>ns</sup>
mg (g)	1 <sup>er</sup>	1000±25 <sup>a</sup>	776,67±25,1 <sup>a</sup>	773,33±51,3 <sup>a</sup>	993,33±11,5 <sup>a</sup>	860±52,9 <sup>a</sup>	840±96,4 <sup>a</sup>	836,67±51,6 <sup>a</sup>	866,67±51,9 <sup>a</sup>	0,292	0,063 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	1686,67±87,3 <sup>c</sup>	1421,33±91 <sup>c</sup>	1957±49,5 <sup>bc</sup>	1552±90,8 <sup>c</sup>	2148±88,6 <sup>bc</sup>	2780±138 <sup>a</sup>	1975,67±143,7 <sup>bc</sup>	2538±99,4 <sup>ab</sup>	0,3	0,000 <sup>***</sup>

Les moyennes de la ligne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \*\*\* : Différence très hautement significative ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; F : Litière de poulet ; mg : Masse grains ; Px : Paramètres ; P1000 : Poids des 1000 grains de maïs ; R : Balle de riz carbonisée.

### 3.1.3.2.5. Rendement

Au cycle 1, aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'est observée entre les traitements avec ou sans litière par rapport au rendement. Cependant, au second cycle, il y'a une différence très hautement significative ( $P = 0,001$ ) entre les traitements pour le rendement en maïs grains sans litière et significative ( $P = 0,013$ ) en présence de litière.

La figure 14 montre que le meilleur rendement ( $3,36 \pm 0,97 \text{ t ha}^{-1}$ ) a été obtenu sur le traitement B100 (100 % sciure de bois). Les autres traitements à base de résidus agroindustriels ont présenté des rendements inférieurs à celui du sol sans amendement ( $2,85 \pm 0,63 \text{ t ha}^{-1}$ ). Avec l'apport de la litière (Figure 15), au second cycle le traitement BF75 se démarque avec le plus grand rendement ( $3,18 \pm 0,75 \text{ t ha}^{-1}$ ).

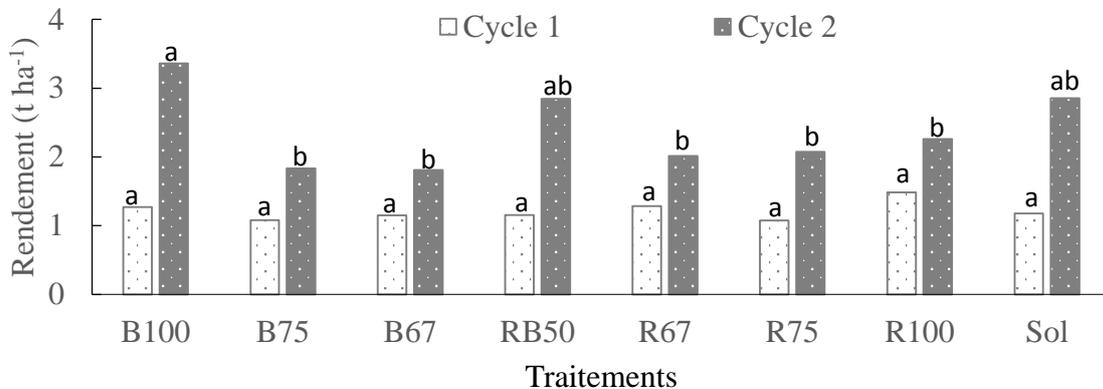


Figure 14 : Influence des traitements sans litière de poulet sur le rendement de maïs

Les moyennes du cycle suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; B : Sciure de bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; F : Litière de poulet ; Sol : Sol non amendé.

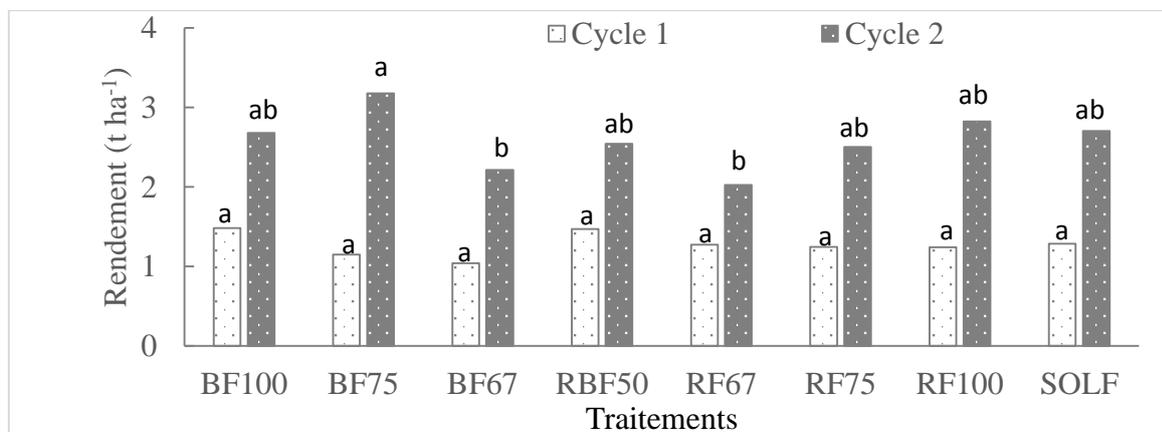


Figure 15 : Rendement de maïs en fonction des traitements avec litière de poulet

Les moyennes du cycle suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; B : Sciure de bois carbonisée ; F : Litière de poulet ; R : Balle de riz carbonisée.

### **3.1.4. Effets des substrats sur les paramètres physiques du sol sous maïs**

#### **3.1.4.1. Granulométrie**

Les tableaux XI et XII présentent la granulométrie du sol à la suite des 2 cycles de culture. Après le 1<sup>er</sup> cycle de culture, aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été observée entre les traitements pour la granulométrie du sol. Par contre, après le second cycle, pour les proportions d'argile, de limon et de sable, il y'a une différence significative entre les traitements avec ou sans litière. En absence de litière, pour la proportion de limon il y'a une différence significative ( $P = 0,012$ ) entre les traitements. Les proportions de limon sont passées de 18,6 à 28,3 % et de 17,2 à 52,8 % respectivement pour les traitements B67 et BF67 respectivement. Les teneurs plus faibles de limons ont été enregistrées sous R67 (15,6 %) et SOLF (14,6 %). Un effet significatif ( $P = 0,027$ ) a été observé pour le sable. Ainsi, le traitement BF67, avec 30,84 % a montré la plus grande variation de la proportion de sable.

#### **3.1.4.2. Matière organique**

Le taux de matière organique est présenté par les figures 16 et 17. Au cycle 1, une différence significative ( $P < 0,05$ ) a été observée entre les traitements. Ainsi, le taux de la matière organique du sol, est passé de 1,66 % avant les essais à 2,05 % pour B100 (valeur minimale pour les sols amendés). Les traitements R67 ( $3,3 \pm 1,15$  %) et R100 ( $3,97 \pm 0,85$  %) ont enregistré les taux les plus élevés. Quant au cycle 2, le taux de la matière organique a varié de  $1,69 \pm 0,27$  % (témoin) à  $3,56 \pm 1,24$  % (R100) sans aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements.

Avec l'apport de la litière, il n'y a pas eu de différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements pour la teneur de la matière organique (MO) du sol au cours des deux cycles de culture. Toutefois, au cycle 1, les traitements RF75 et RF100 ont une teneur en matière organique supérieure à 3 %. Au cycle 2, elle a été comprise entre  $2,15 \pm 0,34$  (RF75) et  $3,35 \pm 1,19$  % (RF67).

Tableau XI : Effet des traitements sans litière sur la granulométrie du sol

Gran	Cycle	Traitements								CV	P
		B100	B75	B67	RB50	R67	R75	R100	Sol		
A (%)	1 <sup>er</sup>	3,5±1,41 <sup>a</sup>	2±1,43 <sup>a</sup>	2,5±1,12 <sup>a</sup>	5±2,12 <sup>a</sup>	2±0,42 <sup>a</sup>	4±1,06 <sup>a</sup>	2,5±0,35 <sup>a</sup>	1,50±0,82 <sup>a</sup>	0,371	0,423 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	7,5±1,41 <sup>a</sup>	8±1,76 <sup>a</sup>	10,5±3,53 <sup>a</sup>	11±4,24 <sup>a</sup>	12±3,59 <sup>a</sup>	10,5±2,53 <sup>a</sup>	11,5±2,88 <sup>a</sup>	9,75±3,24 <sup>a</sup>	0,173	0,273 <sup>ns</sup>
L (%)	1 <sup>er</sup>	17,05±2,85 <sup>a</sup>	19,55±3,33 <sup>a</sup>	18,6±2,94 <sup>a</sup>	14,9±3,57 <sup>a</sup>	18,8±3,09 <sup>a</sup>	16,8±2,67 <sup>a</sup>	19,49±2,33 <sup>a</sup>	20,35±3,57 <sup>a</sup>	0,119	0,941 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	19,75±3,76 <sup>ab</sup>	24,2±6,9 <sup>a</sup>	28,25±9,77 <sup>a</sup>	17,7±7,75 <sup>ab</sup>	15,6±2,82 <sup>b</sup>	17,2±2,95 <sup>ab</sup>	25,4±2,31 <sup>a</sup>	19,25±4,18 <sup>ab</sup>	0,189	0,012 <sup>*</sup>
S (%)	1 <sup>er</sup>	78,2±1,60 <sup>a</sup>	77,01±2,48 <sup>a</sup>	77,69±2,29 <sup>a</sup>	78,43±3,41 <sup>a</sup>	77,28±2,29 <sup>a</sup>	77,70±1,99 <sup>a</sup>	75,7±1,48 <sup>a</sup>	77,0±2,45 <sup>a</sup>	0,016	0,983 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	69,87±6,53 <sup>a</sup>	64,31±10,46 <sup>a</sup>	58,03±6,64 <sup>a</sup>	67,88±13,83 <sup>a</sup>	69,72±7,64 <sup>a</sup>	69,15±7,04 <sup>a</sup>	59,55±7,94 <sup>a</sup>	69,30±8,98 <sup>a</sup>	0,066	0,123 <sup>ns</sup>

Les moyennes de la ligne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; A : Argile ; B : Sciure de bois carbonisée ; Gran : Granulométrie ; L : Limon ; R : Balle de riz carbonisée ; S : Sable.

Tableau XII : Effet des traitements avec litière sur la granulométrie du sol

Gran	Cycle	Traitements								CV	P
		BF100	BF75	BF67	RBF50	RF67	RF75	RF100	SOLF		
A (%)	1 <sup>er</sup>	8±1,76 <sup>a</sup>	1,50±0,82 <sup>a</sup>	4±1,01 <sup>a</sup>	5,5±1,41 <sup>a</sup>	2,5±0,12 <sup>a</sup>	5±0,35 <sup>a</sup>	3,50±0,001 <sup>a</sup>	3,5±1,41 <sup>a</sup>	0,356	0,684 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	11,5±3,24 <sup>a</sup>	10,5±2,53 <sup>a</sup>	14±3,01 <sup>a</sup>	10,5±2,24 <sup>a</sup>	12±3,59 <sup>a</sup>	9,5±1,82 <sup>a</sup>	11,5±2,53 <sup>a</sup>	13±3,3 <sup>a</sup>	0,113	0,359 <sup>ns</sup>
L (%)	1 <sup>er</sup>	10,22±2,95 <sup>a</sup>	14,78±2,24 <sup>a</sup>	17,18±2,94 <sup>a</sup>	14,55±1,93 <sup>a</sup>	17,35±2,06 <sup>a</sup>	17,20±2,95 <sup>a</sup>	15,75±2,08 <sup>a</sup>	15,25±1,58 <sup>a</sup>	0,089	0,941 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	31,7±9,21 <sup>b</sup>	20±3,93 <sup>ab</sup>	52,75±17,09 <sup>a</sup>	14,74±1,22 <sup>c</sup>	17,3±2,03 <sup>ab</sup>	17,95±2,49 <sup>ab</sup>	16,9±2,74 <sup>ab</sup>	14,6±1,12 <sup>c</sup>	0,491	0,024 <sup>*</sup>
S (%)	1 <sup>er</sup>	78,09±3,41 <sup>a</sup>	82,30±0,25 <sup>a</sup>	77,3±2,28 <sup>a</sup>	78,37±2,13 <sup>a</sup>	78,65±2,32 <sup>a</sup>	75,47±3,57 <sup>a</sup>	78,92±2,52 <sup>a</sup>	79,73±1,56 <sup>a</sup>	0,025	0,814 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	53,65±13,83 <sup>ab</sup>	66,28±11,07 <sup>a</sup>	30,84±13,13 <sup>b</sup>	70,63±25,99 <sup>a</sup>	67,35±8,31 <sup>a</sup>	70,40±7,15 <sup>a</sup>	70,25±7,26 <sup>a</sup>	69,42±7,85 <sup>a</sup>	0,205	0,027 <sup>*</sup>

Les moyennes de la ligne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; A : Argile ; B : Sciure de bois carbonisée ; F : Litière de poulet ; Gran : Granulométrie ; L : Limon ; R : Balle de riz carbonisée ; S : Sable.

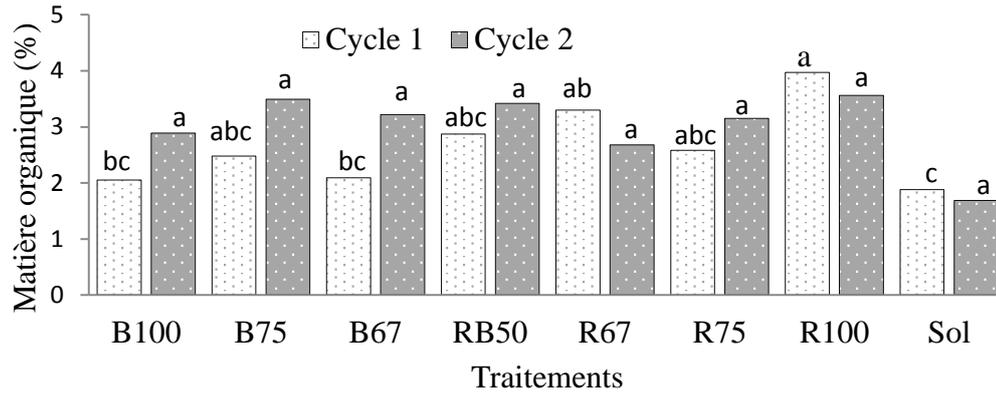


Figure 16 : Taux de matière organique en fonction des traitements sans litière suivant les cycles.

Les moyennes du cycle suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; B : Sciure de bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; Sol : Sol non amendé.

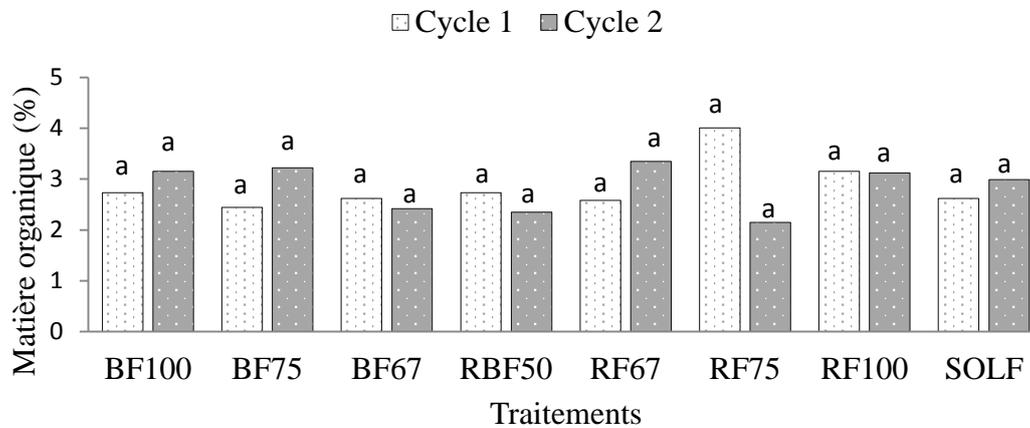


Figure 17 : Taux de matière organique en fonction des traitements avec la litière de poulet au cours des deux cycles de culture de maïs.

Les moyennes du cycle suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; B : Sciure de bois carbonisée ; F : Litière de poulet ; R : Balle de riz carbonisée.

### 3.1.5. Effets des traitements sur les paramètres chimiques du sol sous maïs

Les Tableaux XIII et XIV présentent les données relatives aux propriétés chimiques du sol au cours des deux cycles pour les traitements sans litière et avec litière respectivement.

#### 3.1.5.1. pH

Au cours des deux cycles, le pH n'a révélé aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements avec la litière ou sans la litière.

### **3.1.5.2. Taux de carbone organique**

Le taux de carbone organique a révélé une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre les traitements sans litière de poulet au cycle 1. En effet, il a varié de  $1,09 \pm 0,19$  % (Sol) à  $2,31 \pm 0,15$  % (R100) au cycle 1. Cependant, au cycle 2 aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements sans litière n'a été notée (Tableau XIII). L'apport de litière n'a pas permis d'établir une différence significative entre les traitements ( $P > 0,05$ ) pour le carbone (Tableau XIV).

### **3.1.5.3. Azote total**

Le tableau XIII, présentant le taux d'azote total du sol, ne montre aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements sans litière pour ce paramètre. Il a varié de  $0,09 \pm 0,02$  (Sol) à  $0,19 \pm 0,05$  % (R100) au cycle 1 et de  $0,07 \pm 0,006$  (Sol) à  $0,11 \pm 0,21$  % (B75, B67) au cycle 2.

Avec l'apport de la litière, il n'y a eu aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements pour le taux d'azote total du sol au cycle 1. Cependant, au cycle 2, une différence significative ( $P < 0,05$ ) a été établie entre les traitements pour le taux d'azote total. Par ailleurs, le taux d'azote total a été compris entre  $0,08 \pm 0,01$  (SOLF) et  $0,12 \pm 0,01$  % (BF100) au cycle 2.

### **3.1.5.4. Rapport carbone / azote total**

Ces résultats n'ont révélé aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements pour le rapport C/N.

Tableau XIII : Quelques propriétés chimiques du sol en fonction des traitements sans litière au cours des deux cycles de culture de maïs

Px	Cycle	Traitements							CV	P	
		B100	B75	B67	RB50	R67	R75	R100			Sol
pH	1 <sup>er</sup>	6,6±0,46 <sup>a</sup>	5,7±0,3 <sup>a</sup>	5,2±0,46 <sup>a</sup>	5,8±0,41 <sup>a</sup>	6,7±0,85 <sup>a</sup>	5,7±0,15 <sup>a</sup>	6,90±0,85 <sup>a</sup>	5,6±0,3 <sup>a</sup>	0,098	0,285 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	5,9±0,38 <sup>a</sup>	5,7±0,38 <sup>a</sup>	5,5±0,47 <sup>a</sup>	5,6±0,43 <sup>a</sup>	5,5±0,6 <sup>a</sup>	5,9±0,8 <sup>a</sup>	5,6±0,4 <sup>a</sup>	6,1±0,51 <sup>a</sup>	0,039	0,987 <sup>ns</sup>
C (%)	1 <sup>er</sup>	1,19±0,42 <sup>b</sup>	1,44±0,34 <sup>ab</sup>	1,21±0,41 <sup>ab</sup>	1,7±0,18 <sup>ab</sup>	1,91±0,48 <sup>ab</sup>	1,50±0,25 <sup>ab</sup>	2,31±0,15 <sup>a</sup>	1,09±0,19 <sup>a</sup>	0,262	0,038 <sup>*</sup>
	2 <sup>nd</sup>	1,68±0,51 <sup>a</sup>	2,03±0,46 <sup>a</sup>	1,87±0,51 <sup>a</sup>	1,99±0,25 <sup>a</sup>	1,56±0,35 <sup>a</sup>	1,83±0,43 <sup>a</sup>	2,067±0,77 <sup>a</sup>	0,99±0,04 <sup>a</sup>	0,226	0,058 <sup>ns</sup>
Nt (%)	1 <sup>er</sup>	0,1±0,006 <sup>a</sup>	0,13±0,09 <sup>a</sup>	0,1±0,09 <sup>a</sup>	0,15±0,04 <sup>a</sup>	0,18±0,04 <sup>a</sup>	0,14±0,02 <sup>a</sup>	0,19±0,05 <sup>a</sup>	0,09±0,02 <sup>a</sup>	0,28	0,054 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	0,10±0,007 <sup>a</sup>	0,11±0,21 <sup>a</sup>	0,11±0,32 <sup>a</sup>	0,08±0,001 <sup>a</sup>	0,10±0,04 <sup>a</sup>	0,1±0,04 <sup>a</sup>	0,1±0,042 <sup>a</sup>	0,07±0,006 <sup>a</sup>	0,12	0,051 <sup>ns</sup>
C/N	1 <sup>er</sup>	11,92±4,07 <sup>a</sup>	11,08±4,68 <sup>a</sup>	12,13±3,98 <sup>a</sup>	11,12±7,96 <sup>a</sup>	10,64±4,86 <sup>a</sup>	10,73±5,08 <sup>a</sup>	12,15±5,6 <sup>a</sup>	12,1±1,95 <sup>a</sup>	0,096	0,988 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	17,62±5 <sup>a</sup>	19,06±4,62 <sup>a</sup>	17,59±3,41 <sup>a</sup>	23,68±5,09 <sup>a</sup>	16,38±4,04 <sup>a</sup>	19,25±05,09 <sup>a</sup>	21,71±5,21 <sup>a</sup>	13,39±2,07 <sup>a</sup>	0,175	0,066 <sup>ns</sup>

Les moyennes de la ligne suivie de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; C (%) : Taux de carbone ; C/Nt : Rapport carbone-azote ; pH : Potentiel hydrogène ; Nt (%) : Taux d'azote ; Px : paramètres ; R : Balle de riz carbonisée ; Sol : Sol non amendé.

Tableau XIV : Quelques propriétés chimiques du sol en fonction des traitements avec litière au cours des deux cycles de culture de maïs

Px	Cycles	Traitements							CV	P	
		BF100	BF75	BF67	RBF50	RF67	RF75	RF100			SOLF
pH	1 <sup>er</sup>	7±1 <sup>a</sup>	6,2±0,3 <sup>a</sup>	5,9±0,43 <sup>a</sup>	5,8±0,46 <sup>a</sup>	5,7±0,4 <sup>a</sup>	6,6±0,8 <sup>a</sup>	6,8±0,7 <sup>a</sup>	6,3±0,68 <sup>a</sup>	0,069	0,52 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	5,4±0,6 <sup>a</sup>	5,8±0,5 <sup>a</sup>	5,6±0,3 <sup>a</sup>	5,4±0,2 <sup>a</sup>	5,6±0,4 <sup>a</sup>	5,5±0,3 <sup>a</sup>	5,4±0,4 <sup>a</sup>	5,5±0,4 <sup>a</sup>	0,037	0,99 <sup>ns</sup>
C (%)	1 <sup>er</sup>	1,71±0,18 <sup>a</sup>	1,42±0,29 <sup>a</sup>	1,52±0,41 <sup>a</sup>	1,59±0,38 <sup>a</sup>	1,50±0,26 <sup>a</sup>	2,33±0,67 <sup>a</sup>	1,83±0,18 <sup>a</sup>	1,52±0,29 <sup>a</sup>	0,208	0,06 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	1,83±0,21 <sup>a</sup>	1,87±0,3 <sup>a</sup>	1,4±0,3 <sup>a</sup>	1,37±0,28 <sup>a</sup>	1,95±0,4 <sup>a</sup>	1,25±0,21 <sup>a</sup>	1,81±0,4 <sup>a</sup>	1,74±0,4 <sup>a</sup>	0,226	0,08 <sup>ns</sup>
Nt (%)	1 <sup>er</sup>	0,16±0,03 <sup>a</sup>	0,13±0,09 <sup>a</sup>	0,14±0,02 <sup>a</sup>	0,14±0,02 <sup>a</sup>	0,14±0,09 <sup>a</sup>	0,2±0,06 <sup>a</sup>	0,17±0,1 <sup>a</sup>	0,13±0,03 <sup>a</sup>	0,218	0,08 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	0,12±0,01 <sup>a</sup>	0,11±0,07 <sup>ab</sup>	0,09±0,07 <sup>ab</sup>	0,09±0,05 <sup>ab</sup>	0,11±0,04 <sup>ab</sup>	0,09±0,06 <sup>ab</sup>	0,11±0,06 <sup>ab</sup>	0,08±0,01 <sup>b</sup>	0,12	0,02 <sup>*</sup>
C/N	1 <sup>er</sup>	10,68±3,19 <sup>a</sup>	10,92±4,54 <sup>a</sup>	10,88±3,1 <sup>a</sup>	11,32±1,92 <sup>a</sup>	10,73±4,73 <sup>a</sup>	11,65±3,1 <sup>a</sup>	10,78±4,1 <sup>a</sup>	11,72±6,26 <sup>a</sup>	0,089	0,906 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	14,88±4,43 <sup>a</sup>	17,59±4,33 <sup>a</sup>	14,75±4,14 <sup>a</sup>	14,34±2,77 <sup>a</sup>	18,33±5,36 <sup>a</sup>	13,11±4,13 <sup>a</sup>	17,04±4,93 <sup>a</sup>	22,14±6,76 <sup>a</sup>	0,175	0,12 <sup>ns</sup>

Les moyennes de la ligne suivie de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \*\*\* : Différence très hautement significative ; \*\* : Différence hautement significative ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; C (%) : Taux de carbone ; C/Nt : Rapport carbone-azote ; F : Litière de poulet ; Nt (%) : Taux d'azote ; pH : Potentiel hydrogène ; Px : paramètres ; R : Balle de riz carbonisée.

### 3.1.5.5. Phosphore assimilable

Le taux de phosphore assimilable est présenté dans le tableau XV pour les traitements sans litière et dans le tableau XVI pour les traitements avec litière.

Le sol a été fourni en phosphore assimilable après les amendements des sols avec les traitements sans litière. L'analyse de variance a montré une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre les traitements sans litière pour le taux de phosphore assimilable au cours des deux cycles. Au cycle 1, il a varié de  $59,7 \pm 4,89$  (B100) à  $84,7 \pm 9,84$  mg kg<sup>-1</sup> (RB50) et, au cycle 2, de  $53 \pm 4,26$  (B100) à  $87 \pm 5,21$  mg.kg<sup>-1</sup> (R100).

Avec l'ajout de la litière, il y'a eu une différence très hautement significative ( $P = 0,000$ ), au cycle 1 et hautement significative ( $P = 0,01$ ), au cycle 2, entre les traitements pour le taux de phosphore assimilable du sol. Au cycle 1, le taux de phosphore assimilable a varié de  $74,55 \pm 13,17$  (BF75) à  $180 \pm 45,07$  mg kg<sup>-1</sup> (SOLF). En revanche, au cycle 2, il a été compris entre  $52 \pm 14,08$  (BF75) et  $105 \pm 12,78$  mg kg<sup>-1</sup> (RF67).

### 3.1.5.6. Capacité d'échange cationique

La capacité d'échange cationique (CEC) est présentée dans le tableau XV pour les traitements sans litière et dans le tableau XVI pour les traitements avec litière. Les valeurs de la CEC n'ont révélé aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements au cours des deux cycles.

Toutefois, pour les traitements sans litière, les traitements R100 ( $12,5 \pm 2,86$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) et B75 ( $9,2 \pm 2,23$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) ont plus amélioré la CEC, respectivement, au cycle 1 et 2. En présence de la litière, elle a varié de  $5,05 \pm 0,66$  (RBF50) à  $10,95 \pm 1,5$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (BF100) au cycle 1 et de  $6,24 \pm 0,77$  (RF100) à  $8,4 \pm 1,2$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (BF100) au cycle 2.

### 3.1.5.7. Somme des bases échangeables

La somme des bases échangeables n'a présenté aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements au cours des deux cycles (Tableaux XV et XVI).

Toutefois, en absence de litière, les traitements R100 ( $12,32 \pm 5,77$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) et B75 ( $2,52 \pm 0,31$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) ont été plus fournis en bases, respectivement, au cycle 1 et 2. Avec l'ajout de la litière, le traitement BF100 avec  $10,82 \pm 4,65$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> au cycle 1 et  $2,77 \pm 1,55$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> au cycle 2 a été plus fourni en bases.

### 3.1.5.8. Taux de saturation en bases

Au cours des deux cycles, aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été établie entre les traitements pour le taux de saturation du sol en bases cationiques (Tableaux XV et XVI).

Tableau XV : Taux de Phosphore assimilable, CEC, somme des bases échangeables et taux de saturation en bases du sol en fonction des traitements sans litière suivant les deux cycles de culture de maïs

Px	Cyc	Traitements								CV	P
		B100	B75	B67	RB50	R67	R75	R100	Sol		
P.a (mg kg <sup>-1</sup> )	1 <sup>er</sup>	59,5±4,89 <sup>c</sup>	71,80±6,92 <sup>bc</sup>	72,85±10,73 <sup>bc</sup>	84,72±9,84 <sup>a</sup>	63±3,51 <sup>c</sup>	72,2±8,63 <sup>bc</sup>	78,80±5,6 <sup>ab</sup>	69±4,45 <sup>bc</sup>	0,108	0,012 <sup>*</sup>
	2 <sup>nd</sup>	53±4,26 <sup>b</sup>	61±5,11 <sup>b</sup>	55±3,77 <sup>b</sup>	68±7,06 <sup>ab</sup>	58±4,97 <sup>b</sup>	60±4,14 <sup>b</sup>	87±5,21 <sup>a</sup>	58,5±6 <sup>b</sup>	0,187	0,016 <sup>*</sup>
CEC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1 <sup>er</sup>	4,5±1,55 <sup>a</sup>	5,2±2,44 <sup>a</sup>	3,36±2,48 <sup>a</sup>	6,9±1,92 <sup>a</sup>	9,1±1,19 <sup>a</sup>	5,4±1 <sup>a</sup>	12,5±2,86 <sup>a</sup>	4,24±1,42 <sup>a</sup>	0,449	0,083 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	6,8±1,3 <sup>a</sup>	9,2±2,23 <sup>a</sup>	7,6±1,21 <sup>a</sup>	8,64±2,01 <sup>a</sup>	7,04±1,4 <sup>a</sup>	7,12±1,21 <sup>a</sup>	7,68±2 <sup>a</sup>	6±1,33 <sup>a</sup>	0,189	0,956 <sup>ns</sup>
Sb (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1 <sup>er</sup>	4,28±1,67 <sup>a</sup>	3,34±0,67 <sup>a</sup>	3,27±0,69 <sup>a</sup>	6,83±2,84 <sup>a</sup>	9,03±4,23 <sup>a</sup>	5,28±2,67 <sup>a</sup>	12,32±5,77 <sup>a</sup>	3,3±0,81 <sup>a</sup>	0,532	0,096 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	1,51±0,23 <sup>a</sup>	2,52±0,31 <sup>a</sup>	2,07±0,29 <sup>a</sup>	1,9±0,31 <sup>b</sup>	1,71±0,34 <sup>b</sup>	1,4±0,42 <sup>a</sup>	2,33±1,24 <sup>b</sup>	1,9±0,009 <sup>a</sup>	0,178	0,271 <sup>ns</sup>
V (%)	1 <sup>er</sup>	95,21±42,23 <sup>a</sup>	64,19±21,32 <sup>a</sup>	97,28±40,54 <sup>a</sup>	98,96±44,48 <sup>a</sup>	99,25±43,49 <sup>a</sup>	97,83±45,13 <sup>a</sup>	98,53±39,38 <sup>a</sup>	77,83±26,68 <sup>a</sup>	0,137	0,156 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	22,15±4,46 <sup>b</sup>	27,35±4,77 <sup>b</sup>	27,16±5,13 <sup>b</sup>	21,99±5,77 <sup>b</sup>	24,29±8 <sup>a</sup>	19,67±6,06 <sup>b</sup>	30,33±10,67 <sup>b</sup>	31,7±11,77 <sup>b</sup>	0,162	0,288 <sup>ns</sup>

Les moyennes de la ligne suivie de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; Sol : Sol non amendé ; P.a : Phosphore assimilable ; CEC : Capacité d'échange cationique ; Px : Paramètres ; Cyc : Cycle ; Sb : Somme des bases échangeables ; V : Taux de saturation.

Tableau XVI : Taux de Phosphore assimilable, CEC, somme des bases échangeables et taux de saturation du sol en fonction des traitements avec litière suivant les deux cycles de culture de maïs

Px	Cyc	Traitements								CV	P
		BF100	BF75	BF67	RBF50	RF67	RF75	RF100	SOLF		
P.a (mg kg <sup>-1</sup> )	1 <sup>er</sup>	101,95±10,07 <sup>bc</sup>	74,55±13,17 <sup>c</sup>	87,2±2,72 <sup>c</sup>	90,40±9,22 <sup>bc</sup>	86±12,05 <sup>c</sup>	130,65±35,37 <sup>b</sup>	89,30±10,18 <sup>c</sup>	180±45,07 <sup>a</sup>	0,314	0,000 <sup>***</sup>
	2 <sup>nd</sup>	76±7,24 <sup>bc</sup>	52±14,08 <sup>d</sup>	84±0,06 <sup>ab</sup>	76±1,42 <sup>bc</sup>	105±12,78 <sup>a</sup>	70±7,55 <sup>cd</sup>	72±7 <sup>cd</sup>	102±17,24 <sup>a</sup>	0,186	0,01 <sup>**</sup>
CEC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1 <sup>er</sup>	10,95±1,5 <sup>a</sup>	6,3±0,58 <sup>a</sup>	5,6±0,64 <sup>a</sup>	5,04±0,66 <sup>a</sup>	6,6±0,96 <sup>a</sup>	9,7±1,92 <sup>a</sup>	8,5±1,32 <sup>a</sup>	10,7±2,37 <sup>a</sup>	0,342	0,1 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	8,4±1,2 <sup>a</sup>	6,56±0,93 <sup>a</sup>	6,64±1 <sup>a</sup>	6,16±0,77 <sup>a</sup>	6,72±1,03 <sup>a</sup>	6,48±1 <sup>a</sup>	6,24±0,77 <sup>a</sup>	6,88±1,04 <sup>a</sup>	0,17	0,99 <sup>ns</sup>
Sb (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1 <sup>er</sup>	10,82±4,65 <sup>a</sup>	6,06±2,44 <sup>a</sup>	6,52±2,87 <sup>a</sup>	4,97±1,69 <sup>a</sup>	5,52±2,15 <sup>a</sup>	9,68±4,59 <sup>a</sup>	8,44±3,79 <sup>a</sup>	10,65±4,86 <sup>a</sup>	0,388	0,109 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	2,77±1,55 <sup>b</sup>	1,84±0,38 <sup>b</sup>	1,59±0,74 <sup>a</sup>	2,04±0,27 <sup>a</sup>	1,8±0,08 <sup>a</sup>	1,74±0,13 <sup>b</sup>	1,88±0,19 <sup>b</sup>	2,24±0,93 <sup>b</sup>	0,161	0,298 <sup>ns</sup>
V (%)	1 <sup>er</sup>	98,84±38,29 <sup>a</sup>	96,23±39,79 <sup>a</sup>	98,78±43,37 <sup>a</sup>	98,61±37,98 <sup>a</sup>	98,52±41,46 <sup>a</sup>	99,76±42,15 <sup>a</sup>	99,32±40 <sup>a</sup>	99,55±38,81 <sup>a</sup>	0,089	0,229 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	32,64±5,89 <sup>b</sup>	27,44±5,32 <sup>b</sup>	23,86±4,72 <sup>b</sup>	33,04±4,67 <sup>a</sup>	26,77±5,77 <sup>b</sup>	26,82±4,33 <sup>b</sup>	30,13±8,14 <sup>b</sup>	32,46±4,21 <sup>b</sup>	0,103	0,402 <sup>ns</sup>

Les moyennes de la ligne suivie de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \*\*\* : Différence très hautement significative ; \*\* : Différence hautement significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; Cyc : Cycle ; R : Balle de riz carbonisée ; F : Litière de poulet ; P.a : Phosphore assimilable ; CEC : Capacité d'échange cationique ; Px : Paramètres ; Sb : Somme des bases échangeables ; V : Taux de saturation.

### 3.1.6. Corrélation entre les paramètres du sol et les paramètres agromorphologiques du maïs

Des corrélations ont été établies entre des paramètres de sol et agromorphologiques de la plante d'une part et entre les paramètres sol et agromorphologiques eux-mêmes séparément. Au cycle 1 (Tableau XVII), le sable a été négativement corrélé à l'argile + limon ( $r=-0,98$ ). Le carbone (C), la matière organique (MO) et l'azote (Nt) sont liés entre eux avec un coefficient de corrélation de 0,97. Ils ont été également positivement corrélés ( $r=0,63$ ) au pH du sol. De même, la CEC a été positivement corrélée ( $r=0,99$ ) à la somme des bases échangeables (Sb). Le taux de saturation (V) du sol a été moyennement ( $r=0,52$ ) lié à la somme des bases échangeables.

Quant aux paramètres agromorphologiques, la hauteur des plants a été positivement corrélée ( $r=0,78$ ) au diamètre des plants, à la biomasse sèche totale ( $r=0,69$ ), à la masse des épis ( $r=0,54$ ) et au nombre de graines par épi ( $r=0,61$ ). Une forte corrélation est établie entre, d'une part, la proportion de phosphore assimilable avec la hauteur de la plante de maïs ( $r=0,69$ ) et d'autre avec le diamètre ( $r=0,82$ ). De même, le nombre de graines par épi (nge) et la biomasse sèche totale (bst) ont été corrélés aux taux de phosphore assimilable ( $r=0,77$ ) et au taux de saturation du sol ( $r=0,53$ ). Le nombre de graines par épi a été positivement corrélé au pH du sol ( $r=0,63$ ), à la somme des bases échangeables ( $r=0,78$ ) et à la teneur du phosphore ( $r=0,84$ ). Enfin, le rendement a été positivement lié au taux de carbone ( $r=0,8$ ), à la masse totale ( $r=0,97$ ) et à la masse des épis ( $r=0,52$ ).

Au cycle 2 (Tableau XX), le taux de sable a négativement influé sur l'ensemble argile+limon ( $r=-0,99$ ). Le carbone et la matière organique ont été corrélés ( $r=0,66$ ) à la CEC. Quant au taux de saturation (V), il a été assimilé ( $r=0,7$ ) à la somme des bases échangeables (Sb). Le phosphore assimilable a été corrélé positivement au diamètre des plants ( $r=0,61$ ), à la biomasse sèche totale ( $r=0,5$ ), à la masse des épis ( $r=0,63$ ) et au nombre de graines par épi ( $r=0,58$ ). Le diamètre a également influencé la masse des épis ( $r=0,75$ ), le nombre de graines par épi ( $r=0,66$ ) et la masse totale ( $r=0,58$ ). Enfin, la masse totale a été hautement corrélée à la masse des épis ( $r=0,86$ ) et au nombre de graines par épi ( $r=0,5$ ). Par ailleurs, la masse des épis et le nombre de graines par épi ont été corrélés ( $r=0,71$ ).

Tableau XVII : Matrice de corrélation entre les paramètres agromorphologiques du maïs et les propriétés physiques et chimiques du sol au cycle 1.

	A+L	S	pH	C	M.O	Nt	P.ass	CEC	Sb	V	Diam	Haut	bst	mep	nge	mg	rend
A+L	1,00																
S	<b>-0,98***</b>	1,00															
pH	-0,04	-0,11	1,00														
C	0,23	-0,44	<b>0,64**</b>	1,00													
M.O	0,23	-0,44	<b>0,64**</b>	<b>1,00***</b>	1,00												
Nt	0,14	-0,35	<b>0,63**</b>	<b>0,97***</b>	<b>0,97***</b>	1,00											
P.ass	-0,17	0,10	0,19	0,28	0,28	0,24	1,00										
CEC	0,00	-0,18	<b>0,81***</b>	<b>0,80***</b>	<b>0,80***</b>	<b>0,78***</b>	<b>0,51*</b>	1,00									
Sb	-0,04	-0,14	<b>0,81***</b>	<b>0,80***</b>	<b>0,80***</b>	<b>0,78***</b>	<b>0,52*</b>	<b>0,99***</b>	1,00								
V	-0,29	0,18	0,35	0,39	0,39	0,41	0,28	0,39	<b>0,52*</b>	1,00							
Diam	-0,46	0,38	0,07	0,24	0,24	0,24	<b>0,82***</b>	0,34	0,37	0,32	1,00						
Haut	-0,24	0,20	-0,19	0,12	0,12	0,06	<b>0,69**</b>	0,19	0,22	0,26	<b>0,78***</b>	1,00					
bst	-0,49	0,41	0,21	0,18	0,18	0,15	<b>0,77***</b>	0,42	0,48	<b>0,53*</b>	<b>0,75***</b>	<b>0,69**</b>	1,00				
mep	0,32	-0,28	-0,32	-0,04	-0,04	-0,08	0,31	0,05	0,02	-0,19	0,18	<b>0,54*</b>	0,28	1,00			
nge	-0,24	0,22	<b>0,63*</b>	0,01	0,01	-0,08	<b>0,84***</b>	0,25	<b>0,78**</b>	0,31	<b>0,62**</b>	<b>0,61*</b>	<b>0,77***</b>	0,21	1,00		
mg	-0,26	0,18	0,48	0,25	0,25	0,32	0,24	0,42	0,46	0,42	0,12	-0,07	0,15	-0,45	0,21	1,00	
rend	-0,26	0,19	0,42	<b>0,8***</b>	0,24	0,30	0,21	0,38	0,42	0,38	0,11	-0,13	0,10	<b>-0,52*</b>	0,17	<b>0,97***</b>	1,00

A + L : Argile + Limon ; bst : Biomasse sèche totale ; C : carbone ; CEC : capacité d'échange cationique ; diam : Diamètre des plants ; haut : Hauteur des plants ; mg : Masse des grains ; mep : Masse des épis par parcelle ; M.O : Matière organique ; nge : Nombre de grains par épi ; Nt : Azote total ; P.ass : Phosphore assimilable ; pH : Potentiel hydrogène ; Rend : Rendement ; S : Sable ; Sb : Somme des bases échangeables ; V : Taux de saturation.

Tableau XVIII : Matrice de corrélation entre les paramètres agromorphologiques du maïs et les propriétés physico-chimiques du sol au cycle 2.

	A+L	S	pH	C	M.O	Nt	P.assi	CEC	Sb	V	diam	haut	bst	mep	nge	mg	rend
A+L	1,00																
S	<b>-0,99***</b>	1,00															
pH	-0,12	0,12	1,00														
C	-0,11	0,06	-0,14	1,00													
M.O	-0,11	0,06	-0,14	<b>1,00***</b>	1,00												
Nt	0,20	-0,22	-0,39	0,40	0,40	1,00											
P.assi	0,18	-0,19	-0,36	0,09	0,09	-0,11	1,00										
CEC	0,12	-0,15	-0,16	<b>0,66**</b>	<b>0,66**</b>	0,31	-0,10	1,00									
Sb	0,09	-0,11	-0,40	0,36	0,36	0,37	0,25	<b>0,59*</b>	1,00								
V	-0,04	0,05	-0,34	-0,15	-0,15	0,11	0,38	-0,16	<b>0,70**</b>	1,00							
diam	-0,11	0,11	-0,46	-0,09	-0,09	-0,10	<b>0,61*</b>	-0,24	0,16	0,41	1,00						
haut	0,33	-0,33	-0,28	-0,01	-0,01	-0,27	0,26	-0,10	0,27	0,45	0,42	1,00					
bst	-0,03	0,03	-0,29	-0,14	-0,14	-0,28	<b>0,50*</b>	-0,49	-0,05	0,36	<b>0,76***</b>	<b>0,63**</b>	1,00				
mep	-0,18	0,19	-0,21	-0,12	-0,12	-0,34	<b>0,63**</b>	-0,08	0,22	0,37	<b>0,75***</b>	0,22	0,45	1,00			
nge	-0,13	0,13	-0,19	-0,07	-0,07	-0,33	<b>0,58*</b>	-0,23	0,04	0,26	<b>0,66**</b>	0,36	<b>0,75***</b>	<b>0,71**</b>	1,00		
mg	0,00	0,00	-0,21	-0,10	-0,10	-0,07	0,48	0,12	0,31	0,27	<b>0,58*</b>	0,04	0,21	<b>0,86***</b>	<b>0,59*</b>	1,00	
rend	-0,18	0,19	0,29	-0,23	-0,23	-0,17	-0,07	-0,41	-0,01	0,34	0,06	0,12	0,34	0,06	0,38	-0,03	1,00

A + L : Argile + Limon ; bst : Biomasse sèche totale ; C : carbone ; CEC : capacité d'échange cationique ; diam : Diamètre des plants ; haut : Hauteur des plants ; mg : Masse des grains ; mep : Masse des épis par parcelle ; M.O : Matière organique ; nge : Nombre de grains par épi ; Nt : Azote total ; P.ass : Phosphore assimilable ; pH : Potentiel hydrogène ; Rend : Rendement ; S : Sable ; Sb : Somme des bases échangeables ; V : Taux de saturation.

### 3.1.6.1. Distinction des traitements par rapport aux paramètres agromorphologiques du maïs

Au cycle 1, l'analyse en composantes principales (ACP) a révélé que les deux premiers axes ont expliqué 81,19 % (axe 1 : 46,98 % ; axe 2 : 34,21 %) de la variabilité de l'influence des traitements (Figure 18 a) sur les paramètres agromorphologiques. Ainsi, le diamètre (diam), la hauteur (haut), la biomasse sèche totale (bst) et le nombre de graines par épi (nge) ont été corrélés à l'axe 1 tandis que les masses des épis et graines ainsi que le rendement ont été liés à l'axe 2.

L'influence des traitements sur la croissance et le développement du maïs a permis de classer les traitements en trois groupes. Le groupe 1 ou Classe des "résidus simples" est constitué de B100, R100, BF100 et RBF50. Ce groupe est caractérisé par des rendements plus élevés. Le groupe 2 appelé Classe du "sol sans fumure", constitué des traitements R67, R75, B75, B67, RB50, BF75, RF67, RF75, BF75, BF67 et Sol, est caractérisé par une faible production de biomasse sèche totale (bst). Quant au groupe 3 ou classe "Sol amendé à la litière", est composé du seul traitement SOLF et est caractérisé par une forte biomasse sèche totale (Figure 18 b).

Au cycle 2, l'ACP a révélé que les axes 1 et 2 ont expliqué 74,86 % de la variabilité de l'influence des résidus sur la croissance, le développement et le rendement du maïs. La biomasse sèche totale (bst), le nombre de grains par épi (nge), le diamètre (diam), la masse des épis (mep) et la masse des grains (mg) ont été positivement liés à l'axe 1 alors que la hauteur (haut) et le rendement (rend) ont été corrélés à l'axe 2 (Figure 19 a).

Trois groupes de traitements ont été observés en fonction de leurs effets sur la croissance, le développement et le rendement du maïs. Le groupe 1 (G1 ou classe "sol et substrats") comprend les traitements B100, BF100, BF75, B67, BF67, RB50, RBF50, R67, R75, R100, RF100 et Sol. Ce groupe est caractérisé par des plants à petits diamètres (diam), des épis (mep) de masses faibles et par une faible masse sèche totale de maïs (mg). Quant au groupe 2 (G2 ou classe 1/4-3/4 Riz-bois), constitué de B75, RF67 et RF75, il est caractérisé par des masses d'épis (mep) et de grains (mg) élevées. Enfin, le groupe 3 (G3 ou classe "Sol amendé" à la litière), constitué de SOLF se caractérise par une biomasse sèche totale (bst) abondante et une grande taille (haut) de maïs (Figure 19 b).

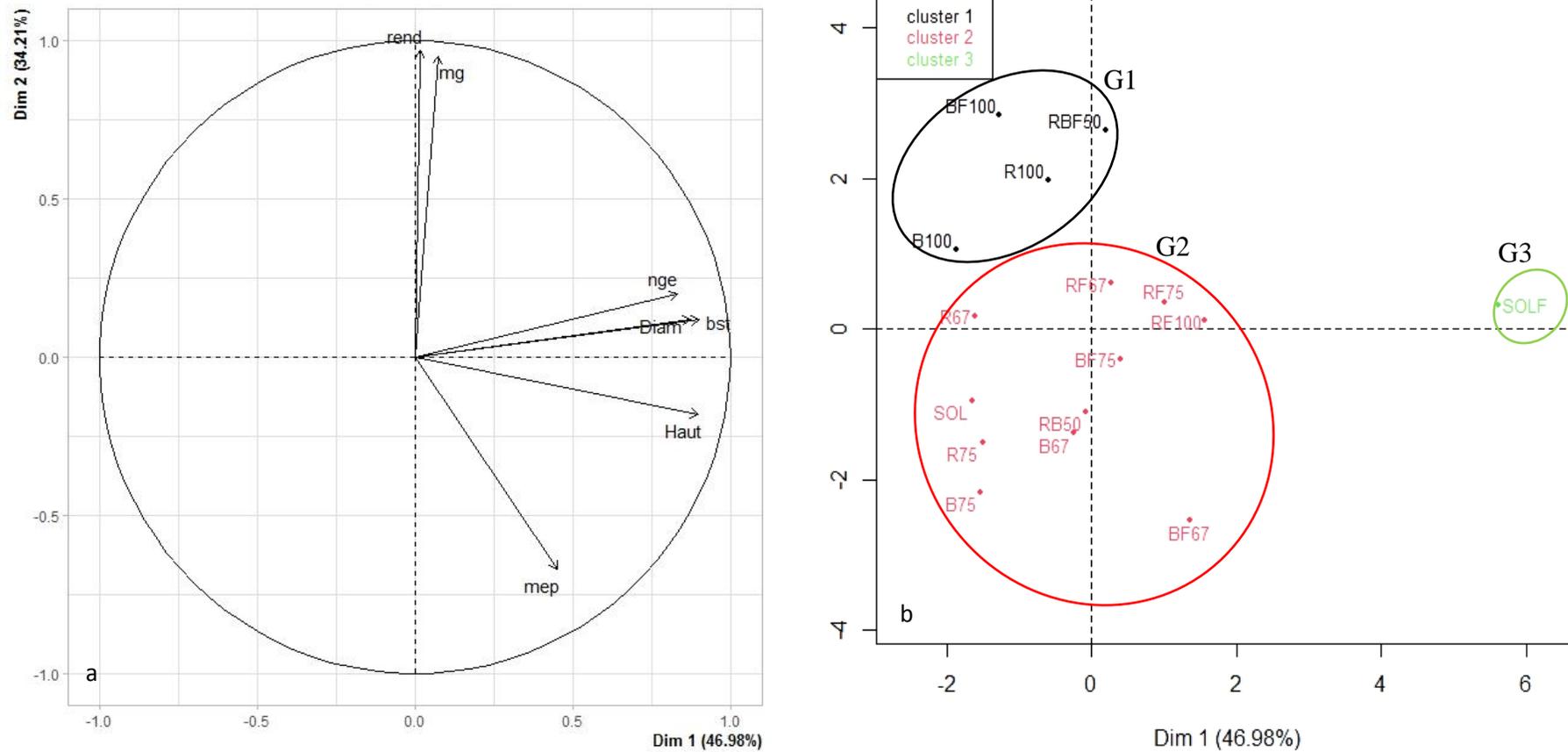


Figure 18 : Analyse en Composantes Principales des paramètres agromorphologiques des traitements au cycle 1 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b)

B : Sciure de bois ; bst : Biomasse sèche totale ; Diam : Diamètre des plants ; F : Litière de poulet ; Haut : Hauteur des plants ; mep : Masse des épis ; mg : Masse des grains ; nge : Nombre de grains par épi ; R : Balle de riz ; Rend : Rendement.

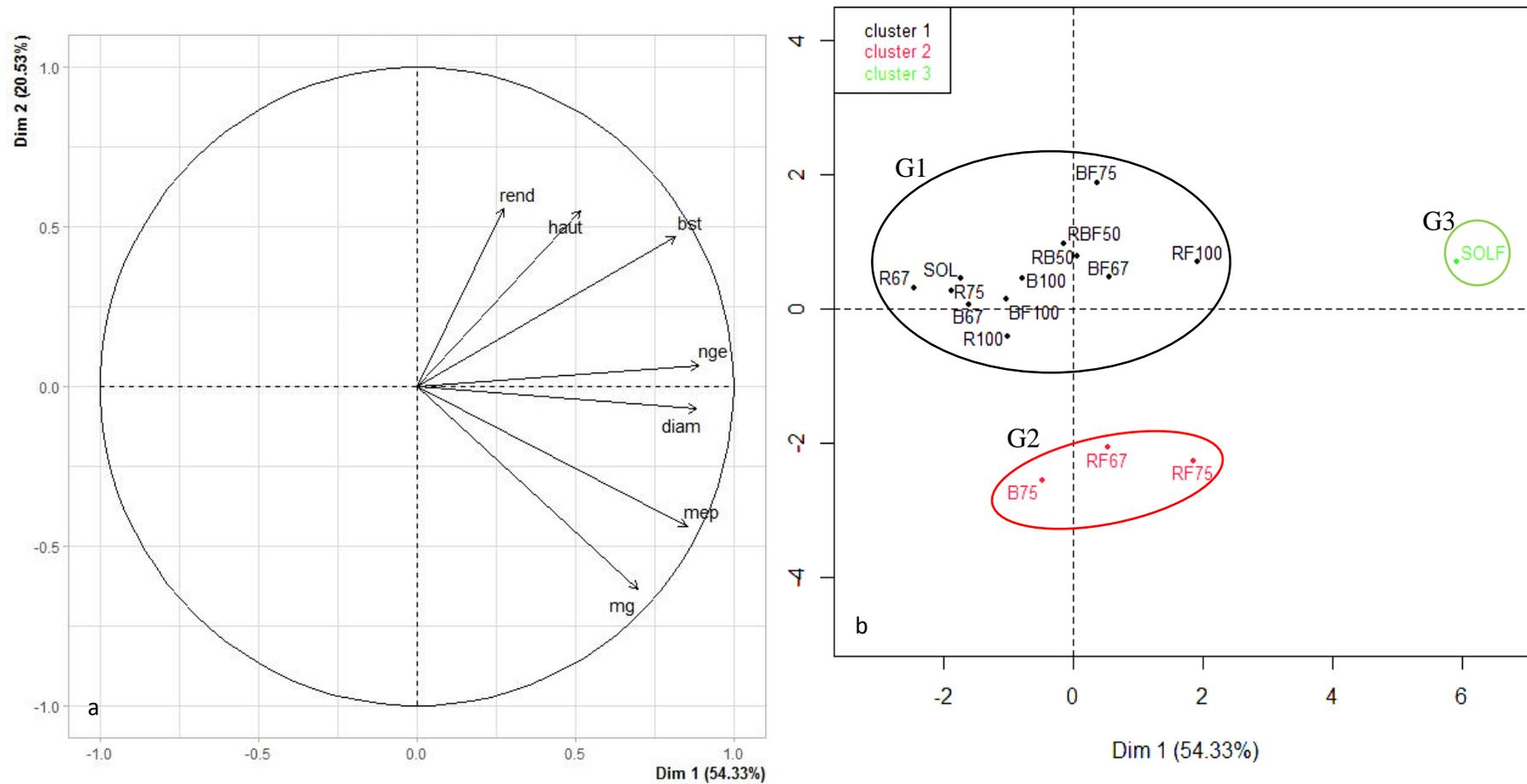


Figure 19 : Analyse en Composantes Principales des paramètres agromorphologiques des traitements au cycle 2 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b)

B : Sciure de bois ; bst : Biomasse sèche totale ; Diam : Diamètre des plants ; F : Litière de poulet ; Haut : Hauteur des plants ; mep : Masse des épis ; mg : Masse des grains ; nge : Nombre de grains par épi ; R : Balle de riz ; Rend : Rendement.

### 3.1.6.2. Distinction des traitements par rapport aux paramètres physiques et chimiques du sol

La relation entre les traitements et les paramètres physico-chimiques révèle que les axes 1 et 2 ont expliqué 72,18 % de la variabilité de l'influence des traitements au cycle 1. Ainsi, l'axe 1 s'assimile aux taux de matière organique, carbone, azote, bases échangeables et au CEC. Cependant, les proportions d'argile, limon, sable et phosphore assimilable ont été corrélés à l'axe 2 (Figure 20 a).

En fonction de l'influence des résidus sur les paramètres physico-chimiques du sol, les traitements ont été classés en trois groupes (Figure 20 b). Le groupe 1 "Sol et substrats", constitué de B100, B75, B67, BF67, RF67, R75, R100, RF100 et Sol, a été caractérisé par une CEC, une somme en bases échangeables et un pH faibles. Les traitements BF75 et SOLF ("Sol amendé à la litière"), constituant le groupe 2 ont présenté des teneurs de phosphore assimilable et sable élevées. Enfin le groupe 3, Riz-Bois, constitué des traitements BF100, RB50, RBF50, R67 et RF75, a été caractérisé par des taux élevés d'éléments organiques (MO, C, Nt), de bases échangeables (S) et une forte capacité d'échange cationique (CEC).

Au second cycle, les axes 1 et 2 de l'ACP ont expliqué 55,41 % de la variabilité de l'influence des traitements sur les paramètres physiques et chimiques du sol. La somme des bases échangeables, la CEC et les taux de phosphore assimilable, le carbone et la matière organique (MO) ont été corrélés à l'axe 1. Quant aux teneurs d'argile+limon et sable, elles ont été corrélées à l'axe 2 (Figure 21 a).

En fonction de leur influence sur les propriétés physico-chimiques du sol au cycle 2, les traitements ont été divisés en trois groupes (G). Le groupe 1, sol et substrats, constitué des traitements B100, BF75, R67, R75, RF75, RF100 et Sol, est caractérisé par une faible teneur de phosphore assimilable. Le groupe 2, comprenant le traitement BF67 (2/3 bois) est caractérisé par une teneur élevée d'argile et de limon et une faible proportion de sable. Enfin, le groupe 3 qui est constitué des traitements BF100, B75, B67, RB50, RBF50, RF67, R100 et SOLF (Sol amendé) se caractérise par des teneurs élevées de bases échangeables, matière organique et carbone (Figure 21 b).

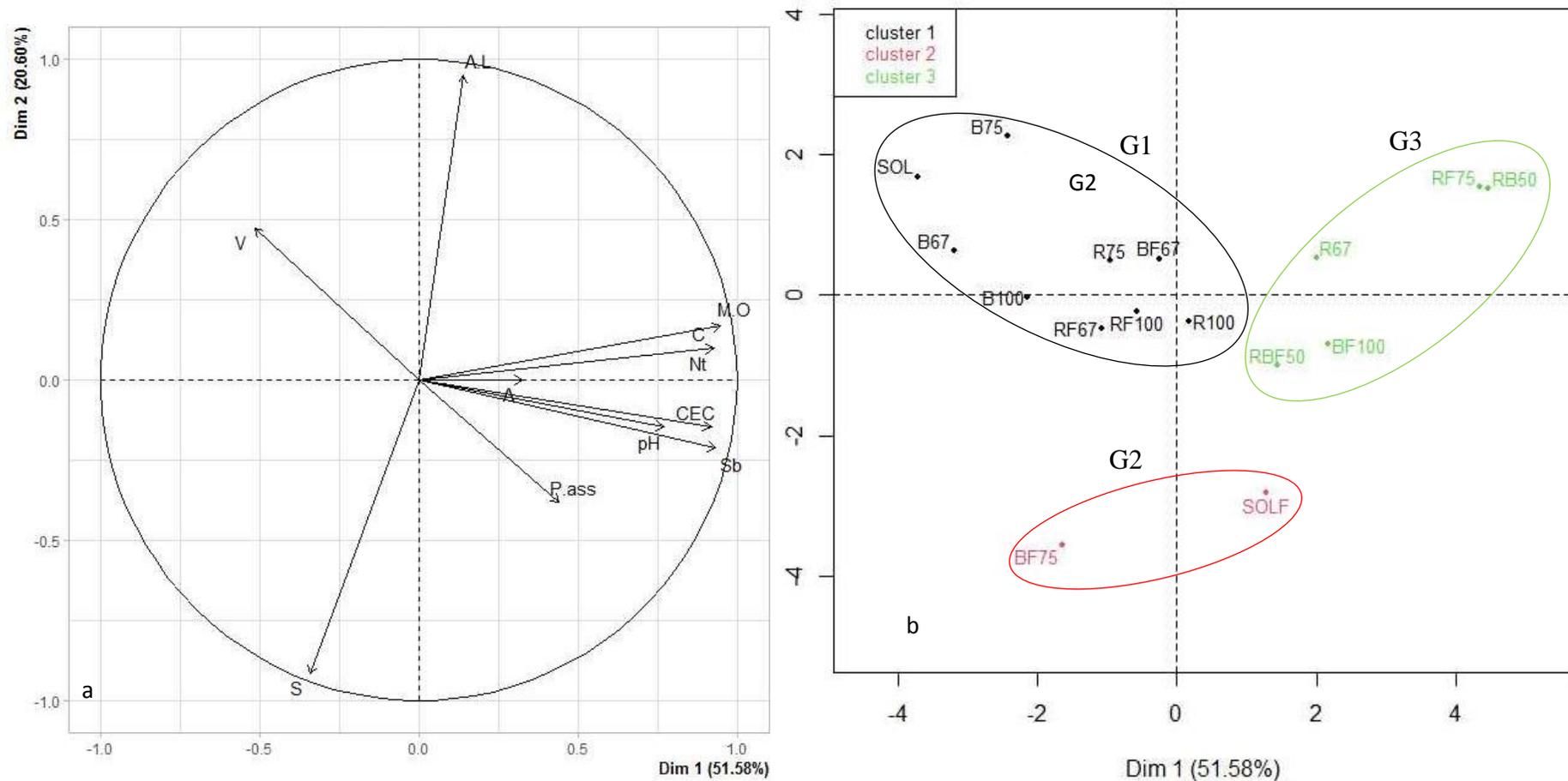


Figure 20 : Analyse en Composantes Principales des paramètres physiques et chimiques des traitements au cycle 1 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b)

A : Argile ; B : Sciure de bois ; C : Carbone ; CEC : Capacité d'échange cationique ; F : Litière de poulet ; L : Limon ; M.O. : Matière organique ; Nt : Azote total ; pH : Potentiel d'action ; P.ass : Phosphore assimilable ; R : Balle de riz ; S : Sable ; Sb : Somme des bases échangeables ; V : Taux de saturation.

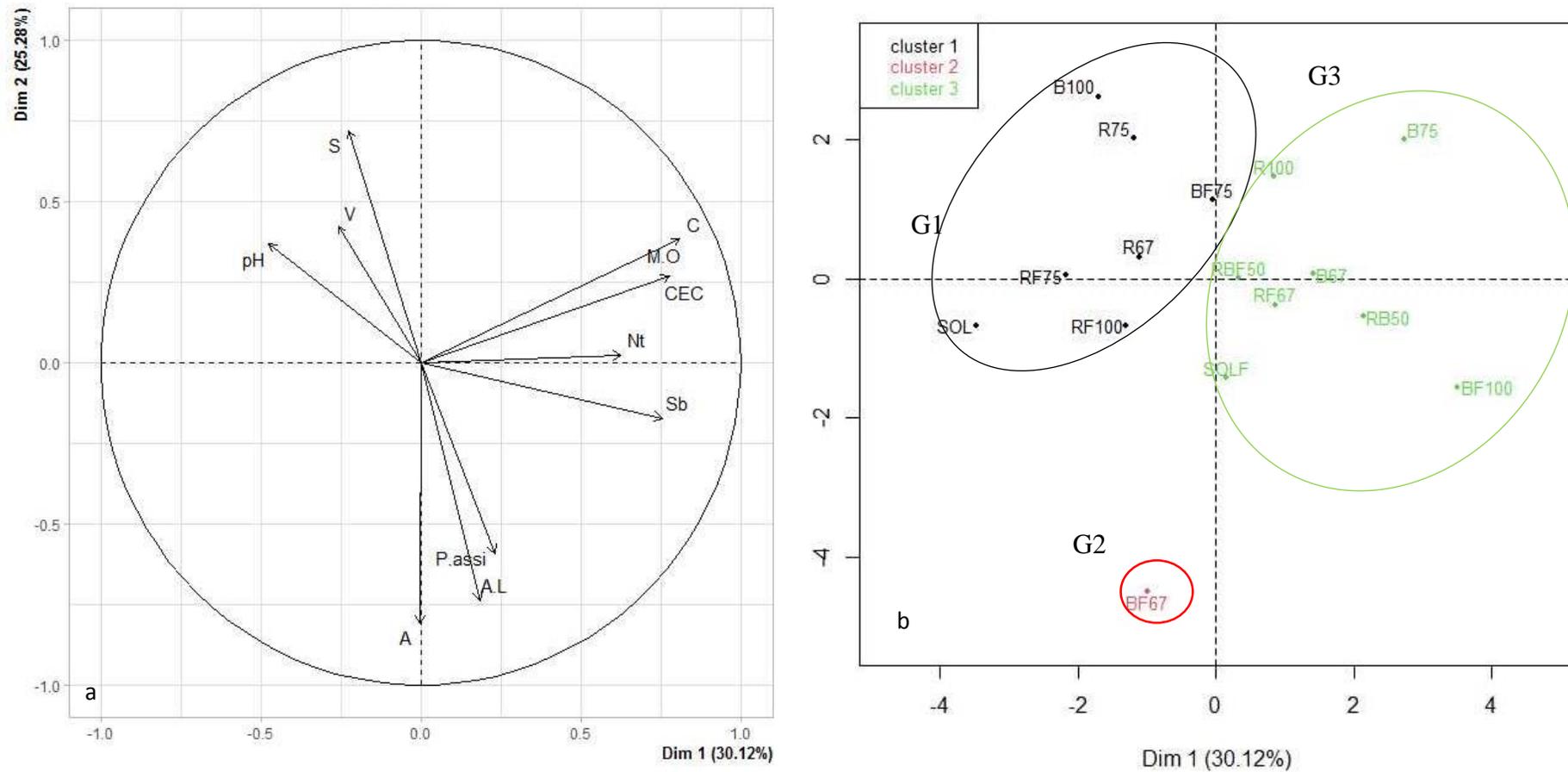


Figure 21 : Analyse en Composantes Principales des paramètres physiques et chimiques des traitements au cycle 2 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b)

A : Argile ; B : Sciure de bois ; C : Carbone ; CEC : Capacité d'échange cationique ; F : Litière de poulet ; L : Limon ; M.O. : Matière organique ; Nt : Azote total ; pH : Potentiel d'action ; P.ass : Phosphore assimilable ; R : Balle de riz ; S : Sable ; Sb : Somme des bases échangeables ; V : Taux de saturation.

### 3.1.6.3. Distinction des traitements par rapport aux paramètres agromorphologiques du maïs et physico-chimiques du sol

Les deux premiers axes de l'ACP ont expliqué 62,65 % de la variabilité de l'influence des traitements sur les paramètres agromorphologiques du maïs et les paramètres physico-chimiques du sol au cycle 1 (Figure 22). La masse des grains (mg), le rendement (rend), la somme des bases échangeables (S), la capacité d'échange cationique (CEC), le pH et les teneurs en matière organique (MO), azote (Nt) et carbone (C) ont été corrélés à l'axe 1 de l'ACP. La hauteur (Haut), le diamètre (Diam), la biomasse sèche totale (bst), le nombre de graines par épi (nge) et la teneur en phosphore assimilable du sol ont été corrélés à l'axe 2 (Figure 22 a).

L'analyse de la Figure 22 b a permis de classer les traitements en trois groupes (G). Le groupe 1, Sol et substrats, constitué des traitements B100, B75, BF75, B67, BF67, RF67, R75, RF100 et Sol, est caractérisé par une CEC, une somme en bases cationiques, une masse en grain et des rendements bas. Le groupe 2, Riz-bois, formé des traitements BF100, RB50, RBF50, R67, RF75 et R100, s'illustre par un taux élevé de matière organique, carbone, azote total, bases cationiques et CEC. Aussi, ce groupe a-t-il présenté un rendement légèrement plus élevé. Enfin, le groupe 3, "Sol amendé à la litière", constitué du traitement SOLF, a été caractérisé par une teneur en phosphore assimilable élevée. Aussi, ce groupe a-t-il favorisé une bonne croissance (haut, diam et bst) du maïs.

Au cycle 2, les axes 1 et 2 de l'ACP ont expliqué 49,61 % de la variabilité de l'influence des traitements sur les paramètres agromorphologiques du maïs et les paramètres physico-chimiques du sol. Les paramètres de croissance et de production de maïs (diam, bst, mep, nge mg) sont assimilés à l'axe 1 de l'ACP. Par contre, les propriétés physico-chimiques (C, MO, P.ass, S, CEC et pH) sont corrélées à l'axe 2 (Figure 23 a).

La figure 23 b a révélé trois groupes (G) de traitements distincts. Les traitements B100, BF75, R67, R75 et Sol (sol et substrats) a constitué le groupe 1, caractérisé par des pH élevés et une teneur en phosphore assimilable faible. Le groupe 2 (G2 ou Riz-bois), composé des traitements BF100, B75, B67, RB50, RBF50, RF67 et R100, est caractérisé par une CEC, une somme en bases cationiques et des teneurs de matière organique et carbone élevées. Enfin, les traitements BF67, RF75, RF100 et SOLF constituant le groupe 3, "sol amendé à la litière", se sont illustrés par une bonne croissance (diam, bst, mep, nge, mg) du maïs.

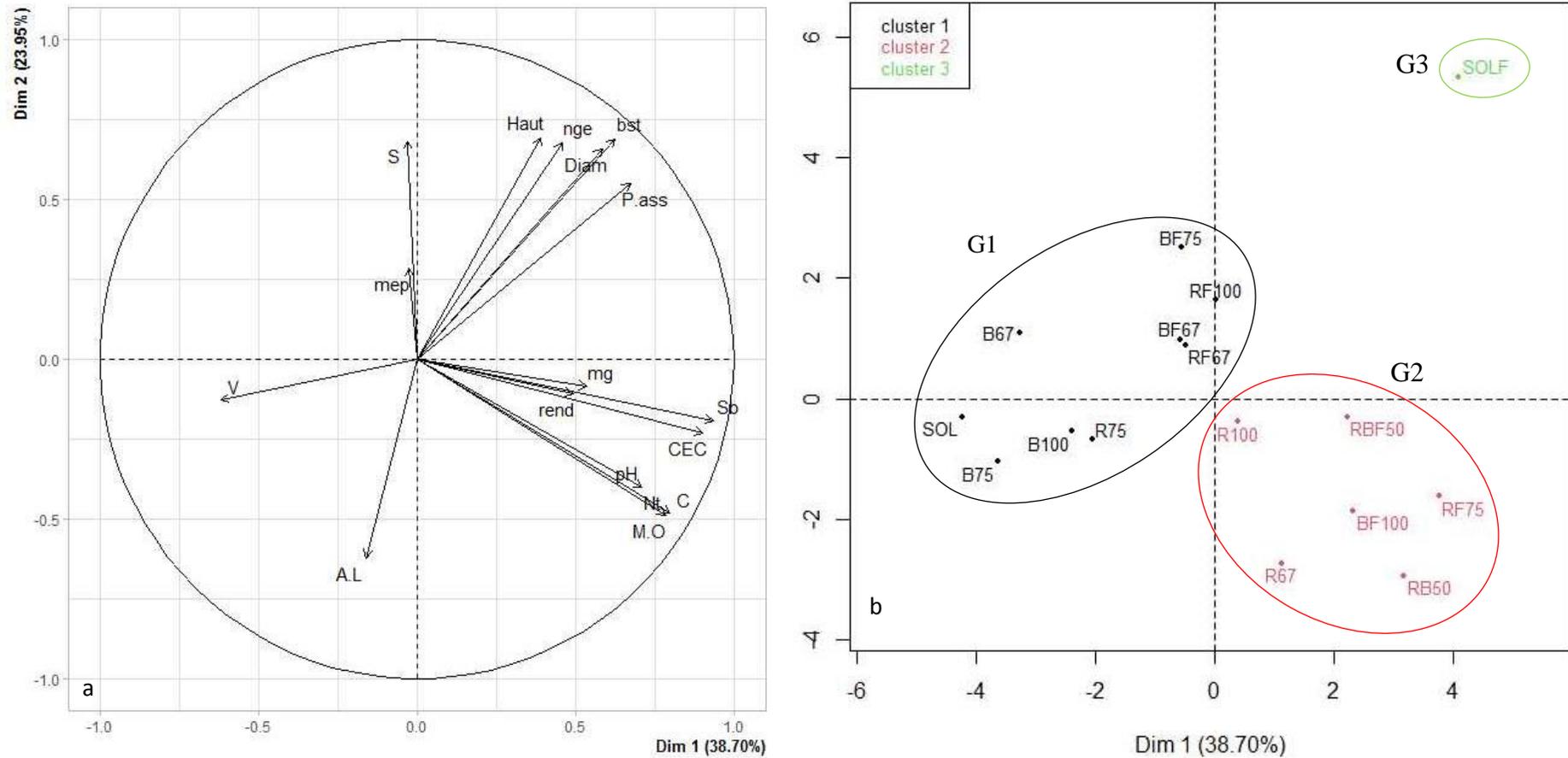


Figure 22 : Analyse en Composantes Principales des paramètres agromorphologiques et physico-chimiques des traitements au cycle 1 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b)

A+L : Argile+Limon ; B : Sciure de bois ; BST : Biomasse sèche totale ; C : Carbone ; Diam : Diamètre des plants ; F : Litière de poulet ; Haut : Hauteur des plants ; mg : Masse des grains ; mep : Masse des épis ; nge : Nombre de graines par épi ; Nt : Azote total ; P.ass : Phosphore assimilable ; Rend : Rendement ; R : Balle de riz ; S : Sable ; Sb : Somme des bases échangeables ; V : Taux de saturation.

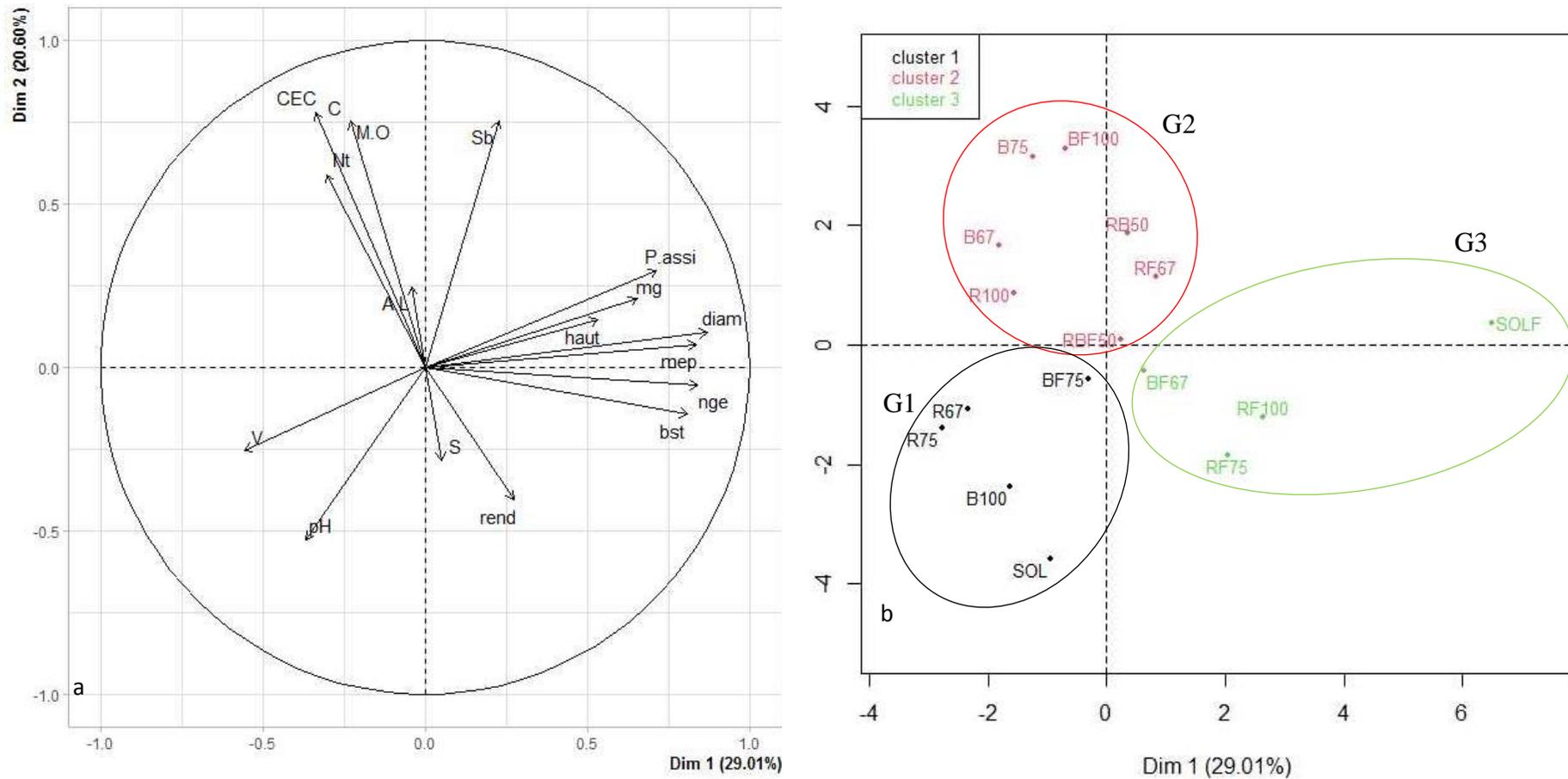


Figure 23 : Analyse en Composantes Principales des paramètres agromorphologiques et physico-chimiques des traitements au cycle 2 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b)

A+L : Argile+Limon ; B : Sciure de bois ; BST : Biomasse sèche totale ; C : Carbone ; Diam : Diamètre des plants ; F : Litière de poulet ; Haut : Hauteur des plants ; mg : Masse des grains ; mep : Masse des épis ; nge : Nombre de graines par épi ; Nt : Azote total ; P.ass : Phosphore assimilable ; Rend : Rendement ; R : Balle de riz ; S : Sable ; Sb : Somme des bases échangeables ; V : Taux de saturation.

#### **3.1.6.4. Distinction des traitements par rapport aux données cumulées des paramètres agromorphologiques et physico-chimiques du sol après deux cycles de culture du maïs**

Les axes 1 et 2 de l'ACP ont expliqué 59,68 % de la variabilité de l'influence des traitements sur les paramètres agromorphologiques du maïs et les paramètres physico-chimiques du sol au cours des deux cycles. Ainsi, les paramètres de croissance et de production de maïs (haut, diam, bst, nge, mep), les taux de phosphore assimilable (P.ass) et de saturation (V) en bases cationiques ainsi que la somme des bases échangeables (S) et la capacité d'échange cationique (CEC) du sol ont été associés à l'axe 1 de l'ACP. L'azote total (Nt), le carbone (C) et la matière organique (MO) ont été corrélés à l'axe 2 de l'ACP (Figure 24 a).

Les résultats de l'ACP ont permis de révéler trois groupes de traitements (Figure 24 b). Ainsi, le groupe 1 (Sol-substrat), constitué des traitements B100, B75, BF75, B67, BF67, RF67, R75, RF100 et Sol est caractérisé par une capacité d'échange cationique (CEC) et une somme en bases échangeables faibles. Le groupe 2 (Riz-bois)), regroupant les traitements BF100, RB50, RBF50, R75 et RF100, se distingue par des taux élevés d'éléments organiques (MO, C, Nt). Enfin, le groupe 3 (G3) qui est constitué du traitement SOLF s'est illustré par une croissance (diamètre, hauteur, bst) élevée du maïs. Aussi, ce groupe a-t-il présenté une teneur élevée en phosphore assimilable.

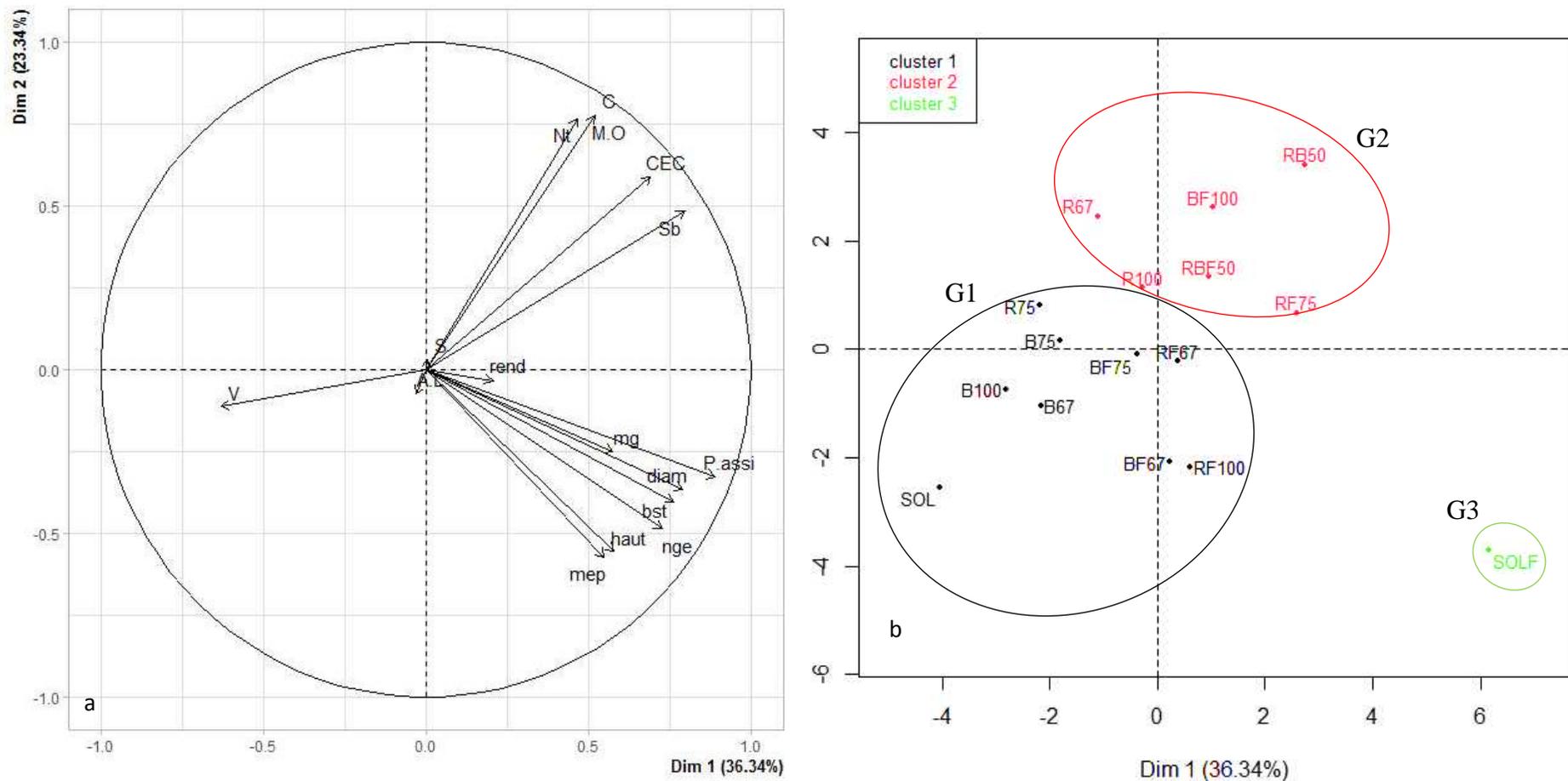


Figure 24 : Analyse en Composantes Principales des paramètres agromorphologiques et physico-chimiques des traitements au cours des deux cycles : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b)

A+L : Argile+Limon ; B : Sciure de bois ; BST : Biomasse sèche totale ; C : Carbone ; Diam : Diamètre des plants ; F : Litière de poulet ; Haut : Hauteur des plants ; mg : Masse des grains ; mep : Masse des épis ; nge : Nombre de graines par épi ; Nt : Azote total ; P.ass : Phosphore assimilable ; Rend : Rendement ; R : Balle de riz ; S : Sable ; Sb : Somme des bases échangeables ; V : Taux de saturation.

### **3.1.7. Effet des résidus agroindustriels sur les paramètres agromorphologiques de l'aubergine**

#### **3.1.7.1. Paramètres de croissance des plants**

##### **3.1.7.1.1. Taux de reprise des plants**

Le tableau XIX, présentant le taux de reprise des plants après repiquage, ne révèle aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements sans litière au cycle 1. Par contre au cycle 2, une différence significative ( $P = 0,02$ ) a été observée entre les traitements pour le taux de reprise des plants après repiquage. Par ailleurs, il a varié de  $76,19 \pm 7,8$  % (R67) à  $95,24 \pm 4,76$  % (Sol).

Il y'a eu une différence très hautement significative ( $P = 0,000$ ) au cycle 1 et significative ( $P = 0,011$ ) au cycle 2 entre les traitements avec litière pour le taux de reprise de l'aubergine après le repiquage (Tableau XX). Les traitements BF67 ( $98,41 \pm 2,74$  %) et RF67 ( $98,41 \pm 2,74$  %) ont plus augmenté ce taux, respectivement, au cycle 1 et 2.

##### **3.1.7.1.2. Diamètre des plants**

Pour le diamètre au collet des plants, aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été établie entre les traitements (Tableaux XIX et XX). Toutefois, les témoins Sol ( $11,39 \pm 0,54$  mm ;  $8,91 \pm 1,44$ ) et SOLF ( $12,36 \pm 1,12$  mm et  $10,31$  mm) ont enregistré des diamètres légèrement plus gros.

##### **3.1.7.1.3. Hauteur des plants**

La hauteur des plants est présentée dans les tableaux XIX (traitements sans litière) et XX (traitements avec litière). Au cycle 1, il y'a eu une différence significative ( $P = 0,011$ ) entre les traitements sans litière pour la hauteur des plants. Par ailleurs, elle a varié de  $41,95 \pm 2,16$  (B100) à  $57,97 \pm 6,76$  cm (Sol). Cependant, aucune différence significative ( $P = 0,082$ ) n'a été observée entre les traitements avec litière pour ce même paramètre. Au cycle 2, une différence très hautement significative ( $P = 0,000$ ) a été observée entre les traitements avec ou sans litière pour la hauteur des plants. Avec les traitements sans litière, elle a été comprise entre  $19,11 \pm 8,62$  (B100) et  $29,81 \pm 5,7$  cm (Sol). En présence de litière, le traitement RF100 ( $40,95 \pm 5,7$  cm) a produit des plants de grandes tailles alors que BF67 ( $26,75 \pm 1,1$  cm) a produit des plants de petites tailles.

Tableau XIX : Effet des traitements sans litière sur la reprise, le diamètre et la hauteur des plants

Px	Cyc	Traitements								CV	P
		B100	B75	B67	RB50	R67	R75	R100	Sol		
Rprse (%)	1 <sup>er</sup>	88,89±2,75 <sup>a</sup>	82,54±2,78 <sup>a</sup>	84,12±2,27 <sup>a</sup>	88,89±5,5 <sup>a</sup>	81,79±12,6 <sup>a</sup>	96,86±5,49 <sup>a</sup>	87,3±7,27 <sup>a</sup>	95,24±4,76 <sup>a</sup>	0,086	0,115 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	80,94±8,25 <sup>ab</sup>	77,14±2,74 <sup>ab</sup>	83,89±2,13 <sup>ab</sup>	90,47±9,52 <sup>ab</sup>	76,19±7,8 <sup>b</sup>	90,48±8,25 <sup>ab</sup>	80,95±3,89 <sup>ab</sup>	95,24±4,76 <sup>a</sup>	0,099	0,02 <sup>*</sup>
Diam (mm)	1 <sup>er</sup>	8,73±1,03 <sup>a</sup>	11±0,72 <sup>a</sup>	10,94±0,91 <sup>a</sup>	11,31±1,85 <sup>a</sup>	10,16±2,09 <sup>a</sup>	11,08±2,17 <sup>a</sup>	10,3±1,84 <sup>a</sup>	11,39±0,54 <sup>a</sup>	0,141	0,470 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	6,92±1,68 <sup>a</sup>	7,68±1,76 <sup>a</sup>	7,71±1,69 <sup>a</sup>	8,70±0,91 <sup>a</sup>	8,02±0,46 <sup>a</sup>	7,48±1,83 <sup>a</sup>	7,62±0,6 <sup>a</sup>	8,91±1,44 <sup>a</sup>	0,165	0,707 <sup>ns</sup>
Haut (cm)	1 <sup>er</sup>	41,95±2,16 <sup>b</sup>	54,75±3,26 <sup>ab</sup>	50,11±6,12 <sup>ab</sup>	52,03±12,58 <sup>ab</sup>	47,47±16,97 <sup>ab</sup>	51,86±9,83 <sup>ab</sup>	44,53±1 <sup>b</sup>	57,97±6,76 <sup>a</sup>	0,124	0,011 <sup>*</sup>
	2 <sup>nd</sup>	19,11±8,62 <sup>b</sup>	23,86±1,89 <sup>b</sup>	25,64±8,35 <sup>b</sup>	28,89±2,54 <sup>b</sup>	27,72±6,17 <sup>a</sup>	23,13±8,91 <sup>b</sup>	22,56±1,62 <sup>b</sup>	29,81±5,7 <sup>b</sup>	0,148	0,000 <sup>***</sup>

Les moyennes de la ligne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; Diam : Diamètre ; Cyc : Cycle ; Haut : Hauteur ; R : Balle de riz carbonisée ; Rprse : Reprise ; Sol : Sol non amendé ; Px : Paramètres.

Tableau XX : Effet des traitements avec litière sur la reprise, le diamètre et la hauteur des plants

Px	Cyc	Traitements								CV	P
		BF100	BF75	BF67	RBF50	RF67	RF75	RF100	SOLF		
Rprse (%)	1 <sup>er</sup>	92,06±5,5 <sup>ab</sup>	80,95±8,24 <sup>bc</sup>	98,41±2,74 <sup>a</sup>	84,13±2,27 <sup>abc</sup>	92,06±9,9 <sup>ab</sup>	74,60±11,9 <sup>c</sup>	96,83±5,49 <sup>a</sup>	87,30±2,75 <sup>abc</sup>	0,11	0,000 <sup>***</sup>
	2 <sup>nd</sup>	82,54±9,91 <sup>ab</sup>	80,08±0,13 <sup>ab</sup>	88,89±8,21 <sup>ab</sup>	87,30±14,54 <sup>ab</sup>	98,41±2,74 <sup>a</sup>	76,19±4,36 <sup>b</sup>	71,43±28,9 <sup>b</sup>	88,89±10,99 <sup>ab</sup>	0,15	0,011 <sup>*</sup>
Diam (mm)	1 <sup>er</sup>	12,31±3,51 <sup>a</sup>	11,14±3,36 <sup>a</sup>	10,17±3,24 <sup>a</sup>	11,14±1,28 <sup>a</sup>	11,67±1,52 <sup>a</sup>	10,78±,99 <sup>a</sup>	10,14±4,88 <sup>a</sup>	12,36±1,12 <sup>a</sup>	0,23	0,983 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	9,69±1,07 <sup>a</sup>	9,15±0,92 <sup>a</sup>	7,96±0,6 <sup>a</sup>	8,40±1,01 <sup>a</sup>	9,55±0,34 <sup>a</sup>	10±0,73 <sup>a</sup>	10,06±0,69 <sup>a</sup>	10,31±1,89 <sup>a</sup>	0,12	0,172 <sup>ns</sup>
Haut (cm)	1 <sup>er</sup>	50,17±14,86 <sup>a</sup>	46,25±15,37 <sup>a</sup>	48,50±20,71 <sup>a</sup>	49,83±7,29 <sup>a</sup>	56,75±8,3 <sup>a</sup>	45,28±23,55 <sup>a</sup>	47,77±2,13 <sup>a</sup>	58,28±5,17 <sup>a</sup>	0,24	0,082 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	31,8±1,13 <sup>c</sup>	31,44±10,76 <sup>c</sup>	26,75±1,1 <sup>d</sup>	29,53±6,29 <sup>cd</sup>	34±11,5 <sup>bc</sup>	37,06±2,58 <sup>ab</sup>	40,95±0,91 <sup>a</sup>	38,49±6,44 <sup>ab</sup>	0,21	0,000 <sup>***</sup>

Les moyennes de la ligne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \*\* : Différence hautement significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; Diam : Diamètre ; Cyc : Cycle ; F : Litière de poulet ; Haut : Hauteur ; R : Balle de riz carbonisée ; Rprse : Reprise ; Sol : Sol non amendé ; Px : Paramètres.

#### **3.1.7.1.4. Nombre de racines par plant**

Le nombre de racines par plant obtenu au cours des deux cycles a permis d'établir une différence très hautement significative ( $P = 0,000$ ) entre les traitements avec et sans litière.

Sans litière, le nombre moyen de racines par plant a varié de  $14,33 \pm 3,38$  (Sol) à  $21,22 \pm 0,05$  racines (B100) au cycle 1 puis de  $14 \pm 0,33$  (Sol) à  $28,56 \pm 1,83$  racines (R100) au cycle 2. Ainsi, au cours des deux cycles le témoin (Sol) a enregistré le plus faible nombre de racines par plant (Tableau XXI).

Pour les traitements avec litière, le nombre de racines par plant a varié de  $13 \pm 1,2$  (BF100) à  $19,89 \pm 0,76$  (RF67) au cycle 1 alors qu'au cycle 2, il a varié de  $22,22 \pm 2,03$  (BF75) à  $29,67 \pm 0,66$  (BF100). Le témoin SOLF a enregistré  $15,44 \pm 2,21$  racines au cycle 1 et  $26,78 \pm 2,34$  racines au cycle 2 (Tableau XXII).

#### **3.1.7.1.5. Biomasse sèche totale**

La biomasse sèche totale a révélé une différence très hautement significative ( $P = 0,000$ ) entre les traitements avec et sans litière. En effet, sans litière, elle a varié de  $14,23 \pm 0,69$  (B100) à  $26 \pm 1,76$  g (RB50) au cycle 1 et de  $13,73 \pm 0,69$  (Sol) à  $34,32 \pm 1,85$  g (RB50) au cycle 2. Pour chaque cycle, le témoin Sol a enregistré la plus petite ( $14,33$  et  $14$  g) biomasse sèche totale (Tableau XXI).

La biomasse sèche totale a, en présence de litière, varié de  $16,11 \pm 0,38$  (BF75) à  $38,56 \pm 4,85$  g (SOLF) et de  $25 \pm 1,15$  (BF67) à  $43,56 \pm 3,33$  g (SOLF), respectivement, au cycle 1 et au cycle 2. Le témoin SOLF a obtenu la plus forte biomasse sèche totale au cours des deux cycles (Tableau XXII).

Tableau XXI : Effet des traitements sans litière sur le nombre de racines et la biomasse sèche totale

Px	Cycl	Traitements								CV	P
		B100	B75	B67	RB50	R67	R75	R100	Sol		
Nrp	1 <sup>er</sup>	21,22±0,05 <sup>a</sup>	15,11±0,5 <sup>c</sup>	16,57±2,02 <sup>bc</sup>	20,33±4,25 <sup>a</sup>	16,11±3,02 <sup>c</sup>	14,89±4,11 <sup>c</sup>	19,56±1,34 <sup>ab</sup>	14,33±3,38 <sup>c</sup>	0,155	0,000 <sup>***</sup>
	2 <sup>nd</sup>	17,22±2,16 <sup>b</sup>	15,89±0,69 <sup>a</sup>	20,89±3,09 <sup>a</sup>	22,78±0,77 <sup>a</sup>	15,22±7,49 <sup>a</sup>	22,33±1,15 <sup>a</sup>	28,56±1,83 <sup>a</sup>	14±0,33 <sup>a</sup>	0,241	0,000 <sup>***</sup>
BST (g)	1 <sup>er</sup>	14,22±0,69 <sup>e</sup>	16±2,02 <sup>e</sup>	18,67±1,73 <sup>cd</sup>	26±1,76 <sup>a</sup>	22,11±2,41 <sup>b</sup>	16,56±1,92 <sup>de</sup>	1,38 <sup>bc</sup>	15±0,88 <sup>e</sup>	0,207	0,000 <sup>***</sup>
	2 <sup>nd</sup>	14,67±1,45 <sup>a</sup>	14,11±1,57 <sup>a</sup>	17,56±1,34 <sup>a</sup>	34,33±1,85 <sup>a</sup>	19,56±9,91 <sup>a</sup>	22,67±4,7 <sup>a</sup>	27±0,33 <sup>a</sup>	13,78±0,69 <sup>a</sup>	0,333	0,000 <sup>***</sup>

Les moyennes de la colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \*\*\* : Différence très hautement significative ; \*\* : Différence hautement significative ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; Sol : Sol non amendé ; Cycl : Cycle ; Nrp : Nombre de racines par plant ; BST : Biomasse sèche totale ; Px : Paramètres.

Tableau XXII : Effet des traitements avec litière sur le nombre de racines et la biomasse sèche totale

Px	Cycl	Traitements								CV	P
		BF100	BF75	BF67	RBF50	RF67	RF75	RF100	SOLF		
Nrp	1 <sup>er</sup>	13±1,72±2,3 <sup>d</sup>	17,78±1,71 <sup>abc</sup>	14,44±1,57 <sup>cd</sup>	18±0,33 <sup>abc</sup>	19,88±0,76 <sup>a</sup>	18±0,88 <sup>abc</sup>	18,89±2,52 <sup>ab</sup>	15,44±2,21 <sup>bcd</sup>	0,166	0,000 <sup>***</sup>
	2 <sup>nd</sup>	29,67±0,66 <sup>a</sup>	22,22±2,03 <sup>d</sup>	23,11±2,16 <sup>cd</sup>	26,44±2,21 <sup>abc</sup>	17,67±2,6 <sup>e</sup>	28,11±1,67 <sup>ab</sup>	25±0,88 <sup>bcd</sup>	26,78±2,34 <sup>abc</sup>	0,212	0,000 <sup>***</sup>
BST (g)	1 <sup>er</sup>	19,33±1,2 <sup>bc</sup>	16,11±0,38 <sup>c</sup>	22,44±9,2 <sup>b</sup>	18,22±2,67 <sup>bc</sup>	22±1,85 <sup>b</sup>	19,67±1 <sup>bc</sup>	19,22±1,83 <sup>bc</sup>	38,56±4,85 <sup>a</sup>	0,341	0,000 <sup>***</sup>
	2 <sup>nd</sup>	31,56±3,94 <sup>bcd</sup>	29,34±1,15 <sup>cde</sup>	25±1 <sup>e</sup>	35,89±2,14 <sup>b</sup>	32±2 <sup>bc</sup>	31,67±12,5 <sup>bc</sup>	27±1,52 <sup>de</sup>	43,56±3,33 <sup>a</sup>	0,285	0,000 <sup>***</sup>

Les moyennes de la colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \*\*\* : Différence très hautement significative ; \*\* : Différence hautement significative ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; F : Litière de poulet ; Px : Paramètres ; Cycl : Cycle ; Nrp : Nombre de racines par plant ; BST : Biomasse sèche totale.

### 3.1.7.1.6. Nombre de fruits par plant

Le nombre de fruits par plant est présenté par les tableaux XXIII (traitements sans litière) et XXIV (traitements avec litière).

Au cycle 1, aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été observée entre les traitements alors qu'au second cycle, la différence entre ces traitements a été significative ( $P = 0,029$ ) pour le nombre de fruits par plant. Ainsi, au cycle 2, le nombre de fruits par plant a varié de  $11,37 \pm 0,82$  (R75) à  $18,22 \pm 1,25$  (RB50). Le témoin Sol a produit  $6,73 \pm 0,93$  fruits au cycle 1 et  $13,79 \pm 4,04$  au cycle 2.

Avec l'apport de la litière, une différence très hautement significative ( $P = 0,000$ ) a été observée entre les traitements pour le nombre de fruits par plant au cours des deux cycles. Ainsi, il a été dénombré entre  $5,41 \pm 0,55$  (BF67) et  $11,44 \pm 1,26$  fruits par plant (BF100), au cycle 1, puis entre  $13,5 \pm 0,54$  (BF67) et  $24,77 \pm 11,42$  fruits (BF100) par plant d'aubergines au cycle 2.

### 3.1.7.1.7. Masse de fruits par plant

La masse d'aubergines récoltées par plant a révélé une différence très hautement significative ( $P = 0,000$ ) entre les traitements qu'ils aient été avec ou sans litière. En effet, en absence de litière, il a été récolté entre  $144,73 \pm 11,85$  (B67) et  $225,99 \pm 14,52$  g (R100) au cycle 1 et entre  $455,01 \pm 51,08$  (Sol) et  $841,79 \pm 92,27$  g (RB50) au cycle 2 (Tableau XXIII).

L'apport complémentaire de la litière a permis une production comprise entre  $142,03 \pm 3,71$  (BF67) et  $325,5 \pm 17,47$  g (BF100) de fruits au cycle 1, puis entre  $571,71 \pm 33,28$  (BF67) et  $1129,45 \pm 100$  g (BF100) d'aubergine au second cycle. Ainsi, sur l'ensemble des deux cycles de culture, le traitement BF100 a enregistré la plus forte masse d'aubergines (Tableau XXIV).

### 3.1.7.1.8. Calibre des aubergines

Le calibre des aubergines a présenté une différence hautement significative ( $P = 0,002$ ) entre les traitements au cycle 1. Le traitement B67 ( $41,65 \pm 1,91$  mm) a plus favorisé le calibre des aubergines alors que le traitement B100 ( $31,4 \pm 0,88$  mm) a enregistré des aubergines de petits calibres. Au second cycle, la différence entre les traitements pour le calibre des aubergines n'a pas été significative ( $P = 0,053$ ).

De même, entre les traitements avec litière aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été observée au cours des deux cycles de culture (Tableau XXIV). Dans cette situation, la taille du fruit d'aubergine a varié de  $34,11 \pm 1,45$  (RBF50) à  $37,69 \pm 0,53$  mm (BF100) au cycle 1 et de  $40,92 \pm 3,01$  (BF67) à  $43,17 \pm 2,75$  mm (RBF50) au cycle 2.

Tableau XXIII : Effet de la balle de riz et de la sciure de bois carbonisées sur la production de l'aubergine

Px	Cyc	Traitements							CV	P	
		B100	B75	B67	RB50	R67	R75	R100			Sol
NAP	1 <sup>er</sup>	6,94±0,49 <sup>a</sup>	5,80±0,5 <sup>a</sup>	5,70±0,51 <sup>a</sup>	7,32±1,72 <sup>a</sup>	5,41±4,11 <sup>a</sup>	6,94±0,19 <sup>a</sup>	6,67±0,85 <sup>a</sup>	6,73±0,93 <sup>a</sup>	0,235	0,794 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	13,76±2,62 <sup>ab</sup>	12,36±1,09 <sup>b</sup>	14,02±0,54 <sup>ab</sup>	18,22±1,25 <sup>a</sup>	14,67±1,7 <sup>ab</sup>	11,37±10,82 <sup>b</sup>	14,61±10,91 <sup>ab</sup>	13,79±4,08 <sup>ab</sup>	0,176	0,029 <sup>*</sup>
MA (g)	1 <sup>er</sup>	185,62±10,44 <sup>bc</sup>	149,09±5,45 <sup>c</sup>	144,73±11,85 <sup>c</sup>	173,67±10,67 <sup>bc</sup>	211,77±13,31 <sup>ab</sup>	156,19±28,44 <sup>c</sup>	225,99±14,52 <sup>a</sup>	200,92±16,52 <sup>ab</sup>	0,171	0,000 <sup>***</sup>
	2 <sup>nd</sup>	555,39±59,68 <sup>b</sup>	555,78±71,17 <sup>b</sup>	570,23±29,94 <sup>b</sup>	841,79±92,27 <sup>a</sup>	523,79±43,65 <sup>b</sup>	481,47±9,44 <sup>b</sup>	550,10±40,76 <sup>b</sup>	455,01±51,08 <sup>b</sup>	0,211	0,0001 <sup>***</sup>
Cbre (mm)	1 <sup>er</sup>	31,41±0,88 <sup>b</sup>	34,71±13,18 <sup>b</sup>	41,65±1,91 <sup>a</sup>	34,66±3 <sup>b</sup>	34,79±2 <sup>b</sup>	35,91±1,38 <sup>ab</sup>	36,05±1,5 <sup>ab</sup>	34,78±1,66 <sup>b</sup>	0,089	0,002 <sup>**</sup>
	2 <sup>nd</sup>	39,18±0,72 <sup>a</sup>	41,94±0,95 <sup>a</sup>	41,73±0,91 <sup>a</sup>	41,89±1,46 <sup>a</sup>	40,13±0,8 <sup>a</sup>	41,91±0,91 <sup>a</sup>	41,83±2,21 <sup>a</sup>	39,53±1,46 <sup>a</sup>	0,037	0,053 <sup>ns</sup>

Les moyennes de la ligne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \*\*\* : Différence très hautement significative ; \*\* : Différence hautement significative ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; Sol : Sol non amendé ; NAP : Nombre d'aubergine par plant ; MA : Masse aubergine par plant ; Cbre : Calibre ; Cyc : Cycle ; Px : Paramètres.

Tableau XXIV : Effet de la balle de riz et de la sciure de bois carbonisées associées à la litière de poulet sur la production de l'aubergine

Px	Cyc	Traitements							CV	P	
		BF100	BF75	BF67	RBF50	RF67	RF75	RF100			SOLF
NAP	1 <sup>er</sup>	11,44±1,26 <sup>a</sup>	9,77±0,31 <sup>ab</sup>	5,78±0,55 <sup>c</sup>	8,45±1,41 <sup>b</sup>	7,65±0,45 <sup>bc</sup>	7,36±0,95 <sup>bc</sup>	7,55±1,28 <sup>bc</sup>	9,26±0,54 <sup>ab</sup>	0,214	0,000 <sup>***</sup>
	2 <sup>nd</sup>	24,77±11,42 <sup>a</sup>	16,85±0,77 <sup>bc</sup>	13,5±0,54 <sup>c</sup>	14,47±1,01 <sup>c</sup>	16,93±10,88 <sup>bc</sup>	21,52±1,83 <sup>ab</sup>	18,85±0,89 <sup>bc</sup>	18,24±0,97 <sup>bc</sup>	0,196	0,000 <sup>***</sup>
MA (g)	1 <sup>er</sup>	325,5±17,47 <sup>a</sup>	252,16±10,37 <sup>b</sup>	142,03±3,71 <sup>d</sup>	210,32±3,09 <sup>c</sup>	207,77±8,82 <sup>c</sup>	263,93±17,94 <sup>b</sup>	212,38±4,26 <sup>c</sup>	182,48±10,8 <sup>c</sup>	0,235	0,000 <sup>***</sup>
	2 <sup>nd</sup>	1129,45±100 <sup>a</sup>	590,57±63,43 <sup>c</sup>	571,71±33,28 <sup>c</sup>	666,21±87,77 <sup>bc</sup>	745,11±29,18 <sup>b</sup>	1000,6±40,39 <sup>ab</sup>	776,05±51,66 <sup>b</sup>	858,05±48,05 <sup>b</sup>	0,24	0,000 <sup>***</sup>
Cbre (mm)	1 <sup>er</sup>	37,69±0,53 <sup>a</sup>	36,28±0,56 <sup>a</sup>	34,7±0,8 <sup>a</sup>	34,11±1,45 <sup>a</sup>	35,95±0,59 <sup>a</sup>	35,71±2,64 <sup>a</sup>	34,67±2,43 <sup>a</sup>	35,31±11,32 <sup>a</sup>	0,046	0,191 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	41,52±2,6 <sup>a</sup>	42,01±1,96 <sup>a</sup>	40,92±3,01 <sup>a</sup>	43,17±2,75 <sup>a</sup>	41,56±4,37 <sup>a</sup>	41,50±1,97 <sup>a</sup>	42,14±1,01 <sup>a</sup>	42,82±2,02 <sup>a</sup>	0,054	0,968 <sup>ns</sup>

Les moyennes de la ligne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \*\*\* : Différence très hautement significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; F : Litière de poulet ; NAP : Nombre d'aubergine par plant ; MA : Masse aubergine par plant ; Cbre : Calibre ; Cyc : Cycle ; Px : Paramètres.

### 3.1.7.1.9. Rendement

Le rendement en aubergine a marqué une différence très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les traitements appliqués au sol, avec ou sans litière, au cours des deux cycles.

La figure 25 montre que les rendements des traitements sans litière ont varié de  $4,13 \pm 1,13$  (B67) à  $7,33 \pm 0,86$  t ha<sup>-1</sup> (Sol) au cycle 1 et de  $7,66 \pm 0,68$  (Sol) à  $26,17 \pm 19,06$  t ha<sup>-1</sup> (RB50) au cycle 2. En présence de litière, le rendement a varié de  $4,89 \pm 1,23$  (BF67) à  $10,41 \pm 1,66$  t ha<sup>-1</sup> (BF100) au cycle 1 et  $19,57 \pm 10,66$  (BF67) à  $35,93 \pm 9,69$  t ha<sup>-1</sup> (BF100) au second cycle. Après les deux cycles de culture, le traitement BF100 a eu le meilleur rendement (Figure 26).

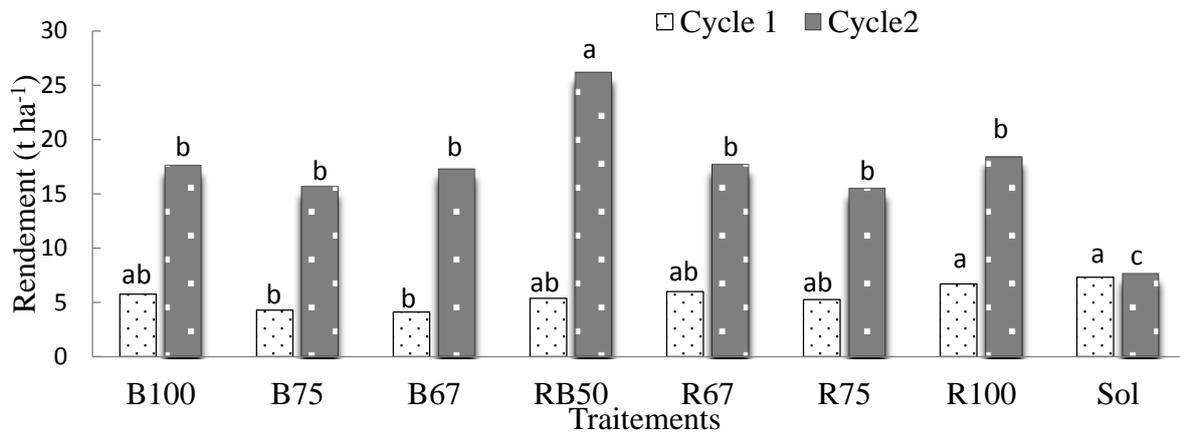


Figure 25 : Effet de la balle de riz et de la sciure de bois carbonisées sur le rendement de l'aubergine

Les moyennes du cycle suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; B : Sciure de bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; Sol : Sol non amendé.

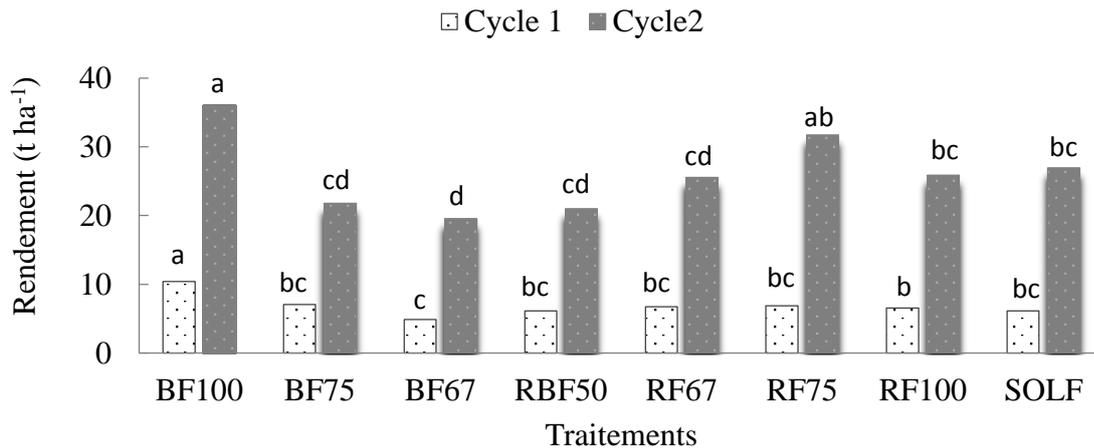


Figure 26 : Effets combinés des résidus agroindustriels carbonisés et de la litière de poulet sur le rendement de l'aubergine

Les moyennes du cycle suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; B : Sciure de bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; F : Litière de poulet.

### **3.1.8. Effet des résidus agroindustriels sur les propriétés physiques du sol sous culture d'aubergine**

#### **3.1.8.1. Granulométrie**

La granulométrie du sol a varié au cours des deux cycles de culture d'aubergine (Tableau XXV). Au cycle 1, il y'a eu une différence significative ( $P = 0,049$ ) entre les traitements pour le taux d'argile. Par ailleurs, ce taux a varié de  $2 \pm 0,33$  (R67) à  $9 \pm 1,05$  % (RB50). Par contre, il n'y a pas eu de différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements pour les teneurs en limon et sable du sol. La réalisation d'un second cycle a permis d'observer une augmentation des proportions d'argile et de limon du sol. La teneur d'argile a varié de  $7,5 \pm 2$  (B67) à  $16 \pm 2,04$  % (R100). Cette variation n'a révélé aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements. En revanche, il y'a eu une différence hautement significative ( $P = 0,003$ ) et significative ( $P = 0,017$ ) entre les traitements pour le limon et le sable. La proportion de limon a varié de  $12,8 \pm 2,42$  (Sol) à  $38,25 \pm 5,16$  % (B67) après le second cycle.

Après un cycle de production avec apport de litière, il y'a eu une différence significative ( $P = 0,04$ ) entre les traitements pour la teneur en argile du sol qui a varié entre  $1,5 \pm 0,89$  (RBF50 et SOLF) et  $8 \pm 2,7$  % (BF100). Par contre, aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été observée entre les traitements pour le limon et le sable. Il en a été de même après le cycle 2 ( $P = 0,185$ ) pour l'argile. Cependant, quant aux teneurs en limon et en sable, une différence significative ( $P < 0,05$ ) a été observée entre les traitements avec litière (Tableau XXVI).

#### **3.1.8.2. Taux de matière organique**

Les figures 27 et 28 présentent, respectivement, le taux de matière organique (MO) du sol sous traitements sans litière et avec litière. Il y'a eu une différence significative ( $P < 0,05$ ) et hautement significative ( $P < 0,01$ ) entre les traitements sans litière pour le taux de MO, respectivement, au cycle 1 et 2. En effet, ce taux a varié de  $1,55 \pm 0,11$  (Sol) à  $2,83 \pm 1,17$  % (R67) au cycle 1 et de  $1,34 \pm 0,32$  (Sol) à  $2,99 \pm 1,33$  % (B100) au cycle 2.

Avec la litière, une différence hautement significative ( $P < 0,01$ ) et significative ( $P < 0,05$ ), respectivement, au cycle 1 et 2 a été observé entre les traitements pour le taux de MO. Au cycle 1, il a varié de  $1,30 \pm 0,36$  % (RFB50) à  $3,33 \pm 1,61$  % (RF100) et de  $2,01 \pm 0,35$  % (RF67) à  $2,92 \pm 1,18$  % (RF100) au cycle 2.

Tableau XXV : Granulométrie du sol en fonction des traitements sans litière

Px	Cycle	Traitements								CV	P
		B100	B75	B67	RB50	R67	R75	R100	Sol		
A	1 <sup>er</sup>	2,50±0,24 <sup>b</sup>	3,5±1,01 <sup>ab</sup>	3,5±1,01 <sup>ab</sup>	9±1,05 <sup>a</sup>	2±0,33 <sup>b</sup>	4,5±2 <sup>ab</sup>	4±2,04 <sup>ab</sup>	4±1,5 <sup>ab</sup>	0,48	0,049 <sup>*</sup>
	(%) 2 <sup>nd</sup>	10,5±2,04 <sup>a</sup>	8±1,24 <sup>a</sup>	7,5±2 <sup>a</sup>	11±1,11 <sup>a</sup>	11±2 <sup>a</sup>	9,5±2,04 <sup>a</sup>	16±0,09 <sup>a</sup>	8±2,12 <sup>a</sup>	0,24	0,114 <sup>ns</sup>
L	1 <sup>er</sup>	15,95±2,17 <sup>a</sup>	15,5±3,17 <sup>a</sup>	14,20±4,22 <sup>a</sup>	8,35±3,8 <sup>a</sup>	19,35±3,9 <sup>a</sup>	13,2±1,71 <sup>a</sup>	16,12±4,1 <sup>a</sup>	14±2,61 <sup>a</sup>	0,18	0,091 <sup>ns</sup>
	(%) 2 <sup>nd</sup>	20,30±3 <sup>b</sup>	18,45±3,8 <sup>bc</sup>	38,25±5,16 <sup>a</sup>	14,75±3,17 <sup>cd</sup>	16,25±3,17 <sup>bcd</sup>	18,9±1,23 <sup>bc</sup>	16,2±2,33 <sup>bcd</sup>	12,80±2,42 <sup>d</sup>	0,34	0,003 <sup>**</sup>
S	1 <sup>er</sup>	80,07±0,61 <sup>a</sup>	80,1±1,11 <sup>a</sup>	80,84±4,33 <sup>a</sup>	81,4±2,73 <sup>a</sup>	77±1,27 <sup>a</sup>	81±4,13 <sup>a</sup>	78,5±6,93 <sup>a</sup>	78,49±1,55 <sup>a</sup>	0,02	0,747 <sup>ns</sup>
	(%) 2 <sup>nd</sup>	66,21±7,23 <sup>a</sup>	72,21±2,43 <sup>a</sup>	51,90±6,23 <sup>b</sup>	71,53±1,77 <sup>a</sup>	70,84±2,11 <sup>a</sup>	69,35±4,61 <sup>a</sup>	65,02±10,88 <sup>a</sup>	76,96±7,09 <sup>a</sup>	0,09	0,017 <sup>*</sup>

Les moyennes de la ligne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \*\* : Différence hautement significative ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; Sol : Sol non amandé ; B : Sciure de bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; Px : Paramètres ; A : Argile ; L : Limon ; S : Sable.

Tableau XXVI : Granulométrie du sol en fonction des traitements avec litière de poulet

Px	Cycle	Traitements								CV	P
		BF100	BF75	BF67	RBF50	RF67	RF75	RF100	SOLF		
A	1 <sup>er</sup>	8±2,7 <sup>a</sup>	5±,5 <sup>ab</sup>	3,5±1,14 <sup>ab</sup>	1,5±0,89 <sup>b</sup>	4,5±1,81 <sup>ab</sup>	2,5±0,16 <sup>ab</sup>	4±0,33 <sup>ab</sup>	1,5±0,09 <sup>b</sup>	0,51	0,04 <sup>*</sup>
	(%) 2 <sup>nd</sup>	8±2,5 <sup>a</sup>	9±3 <sup>a</sup>	12±2,8 <sup>a</sup>	10±2,15 <sup>a</sup>	10±1,17 <sup>a</sup>	13±2,26 <sup>a</sup>	12±2,88 <sup>a</sup>	12±1,4 <sup>a</sup>	0,19	0,185 <sup>ns</sup>
L	1 <sup>er</sup>	10,22±1,38 <sup>a</sup>	18,80±2,21 <sup>a</sup>	18,3±3,08 <sup>a</sup>	18,90±3,51 <sup>a</sup>	15,30±3,11 <sup>a</sup>	20,21±5,08 <sup>a</sup>	18,95±4,23 <sup>a</sup>	14,95±3,5 <sup>a</sup>	0,2	0,066 <sup>ns</sup>
	(%) 2 <sup>nd</sup>	31,4±3,82 <sup>abc</sup>	19,3±2,72 <sup>bc</sup>	40,05±6,26 <sup>a</sup>	17,35±4,24 <sup>c</sup>	25,35±7,2 <sup>abc</sup>	17,05±4,19 <sup>c</sup>	19,4±6,27 <sup>bc</sup>	37,85±6,32 <sup>ab</sup>	0,33	0,023 <sup>*</sup>
S	1 <sup>er</sup>	80,2±1,77 <sup>a</sup>	74,43±6,51	76,78±5,16 <sup>a</sup>	78,84±3,11 <sup>a</sup>	78,93±3,01 <sup>a</sup>	76,2±5,74 <sup>a</sup>	75,11±6,83 <sup>a</sup>	81,82±0,16 <sup>a</sup>	0,03	0,401 <sup>ns</sup>
	(%) 2 <sup>nd</sup>	58,32±13,62 <sup>abc</sup>	69,62±11,32 <sup>ab</sup>	45,13±14,81 <sup>c</sup>	70,30±8,64 <sup>a</sup>	62,64±11,3 <sup>abc</sup>	67,20±10,74 <sup>abc</sup>	65,68±8,26 <sup>abc</sup>	47,33±13,64 <sup>bc</sup>	0,15	0,024 <sup>*</sup>

Les moyennes de la ligne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure de bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; Sol : Sol non amandé ; B : Sciure de bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; F : Litière de poulet ; Px : Paramètres ; A : Argile ; L : Limon ; S : Sable.

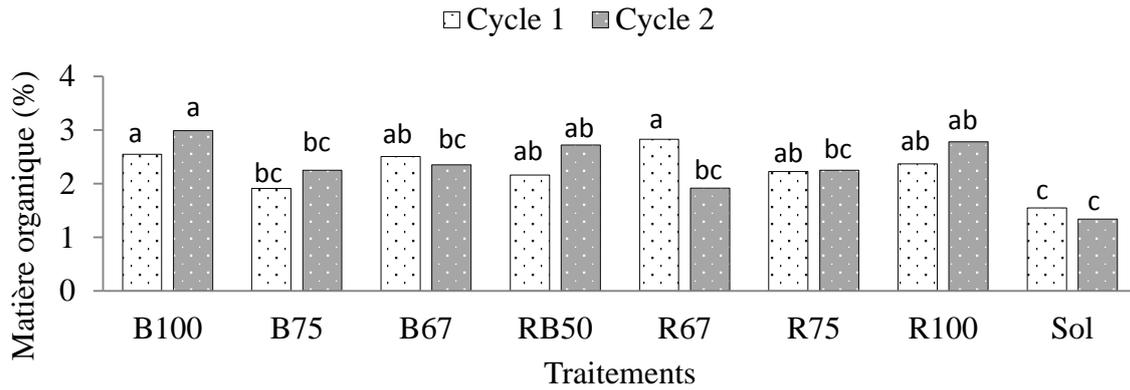


Figure 27 : Evolution du taux de matière organique du sol sous l'influence de la balle de riz et de la sciure de bois carbonisées.

Les moyennes du cycle suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; B : Sciure de bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; Sol : Sol non amendé.

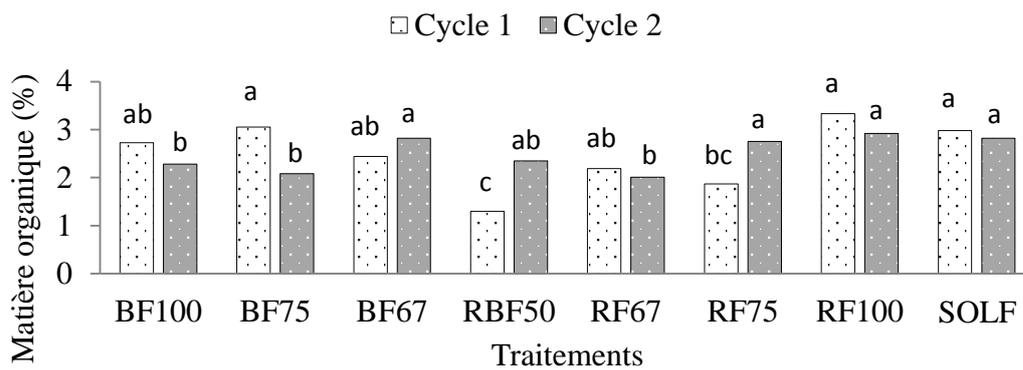


Figure 28 : Evolution du taux de matière organique du sol sous l'influence des résidus agroindustriels associés à la litière de poulet.

Les moyennes du cycle suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; B : Sciure de bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; F : Litière de poulet.

### **3.1.9. Effet des résidus agroindustriels sur les propriétés chimiques du sol sous culture d'aubergine**

#### **3.1.9.1. pH**

Pour le pH du sol, il n'y a pas eu de différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements qu'ils soient sans litière ou avec litière (Tableaux XXVII et XXVIII).

#### **3.1.9.2. Taux de carbone organique**

Les traitements avec ou sans la litière ont entraîné une augmentation du taux de carbone organique du sol. Toutefois, aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été observée entre ces traitements pour ce taux.

Les traitements sans litière ont permis d'obtenir un taux de carbone organique compris de  $0,91 \pm 0,21$  (Sol) à  $1,65 \pm 0,38$  % (R67) au cycle 1, contre  $0,78 \pm 0,21$  (Sol) à  $1,74 \pm 0,67$  % (B100) au cycle 2 (Tableau XXVII).

En présence de litière, ce taux a varié de  $0,76 \pm 0,09$  (RBF50) à  $1,94 \pm 0,19$  % (RF100) au cycle 1 et de  $0,59 \pm 0,07$  (RF67) à  $1,70 \pm 0,48$  % (RF100) au cycle 2 (Tableau XXVIII).

#### **3.1.9.3. Azote total**

Au cours des deux cycles, aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été observée entre les traitements avec ou sans litière pour la teneur de l'azote. Cependant, la teneur de l'azote total a été, dans l'ensemble, améliorée au cours des deux cycles par les apports au sol des traitements (Tableaux XXVII et XXVIII).

#### **3.1.9.4. Rapport carbone / azote**

L'analyse de la variance n'a révélé aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements avec ou sans litière au cours des deux cycles (Tableaux XXVII et XXVIII).

Tableau XXVII : Effet des traitements sans litière sur le pH, le carbone, l'azote total et le rapport carbone - azote du sol

Paramètres	Cycle	Traitements								CV	P
		B100	B75	B67	RB50	R67	R75	R100	Sol		
pH	1 <sup>er</sup>	5,8±0,37 <sup>a</sup>	6,2±0,6 <sup>a</sup>	5,7±0,39 <sup>a</sup>	6±0,51 <sup>a</sup>	6±0,48 <sup>a</sup>	6,3±0,37 <sup>a</sup>	5,9±0,48 <sup>a</sup>	5,8±0,36 <sup>a</sup>	0,035	0,522 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	5,9±0,4 <sup>a</sup>	5,9±0,37 <sup>a</sup>	5,8±0,49 <sup>a</sup>	5,8±0,4 <sup>a</sup>	5,9±0,5 <sup>a</sup>	5,8±0,53 <sup>a</sup>	5,7±0,37 <sup>a</sup>	6,1±0,53 <sup>a</sup>	0,022	0,357 <sup>ns</sup>
C (%)	1 <sup>er</sup>	1,48±0,38 <sup>a</sup>	1,11±0,28 <sup>a</sup>	1,46±0,46 <sup>a</sup>	1,26±0,24 <sup>a</sup>	1,65±0,38 <sup>a</sup>	1,3±0,28 <sup>a</sup>	1,38±0,25 <sup>a</sup>	0,91±0,21 <sup>a</sup>	0,187	0,104 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	1,74±0,67 <sup>a</sup>	1,31±0,32 <sup>a</sup>	1,37±0,38 <sup>a</sup>	1,58±0,4 <sup>a</sup>	1,11±0,3 <sup>a</sup>	1,31±0,19 <sup>a</sup>	1,62±0,21 <sup>a</sup>	0,78±0,21 <sup>a</sup>	0,263	0,25 <sup>ns</sup>
Nt (%)	1 <sup>er</sup>	0,13±0,08 <sup>a</sup>	0,10±0,07 <sup>a</sup>	0,13±0,04 <sup>a</sup>	0,10±0,08 <sup>a</sup>	0,15±0,03 <sup>a</sup>	0,11±0,07 <sup>a</sup>	0,12±0,07 <sup>a</sup>	0,08±0,009 <sup>a</sup>	0,21	0,416 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	0,10±0,06 <sup>a</sup>	0,07±0,005 <sup>a</sup>	0,09±0,002 <sup>a</sup>	0,07±0,009 <sup>a</sup>	0,12±0,07 <sup>a</sup>	0,08±0,004 <sup>a</sup>	0,10±0,02 <sup>a</sup>	0,07±0,003 <sup>a</sup>	0,195	0,234 <sup>ns</sup>
C/Nt	1 <sup>er</sup>	11,4±3,7 <sup>a</sup>	11,1±2,83 <sup>a</sup>	11,24±3,62 <sup>a</sup>	12,54±3,49 <sup>a</sup>	10,98±3,38 <sup>a</sup>	11,78±2,26 <sup>a</sup>	11,49±2,36 <sup>a</sup>	11,29±1,46 <sup>a</sup>	0,053	0,931 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	18,23±4,46 <sup>a</sup>	19,44±3,9 <sup>a</sup>	15,23±2,4 <sup>a</sup>	23,50±5,82 <sup>a</sup>	9,45±2,09 <sup>a</sup>	16,67±3,4 <sup>a</sup>	17±4,78 <sup>a</sup>	11,50±1,67 <sup>a</sup>	0,255	0,091 <sup>ns</sup>

Les moyennes de la ligne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure d bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; Sol : Sol non amendé ; C : Carbone ; Nt : Azote total ; C/Nt : Rapport carbone-azote.

Tableau XXVIII : Effet des traitements avec litière sur le pH, le carbone, l'azote et le rapport carbone – azote du sol

Paramètres	Cycles	Traitements								CV	P
		BF100	BF75	BF67	RBF50	RF67	RF75	RF100	SOLF		
pH	1 <sup>er</sup>	6±0,91 <sup>a</sup>	6,6±1,1 <sup>a</sup>	6,2±0,94 <sup>a</sup>	6,9±0,2 <sup>a</sup>	6,1±0,7 <sup>a</sup>	6,1±0,62 <sup>a</sup>	6±0,81 <sup>a</sup>	5,9±0,34 <sup>a</sup>	0,054	0,237 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	5,9±0,5 <sup>a</sup>	5,8±0,49 <sup>a</sup>	5,8±0,5 <sup>a</sup>	5,8±0,24 <sup>a</sup>	5,9±0,36 <sup>a</sup>	5,9±0,31 <sup>a</sup>	5,7±0,44 <sup>a</sup>	6,1±0,46 <sup>a</sup>	0,024	0,536 <sup>ns</sup>
C (%)	1 <sup>er</sup>	1,58±0,22 <sup>a</sup>	1,77±0,32 <sup>a</sup>	1,42±0,24 <sup>a</sup>	0,76±0,09 <sup>a</sup>	1,27±0,11 <sup>a</sup>	1,09±0,28 <sup>a</sup>	1,94±0,19 <sup>a</sup>	1,73±0,4 <sup>a</sup>	0,282	0,074 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	1,33±0,29 <sup>a</sup>	1,21±0,16 <sup>a</sup>	1,64±0,4 <sup>a</sup>	1,37±0,24 <sup>a</sup>	0,59±0,07 <sup>a</sup>	1,6±0,36 <sup>a</sup>	1,7±0,48 <sup>a</sup>	1,64±0,32 <sup>a</sup>	0,245	0,326 <sup>ns</sup>
Nt (%)	1 <sup>er</sup>	0,14±0,04 <sup>a</sup>	0,16±0,09 <sup>a</sup>	0,13±0,07 <sup>a</sup>	0,07±0,03 <sup>a</sup>	0,11±0,06 <sup>a</sup>	0,10±0,012 <sup>a</sup>	0,18±0,2 <sup>a</sup>	0,16±0,09 <sup>a</sup>	0,297	0,202 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	0,09±0,008 <sup>a</sup>	0,08±0,04 <sup>a</sup>	0,13±0,3 <sup>a</sup>	0,09±0,007 <sup>a</sup>	0,07±0,04 <sup>a</sup>	0,10±0,08 <sup>a</sup>	0,07±0,04 <sup>a</sup>	0,11±0,03 <sup>a</sup>	0,205	0,216 <sup>ns</sup>
C/Nt	1 <sup>er</sup>	11,32±2 <sup>a</sup>	11,07±2,9 <sup>a</sup>	10,92±3,6 <sup>a</sup>	10,83±2,28 <sup>a</sup>	11,59±4,41 <sup>a</sup>	10,89±3,01 <sup>a</sup>	10,76±3,44 <sup>a</sup>	10,81±4,11 <sup>a</sup>	0,045	0,994 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	16±3,26 <sup>a</sup>	15,50±3,33 <sup>a</sup>	13,5±4,77 <sup>a</sup>	16,25±3,11 <sup>a</sup>	17,5±4,6 <sup>a</sup>	17±4,82 <sup>a</sup>	25±5,88 <sup>a</sup>	15,5±5,32 <sup>a</sup>	0,25	0,612 <sup>ns</sup>

Les moyennes de la ligne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure d bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; F : Litière de poulet ; C : Carbone ; Nt : Azote total ; C/Nt : Rapport carbone-azote.

### 3.1.9.5. Taux de phosphore assimilable

Le tableau XXIX montre le taux de phosphore assimilable du sol amendé avec la balle de riz et la sciure de bois carbonisées. L'analyse de la variance a indiqué une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre les traitements au cycle 1. Par contre, au cycle 2, aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été observée entre les traitements pour le taux de phosphore assimilable. Pour le cycle 1, ce taux a été compris entre  $70,5 \pm 11$  mg kg<sup>-1</sup> (R75) et  $109 \pm 9,24$  mg kg<sup>-1</sup> (RB50). Ainsi, les traitements RB50 ( $109 \pm 9,24$  mg kg<sup>-1</sup>), R67 ( $94 \pm 6,02$  mg kg<sup>-1</sup>) et R100 ( $91 \pm 2,42$  mg kg<sup>-1</sup>) ont présenté les meilleurs taux de phosphore assimilable.

Avec la litière, le taux de phosphore assimilable a révélé une différence, au cycle 1, très hautement significative ( $P < 0,001$ ) et, au cycle 2, significative ( $P < 0,05$ ) entre les traitements (Tableau XXX). En effet, au cycle 1, il a varié entre  $59,85 \pm 8,77$  (RF67) et  $180 \pm 25$  mg kg<sup>-1</sup> (SOLF). Les traitements SOLF ( $180 \pm 25$  mg kg<sup>-1</sup>), BF67 ( $128,45 \pm 8,11$  mg kg<sup>-1</sup>) et BF75 ( $126,2 \pm 13,17$  mg kg<sup>-1</sup>) ont plus augmenté le taux de phosphore assimilable au cycle 1. Au cycle 2, ce taux a varié de  $59 \pm 5,77$  (BF75) à  $123 \pm 16,08$  mg kg<sup>-1</sup> (SOLF).

### 3.1.9.6. Capacité d'échange cationique

En absence de litière, une différence significative ( $P < 0,05$ ) a été établie entre les traitements pour la capacité d'échange cationique (CEC) au cours des deux cycles. Au cycle 1, les traitements RB50 ( $5,90 \pm 1,92$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) et R67 ( $5,90 \pm 1,19$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) ont plus amélioré la capacité d'échange cationique du sol. Cependant, au cycle 2, le témoin Sol ( $10,4 \pm 1,42$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) a plus augmenté la capacité d'échange cationique du sol (Tableau XXIX).

Avec la litière, il y'a eu une différence hautement significative ( $P = 0,006$ ) au cycle 1 et significative ( $P = 0,021$ ) au cycle 2 entre les traitements pour la capacité d'échange cationique. Au cycle 1, le traitement SOLF avec  $13,8 \pm 2,37$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> a plus augmenté la capacité d'échange cationique du sol ; alors qu'au cycle 2, ce sont les traitements BF67 ( $6,24 \pm 0,64$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>), RF75 ( $6,08 \pm 1,98$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>), RF100 ( $5,92 \pm 1,74$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) et SOLF ( $6,08 \pm 1,44$  cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) qui ont plus augmenté la capacité d'échange cationique du sol (Tableau XXX).

### 3.1.9.7. Somme des bases échangeables

En absence de litière, aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été observée entre les traitements pour la somme des bases échangeables (Sb) au cours des deux cycles (Tableau XXIX). En présence de la litière, une différence significative ( $P < 0,05$ ) a été observée entre les traitements pour la somme des bases échangeables (Sb) au cycle 1 (Tableau XXX). Ainsi, elle

---

a varié de  $3,85 \pm 1,59$  (RF75) à  $13,77 \pm 3,86$   $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (SOLF). Par contre, au cycle 2, aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été observée entre les traitements.

#### **3.1.9.8. Taux de saturation**

Le taux de saturation du sol en bases cationiques est présenté par les tableaux XXIX (traitements sans litière) et XXX (traitements avec litière). En absence de litière de poulet, l'analyse de la variance a révélé une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre les traitements pour le taux de saturation en bases cationiques du sol au cours des deux cycles. Au cycle 1, le taux de saturation a varié de  $73,17 \pm 18,79$  % (B100) à  $99,74 \pm 43,49$  % (R67). En revanche, au cycle 2, il a été compris entre  $16,28 \pm 4,3$  % (Sol) et  $35,81 \pm 10,46$  % (R67).

En présence de la litière, le taux de saturation en bases cationiques du sol n'a révélé aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les traitements au cycle 1. Cependant, au cycle 2, l'analyse de la variance a montré une différence hautement significative ( $P = 0,007$ ) entre les traitements. Ainsi, il a varié de  $29,12 \pm 7,2$  % (RF100) à  $53,54 \pm 13,99$  % (RF75).

Tableau XXIX : Effet des traitements sans litière sur le phosphore, la CEC, la somme des bases et le taux de saturation en bases du sol

Px	Cyc	Traitements							Sol	CV	P
		B100	B75	B67	RB50	R67	R75	R100			
P.a (mg kg <sup>-1</sup> )	1 <sup>er</sup>	73±4,12 <sup>b</sup>	79,5±3,81 <sup>b</sup>	72±5,31 <sup>b</sup>	109±9,24 <sup>a</sup>	93,5±6,02 <sup>ab</sup>	70,5±11 <sup>b</sup>	91±2,42 <sup>ab</sup>	79±7,62 <sup>b</sup>	0,143	0,02 <sup>*</sup>
	2 <sup>nd</sup>	61±4,89 <sup>a</sup>	55±6,92 <sup>a</sup>	55±10,73 <sup>a</sup>	61±9,84 <sup>a</sup>	50±3,51 <sup>a</sup>	58±8,63 <sup>a</sup>	65±5,6 <sup>a</sup>	55±4,45 <sup>a</sup>	0,082	0,586 <sup>ns</sup>
CEC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1 <sup>er</sup>	3,76±1,21 <sup>abc</sup>	3,04±1,79 <sup>bc</sup>	3,9±2,09 <sup>abc</sup>	5,90±1,92 <sup>a</sup>	5,90±1,19 <sup>a</sup>	4,05±1 <sup>abc</sup>	5,6±2,04 <sup>ab</sup>	2,80±0,51 <sup>c</sup>	0,281	0,02 <sup>*</sup>
	2 <sup>nd</sup>	6,88±1,42 <sup>ab</sup>	4,40±2,44 <sup>b</sup>	4,64±2,28 <sup>b</sup>	5,92±1,97 <sup>ab</sup>	4,56±1,07 <sup>b</sup>	4,32±1,1 <sup>b</sup>	5,92±2,86 <sup>ab</sup>	10,40±1,42 <sup>a</sup>	0,341	0,025 <sup>*</sup>
Sb (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1 <sup>er</sup>	2,75±1,04 <sup>a</sup>	2,95±1,07 <sup>a</sup>	3,84±1,12 <sup>a</sup>	5,82±2,84 <sup>a</sup>	5,88±3,23 <sup>a</sup>	4±2,22 <sup>a</sup>	5,5±1,77 <sup>a</sup>	2,66±1,11 <sup>a</sup>	0,338	0,064 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	1,89±0,9 <sup>a</sup>	1,30±0,67 <sup>a</sup>	1,55±0,69 <sup>a</sup>	1,93±0,35 <sup>a</sup>	1,63±0,47 <sup>a</sup>	1,25±0,28 <sup>a</sup>	1,65±0,07 <sup>a</sup>	1,65±0,81 <sup>a</sup>	0,175	0,85 <sup>ns</sup>
V (%)	1 <sup>er</sup>	73,17±18,79 <sup>b</sup>	97,02±21,33 <sup>a</sup>	98,37±40,54 <sup>a</sup>	98,63±44,48 <sup>a</sup>	99,74±43,49 <sup>a</sup>	98,89±45,13 <sup>a</sup>	98,6±39,38 <sup>a</sup>	95,31±28,68 <sup>a</sup>	0,107	0,028 <sup>*</sup>
	2 <sup>nd</sup>	27,43±8,77 <sup>a</sup>	29,55±8,77 <sup>a</sup>	33,30±10,06 <sup>a</sup>	32,55±12,12 <sup>a</sup>	35,81±10,46 <sup>a</sup>	28,96±10,27 <sup>a</sup>	27,94±13,34 <sup>a</sup>	16,28±4,3 <sup>b</sup>	0,233	0,02 <sup>*</sup>

Les moyennes de la colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \*\* : Différence hautement significative ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure d bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; Sol : Sol non amendé ; Px : Paramètre ; Cyc : Cycle ; P.a : Phosphore assimilable ; CEC : Capacité d'échange cationique ; Sb : Somme des bases échangeables ; V : Taux de saturation en bases.

Tableau XXX : Effet des traitements avec litière sur le phosphore, la CEC, la somme des bases et le taux de saturation en bases du sol

Px	Cyc	Traitements							SOLF	CV	P
		BF100	BF75	BF67	RBF50	RF67	RF75	RF100			
P.a (mg kg <sup>-1</sup> )	1 <sup>er</sup>	101,95±13,7 <sup>c</sup>	126,2±13,17 <sup>b</sup>	128,45±8,11 <sup>b</sup>	99,35±9,22 <sup>c</sup>	59,85±8,77 <sup>d</sup>	92,85±16,21 <sup>c</sup>	97,05±10,18 <sup>c</sup>	180±25 <sup>a</sup>	0,6	0,001 <sup>***</sup>
	2 <sup>nd</sup>	71±10,07 <sup>b</sup>	59±5,77 <sup>b</sup>	64±2,72 <sup>b</sup>	76±6,46 <sup>b</sup>	74±8,87 <sup>b</sup>	70±10,42 <sup>b</sup>	74±6,41 <sup>b</sup>	123±16,08 <sup>a</sup>	0,25	0,012 <sup>*</sup>
CEC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1 <sup>er</sup>	4,2±1,5 <sup>d</sup>	7,76±2,44 <sup>bc</sup>	9,30±2,77 <sup>b</sup>	5,5±1 <sup>bcd</sup>	5,6±1,11 <sup>bcd</sup>	3,9±0,92 <sup>d</sup>	4,80±1,32 <sup>cd</sup>	13,8±2,37 <sup>a</sup>	0,53	0,006 <sup>**</sup>
	2 <sup>nd</sup>	5,44±1,45 <sup>ab</sup>	3,28±1,01 <sup>b</sup>	6,24±0,64 <sup>a</sup>	4,4±0,66 <sup>ab</sup>	4,4±0,96 <sup>ab</sup>	6,08±1,98 <sup>a</sup>	5,92±1,74 <sup>a</sup>	6,08±1,44 <sup>a</sup>	0,35	0,021 <sup>*</sup>
Sb (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1 <sup>er</sup>	4,13±1,65 <sup>bc</sup>	7,64±2,87 <sup>b</sup>	9,27±2,87 <sup>ab</sup>	5,4±1,69 <sup>bc</sup>	5,51±2,15 <sup>bc</sup>	3,85±1,59 <sup>c</sup>	4,79±1,79 <sup>bc</sup>	13,77±3,86 <sup>a</sup>	0,55	0,013 <sup>*</sup>
	2 <sup>nd</sup>	1,88±0,73 <sup>a</sup>	1,58±0,21 <sup>a</sup>	1,83±0,21 <sup>a</sup>	1,73±0,39 <sup>a</sup>	1,83±0,42 <sup>a</sup>	3,26±1,42 <sup>a</sup>	1,73±0,84 <sup>a</sup>	1,98±0,24 <sup>a</sup>	0,27	0,454 <sup>ns</sup>
V (%)	1 <sup>er</sup>	98,24±28,29 <sup>a</sup>	98,48±26,31 <sup>a</sup>	99,62±23,37 <sup>a</sup>	98,18±27,98 <sup>a</sup>	98,44±24,46 <sup>a</sup>	98,78±28,15 <sup>a</sup>	99,79±24,44 <sup>a</sup>	99,8±28,81 <sup>a</sup>	0,02	0,625 <sup>ns</sup>
	2 <sup>nd</sup>	34,45±8,33 <sup>b</sup>	48,14±11,42 <sup>a</sup>	29,27±10,21 <sup>b</sup>	39,25±10,12 <sup>ab</sup>	30,16±11,27 <sup>b</sup>	53,54±13,99 <sup>a</sup>	29,12±7,2 <sup>b</sup>	32,52±11,33 <sup>b</sup>	0,33	0,007 <sup>**</sup>

Les moyennes de la colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey ; \*\* : Différence hautement significative ; \* : Différence significative ; ns : Différence non significative ; CV : Coefficient de variation ; B : Sciure d bois carbonisée ; R : Balle de riz carbonisée ; F : Litière de poulet ; Px : Paramètre ; Cyc : Cycle ; P.a : Phosphore assimilable ; CEC : Capacité d'échange cationique ; Sb : Somme des bases échangeables ; V : Taux de saturation en bases.

### **3.1.10. Corrélation entre les paramètres agromorphologiques de l'aubergine et les paramètres physico-chimiques des sols au cours des cycles de culture**

La matrice de corrélation de Pearson a permis de révéler diverses relations entre les paramètres agromorphologiques de l'aubergine et les propriétés physico-chimiques des sols (Tableaux XXXI et XXXII). Ainsi, après le premier cycle de culture de l'aubergine, le diamètre des plants a été positivement corrélé à la hauteur des plants ( $r=0,74$ ) et au nombre d'aubergine par plant ( $r=0,58$ ), lui – même positivement corrélé à la masse des aubergines par plant ( $r=0,67$ ) et au rendement ( $r=0,71$ ). Le taux de saturation en bases échangeables a été positivement corrélé au diamètre des aubergines ( $r=0,51$ ) et négativement au phosphore assimilable ( $r=-0,61$ ), à la CEC ( $r=-0,86$ ), à la somme des bases cationiques ( $r=-0,85$ ) et à la biomasse sèche totale ( $r=-0,65$ ).

Après le second cycle, la hauteur des plants a influencé positivement le diamètre des plants ( $r=0,97$ ), la biomasse sèche totale ( $r=0,63$ ), le nombre d'aubergine par plant ( $r=0,68$ ) et le rendement ( $r=0,6$ ). Le diamètre des plants a été positivement lié au taux du phosphore assimilable, à la bst ( $r=0,67$ ), au nombre d'aubergines par plant ( $r=0,78$ ) et au rendement ( $r=0,68$ ). En plus, la biomasse sèche totale a été positivement corrélée au nombre d'aubergines par plant ( $r=0,59$ ), au calibre du fruit ( $r=0,7$ ) et au rendement ( $r=0,73$ ).

Tableau XXXI : Matrice de corrélation entre les paramètres agromorphologiques de l'aubergine et les propriétés physico-chimiques du sol au premier cycle de culture

	A+L	S	pH	C	M.O	Nt	P.ass	CEC	Sb	V	diam	haut	bst	Cbre	masplt	nfruiplt	rend
A+L	1,00																
S	<b>-0,57*</b>	1,00															
pH	-0,10	-0,38	1,00														
C	0,07	-0,28	-0,29	1,00													
M.O	0,07	-0,28	-0,29	<b>1,00***</b>	1,00												
Nt	0,02	-0,35	-0,25	<b>0,99***</b>	<b>0,99***</b>	1,00											
P.ass	0,35	0,20	-0,04	0,36	0,36	0,40	1,00										
CEC	0,14	0,02	0,11	0,42	0,42	0,45	<b>0,89***</b>	1,00									
Sb	0,12	0,00	0,13	0,41	0,41	0,44	<b>0,89***</b>	<b>1,00***</b>	1,00								
V	-0,11	-0,20	0,26	0,03	0,03	0,06	<b>-0,61*</b>	<b>-0,86***</b>	<b>-0,85***</b>	1,00							
diam	0,14	0,36	0,14	-0,12	-0,12	-0,12	0,41	0,28	0,33	<b>0,60*</b>	1,00						
haut	-0,07	0,49	-0,07	-0,26	-0,26	-0,26	0,33	0,20	0,23	0,38	<b>0,74**</b>	1,00					
bst	0,35	0,31	-0,19	0,30	0,30	0,30	<b>0,86***</b>	<b>0,84***</b>	<b>0,85***</b>	<b>-0,65*</b>	0,44	0,39	1,00				
Cbre	0,09	0,14	-0,19	0,15	0,15	0,13	-0,06	-0,06	-0,02	<b>0,51*</b>	0,45	0,15	0,05	1,00			
masplt	-0,04	-0,30	0,12	0,16	0,16	0,16	-0,03	-0,11	-0,11	0,09	0,27	-0,27	-0,10	0,08	1,00		
nfruiplt	0,19	0,04	0,29	0,24	0,24	0,23	0,37	0,27	0,27	0,09	<b>0,58*</b>	0,08	0,20	0,08	<b>0,72**</b>	1,00	
rend	-0,11	-0,10	0,01	0,14	0,14	0,14	0,04	-0,06	-0,06	0,06	0,39	-0,04	-0,03	0,03	<b>0,92***</b>	<b>0,77**</b>	1,00

A+L : Argile+limon ; bst : Biomasse sèche totale ; C : Taux de carbone ; Cbre : Calibre aubergine ; CEC : Capacité d'échange cationique ; diam : Diamètre des plants ; haut : Hauteur des plants ; S : Sable ; pH : Potentiel hydrogène ; masplt : Masse des aubergines par plant ; MO : Matière organique ; nfruiplt : Nombre d'aubergine par plant ; Nt : Taux d'azote total ; P.ass : Phosphore assimilable ; Rend (t ha<sup>-1</sup>) : Rendement ; Sb : Somme des bases échangeables ; V : Taux de saturation .

Tableau XXXII : Matrice de corrélation entre les paramètres agromorphologiques de l'aubergine et les propriétés physico-chimiques du sol au second cycle de culture

	A+L	S	pH	C	M.O	Nt	P.ass	CEC	Sb	V	diam	haut	bst	Cbre	masplt	nfruiplt	rend
A+L	1,00																
S	<b>-0,85***</b>	1,00															
pH	0,03	-0,09	1,00														
C	-0,12	-0,39	-0,41	1,00													
M.O	-0,12	-0,39	-0,41	<b>1,00***</b>	1,00												
Nt	-0,31	<b>-0,58*</b>	0,06	0,32	0,32	1,00											
P.ass	-0,29	<b>-0,52*</b>	0,37	0,39	0,39	0,18	1,00										
CEC	0,16	-0,04	<b>0,50*</b>	-0,10	-0,10	-0,02	0,04	1,00									
Sb	0,17	-0,12	0,15	0,41	0,41	0,30	0,25	0,27	1,00								
V	0,10	0,04	-0,21	0,20	0,20	0,19	0,10	<b>-0,57*</b>	<b>0,57*</b>	1,00							
diam	-0,09	-0,19	0,30	0,00	0,00	-0,19	<b>0,62*</b>	0,09	0,43	0,33	1,00						
haut	-0,13	-0,20	0,20	0,05	0,05	-0,14	<b>0,60*</b>	0,04	0,40	0,34	<b>0,96***</b>	1,00					
bst	-0,15	-0,33	0,00	0,34	0,34	0,07	<b>0,76**</b>	-0,25	0,34	0,45	<b>0,67**</b>	<b>0,63*</b>	1,00				
Cbre	-0,24	-0,13	-0,32	0,26	0,26	-0,20	<b>0,50*</b>	<b>-0,57*</b>	-0,04	0,39	0,37	0,40	<b>0,69**</b>	1,00			
masplt	0,17	0,15	-0,14	-0,19	-0,19	-0,12	-0,12	-0,38	-0,10	0,48	0,14	0,10	0,10	0,13	1,00		
nfruiplt	-0,04	-0,18	0,09	0,21	0,21	-0,07	0,39	0,01	<b>0,58*</b>	0,45	<b>0,78***</b>	<b>0,68**</b>	<b>0,59*</b>	0,21	0,07	1,00	
rend	-0,16	-0,29	-0,10	0,44	0,44	0,04	0,49	-0,28	<b>0,53*</b>	<b>0,57*</b>	<b>0,68**</b>	<b>0,60*</b>	<b>0,73**</b>	0,42	0,02	<b>0,91***</b>	1,00

A+L : Argile+limon ; bst : Biomasse sèche totale ; C : Taux de carbone ; Cbre : Calibre aubergine ; CEC : Capacité d'échange cationique ; diam : Diamètre des plants ; haut : Hauteur des plants ; S : Sable ; pH : Potentiel hydrogène ; masplt : Masse des aubergines par plant ; MO : Matière organique ; nfruiplt : Nombre d'aubergine par plant ; Nt : Taux d'azote total ; P.ass : Phosphore assimilable ; Rend (t ha<sup>-1</sup>) : Rendement ; Sb : Somme des bases échangeables ; V : Taux de saturation.

### **3.1.10.1. Distinction des traitements par rapport aux paramètres agromorphologiques**

Au premier cycle de culture de l'aubergine, les axes 1 et 2 de l'ACP ont expliqué 72,04 % de la variabilité entre les traitements. Les résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) ont révélé quatre groupes de traitements (Figure 29 a). Ainsi, les traitements B75, B67, BF67, RB50, R75, RF67 et Sol ont constitué le groupe 1 (G 1) et liés à l'axe 2. Ils sont significativement caractérisés par des plants de petite taille et une faible masse par plant d'aubergine. Ce groupe de traitement est assimilé au sol témoin, substrats-sol. Le groupe 2 (G 2) aussi lié à l'axe 2, est caractérisé par des plants de petite taille, moins vigoureux et représentés par les traitements B100, BF75, RBF50, R67, RF75, R100 et RF100. Ce groupe peut être nommé "Substrats". Le groupe 3 (G 3), constitué uniquement du SOLF, se caractérise par une biomasse sèche totale (bst) élevée et est lié à l'axe 2. C'est le groupe du témoin "Sol amendé". Enfin, le groupe 4 (G 4), caractérisé par une forte production est significativement lié à l'axe 1. Ce groupe est constitué du traitement BF100 (Figure 29 b). C'est le groupe Sciure de bois-litière.

S'agissant du second cycle de culture de l'aubergine, l'analyse en composantes principales (ACP) qui a exprimé 74,92 % de la variabilité et montré que les traitements ont diversement influencé la croissance, le développement et le rendement de l'aubergine, classant ainsi, les traitements en trois groupes (Figure 30 a). Le groupe 1, constitué des traitements B100, B75, B67, BF67, R67, R75, R100 et Sol, est caractérisé par des plants vigoureux, de grande taille (haut) et une bonne productivité (nombre élevé de fruit par plant, gros fruits et rendement élevé). Ces paramètres sont liés à l'axe 1. Quant au groupe 2, comprenant le traitement BF75, il est caractérisé par une masse élevée de fruit par plant. C'est le groupe Sciure-litière. Enfin, le groupe 3, constitué par les traitements BF100, RB50, RBF50, RF67, RF75, RF100 et SOLF, assimilé au sol témoin amendé, est caractérisé par une bonne croissance des plants, un nombre élevé de fruits par plant et des fruits avec de gros calibre (Figure 30 b).

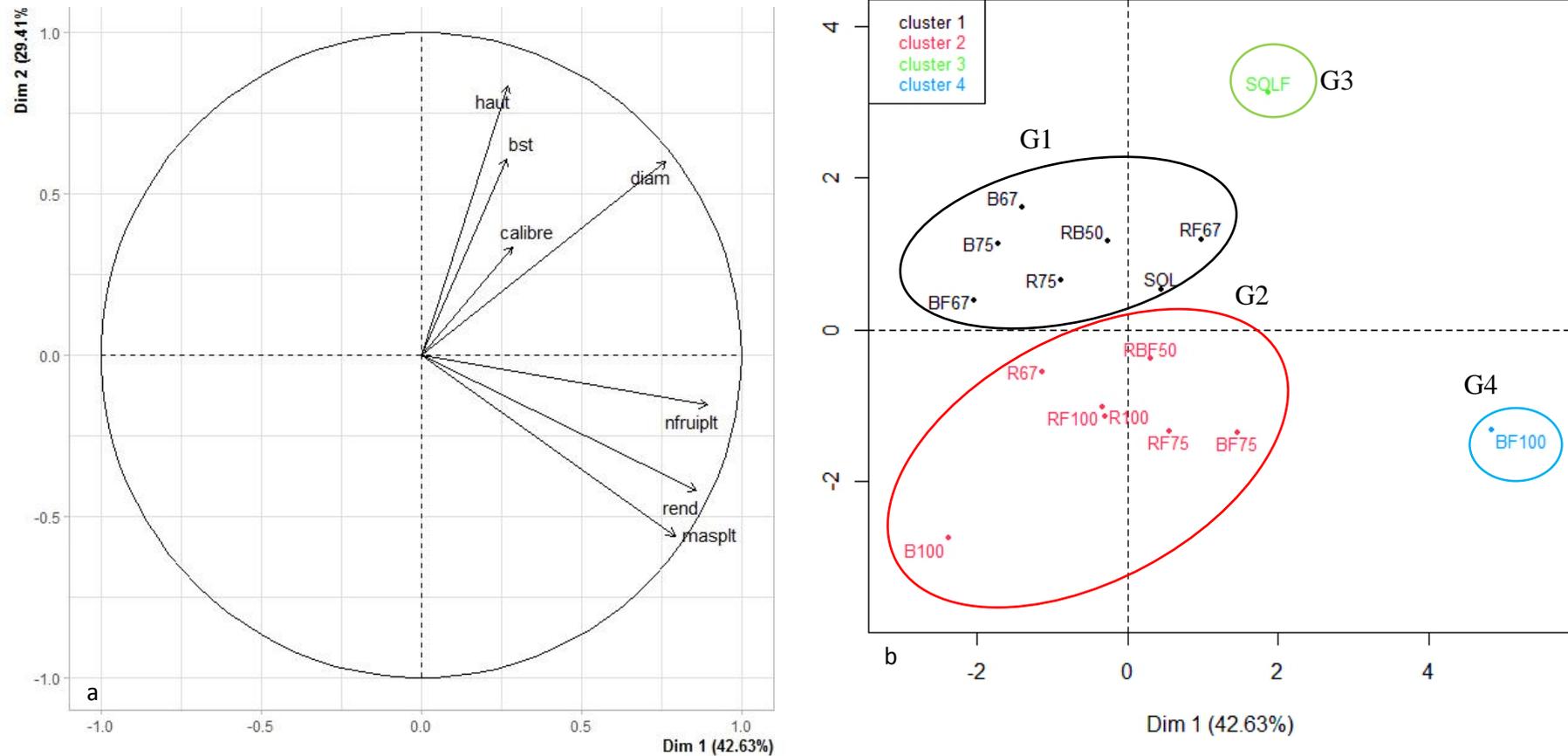


Figure 29 : Analyse en Composantes Principales des paramètres agromorphologiques de l'aubergine des traitements au cycle 1 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b)

B : Sciure de bois ; BST : Biomasse sèche totale ; Diam : Diamètre des plants ; F : litière de poulet ; Haut : Hauteur des plants ; mg : Masse des grains ; mep : Masse des épis ; nge : Nombre de grains par épi ; Rend : Rendement ; R : Balle de riz ; Sol : Sol non amendé.

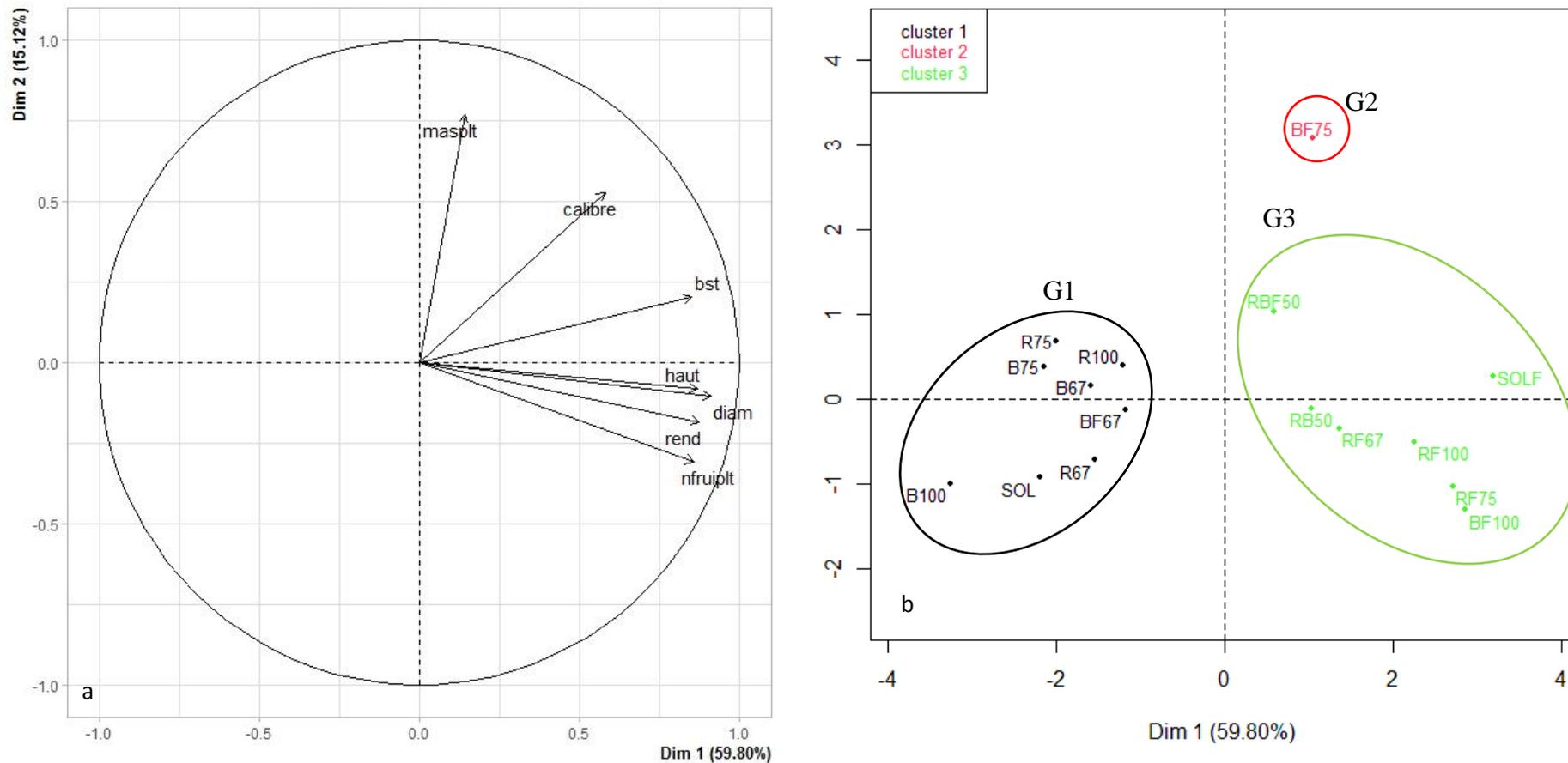


Figure 30 : Analyse en Composantes Principales des paramètres agromorphologiques de l'aubergine des traitements au cycle 2 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b)

B : Sciure de bois ; BST : Biomasse sèche totale ; Diam : Diamètre des plants ; F : litière de poulet ; Haut : Hauteur des plants ; mg : Masse des grains ; mep : Masse des épis ; nge : Nombre de grains par épi ; Rend : Rendement ; R : Balle de riz ; Sol : Sol non amendé.

### 3.1.10.2. Distinction des traitements par rapport aux paramètres physico-chimiques du sol

La variabilité entre les traitements pour les propriétés physico-chimiques du sol, exprimée à 70,06 % par les axes de l'ACP, a permis de classer les traitements en trois groupes de fertilité au cycle 1 de l'aubergine. Les paramètres assimilés à l'axe 1 de l'ACP sont les taux de phosphore assimilable, de saturation en bases échangeables (V), de matière organique (MO), de carbone (C), d'azote (Nt) et la CEC. Quant au taux de sable (S), il a été lié à l'axe 2 (Figure 31 a). Le groupe 1, constitué des traitements B100, BF100, B75, B67, RB50, RBF50, RF67, R75, RF75, R100 et le sol témoin (Sol), est caractérisé par une saturation en bases échangeables élevée et des faibles teneurs en matière organique, carbone et azote. Il est assimilable au sol témoin. Par contre, le groupe 2 comprenant les traitements BF75, BF67, R67 et RF100, est caractérisé par une faible proportion de sable et ne regroupe que des substrats à base de riz et de bois. Enfin, le groupe 3, constitué par le traitement SOLF, sol amendé, est caractérisé par un taux de phosphore assimilable (P.ass), une CEC et une somme des bases échangeable élevés (Figure 31 b).

Au second cycle de l'aubergine, l'Analyse en Composantes Principales (ACP) a révélé que les axes 1 et 2 ont expliqué 54,71 % de la variabilité de l'influence des traitements sur les paramètres physico-chimiques du sol. Ces paramètres physico-chimiques ont été diversement liés aux axes de l'ACP. Ainsi, les éléments organiques (MO, C, Nt), les taux de phosphore assimilable, de sable et d'argile+limon sont liés à l'axe 1 alors que le taux de saturation (V), la CEC et le pH sont corrélés à l'axe 2 (Figure 32 a). Trois groupes bien distincts ont été dégagés. Le groupe 1 qui comprend le sol témoin (Sol), est caractérisé par un faible taux de saturation (V), des teneurs de carbone (C) et de matière organique (MO) basses. Quant au groupe 2, caractérisé par des sols avec une proportion élevée de sable, est constitué des traitements B100, BF100, B75, BF75, RB50, RBF50, R67, RF67, R75, RF75, R100 et RF100. Le groupe 3, formé des traitements B67, BF67 et SOLF, est bien fourni en azote total (Figure 32 b).

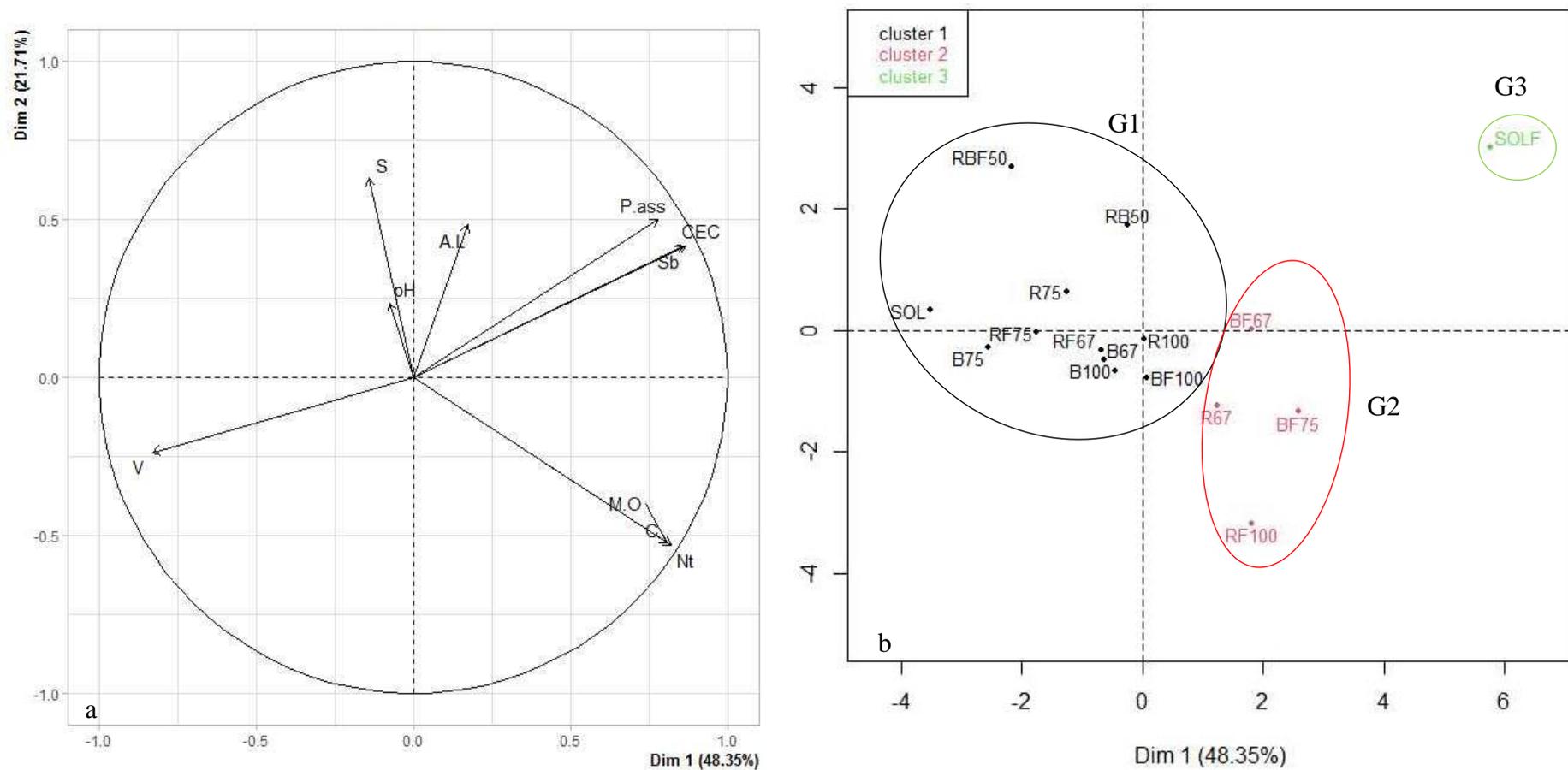


Figure 31 : Analyse en Composante Principale des propriétés physico-chimiques du sol des traitements au cycle 1 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b)

A+L : Argile+Limon ; B : Sciure de bois ; C : Carbone ; CEC : Capacité d'échange cationique ; F : litière de poulet ; M.O. : Matière organique ; Nt : Azote total ; P.ass : Phosphore assimilable ; pH : Potentiel d'action ; S : Sable ; Sb : Somme des bases échangeables ; R : Balle de riz ; Sol : Sol non amendé ; V : Taux de saturation.

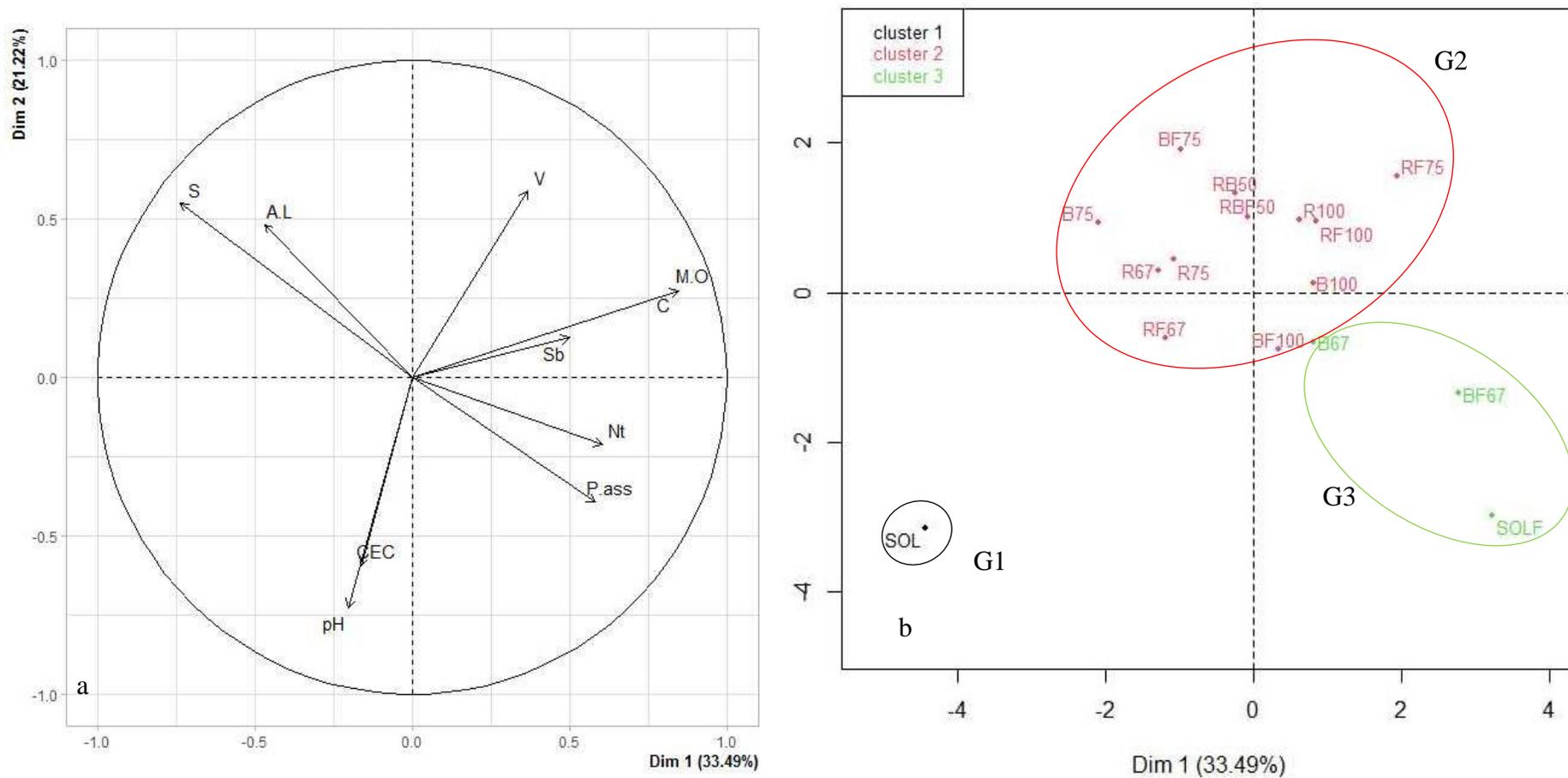


Figure 32 : Analyse en Composante Principale des propriétés physico-chimiques du sol des traitements au cycle 2 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b)

A+L : Argile+Limon ; B : Sciure de bois ; C : Carbone ; CEC : Capacité d'échange cationique ; F : litière de poulet ; M.O. : Matière organique ; Nt : Azote total ; P.ass : Phosphore assimilable ; pH : Potentiel d'action ; S : Sable ; Sb : Somme des bases échangeables ; R : Balle de riz ; Sol : Sol non amendé ; V : Taux de saturation.

### 3.1.10.3. Distinction des traitements par rapport aux paramètres agromorphologiques de l'aubergine et les propriétés physico-chimiques du sol au cours des cycles de culture

L'influence des traitements sur les propriétés physico-chimiques du sol, exprimée à 52,48 % par les axes de l'ACP, a permis de classer les traitements en trois groupes pour le cycle 1 de l'aubergine. Les taux de saturation en bases échangeables (V), matière organique (MO), carbone (C), azote (Nt), phosphore assimilable, la somme des bases échangeables (Sb) et la CEC ont été significativement liés à l'axe 1. Quant au taux de sable (S), la hauteur (haut) et le diamètre (diam), ils ont été liés à l'axe 2 (Figure 33 a). Le groupe 1, constitué des traitements B75, B67, RB50, RBF50, RF67, R75, RF75 et le sol témoin (Sol), est caractérisé par une saturation en bases échangeables élevée et des faibles teneurs en matière organique, carbone et azote. Par contre, le groupe 2 comprenant les traitements B100, BF75, BF67, R67, R100 et RF100, est caractérisé par une teneur élevée en élément organique (Nt, C, MO) du sol et une faible proportion de sable. Enfin, le groupe 3, formé par le traitement SOLF est caractérisé par un taux de phosphore assimilable (P.ass), une CEC et une somme des bases échangeable élevés. Aussi, ce groupe est-il caractérisé par une forte production de biomasse sèche totale (Figure 33 b).

Au second cycle de l'aubergine, les axes 1 et 2 de l'ACP ont expliqué 50,49 % de la variabilité de l'influence des traitements sur les paramètres agro-morphologiques de l'aubergine et les propriétés physico-chimiques des sols. La biomasse sèche totale (bst), le nombre de fruit par plant (nfruiplt), le rendement (rend) ainsi que les taux de phosphore assimilable (P.ass) et de bases échangeables sont significativement corrélés à l'axe 1. Le pH, les taux de carbone et de matière organique, le diamètre et la hauteur de la plante ont été liés à l'axe 2 (Figure 34 a).

Trois groupes de traitements ont été constitué (Figure 34 b). Caractérisé par de faibles teneurs en matière organique (MO) en carbone (C) et riche en sable, le groupe 1 est formé par le sol témoin (Sol). Les traitements B100, B75, B67, R67, R75, R100 et BF67, constituant le groupe 2, sont caractérisés par une faible croissance des plantes. Quant au groupe 3, il est composé des traitements RB50, BF100, BF75, RBF50, RF67, RF75, RF100 et SOLF. Ce groupe est caractérisé par des taux élevés de phosphore assimilable et bases échangeables, une bonne croissance et une bonne production de l'aubergine.

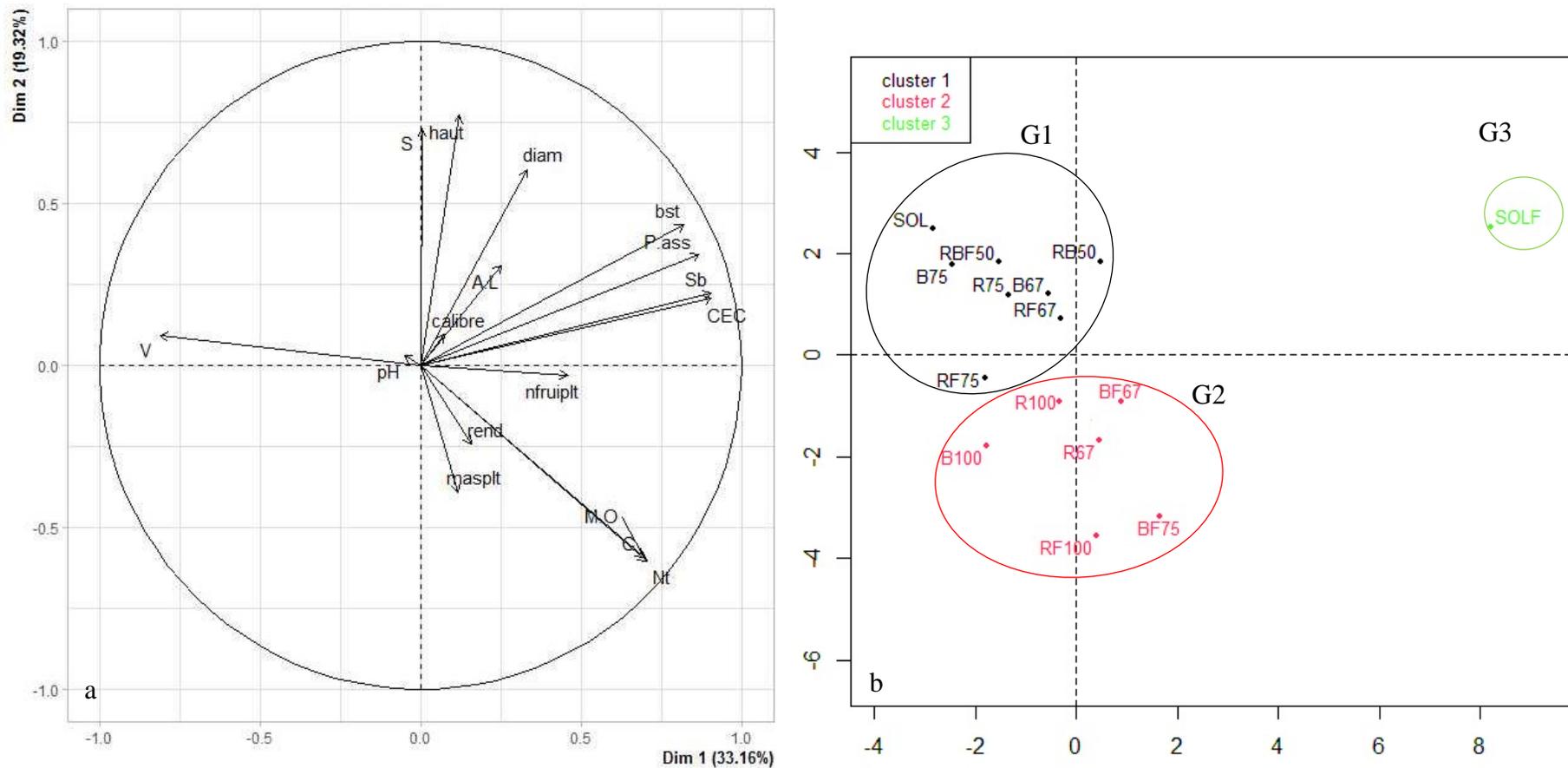


Figure 33 : Analyse en Composantes Principales des propriétés physico-chimiques du sol et des paramètres agromorphologiques de l'aubergine des traitements au cycle 1 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b)

A+L : Argile+Limon ; B : Sciure de bois ; BST : Biomasse sèche totale ; C : Carbone ; CEC : Capacité d'échange cationique ; Diam : Diamètre des plants ; F : litière de poulet ; Haut : Hauteur des plants ; mg : Masse des grains ; mep : Masse des épis ; M.O. : Matière organique ; nge : Nombre de grains par épi ; Nt : Azote total ; P.ass : Phosphore assimilable ; pH : Potentiel d'action ; R : Balle de riz ; Rend : Rendement ; S : Sable ; Sb : Somme des bases échangeables ; Sol : Sol non amendé ; V : Taux de saturation.

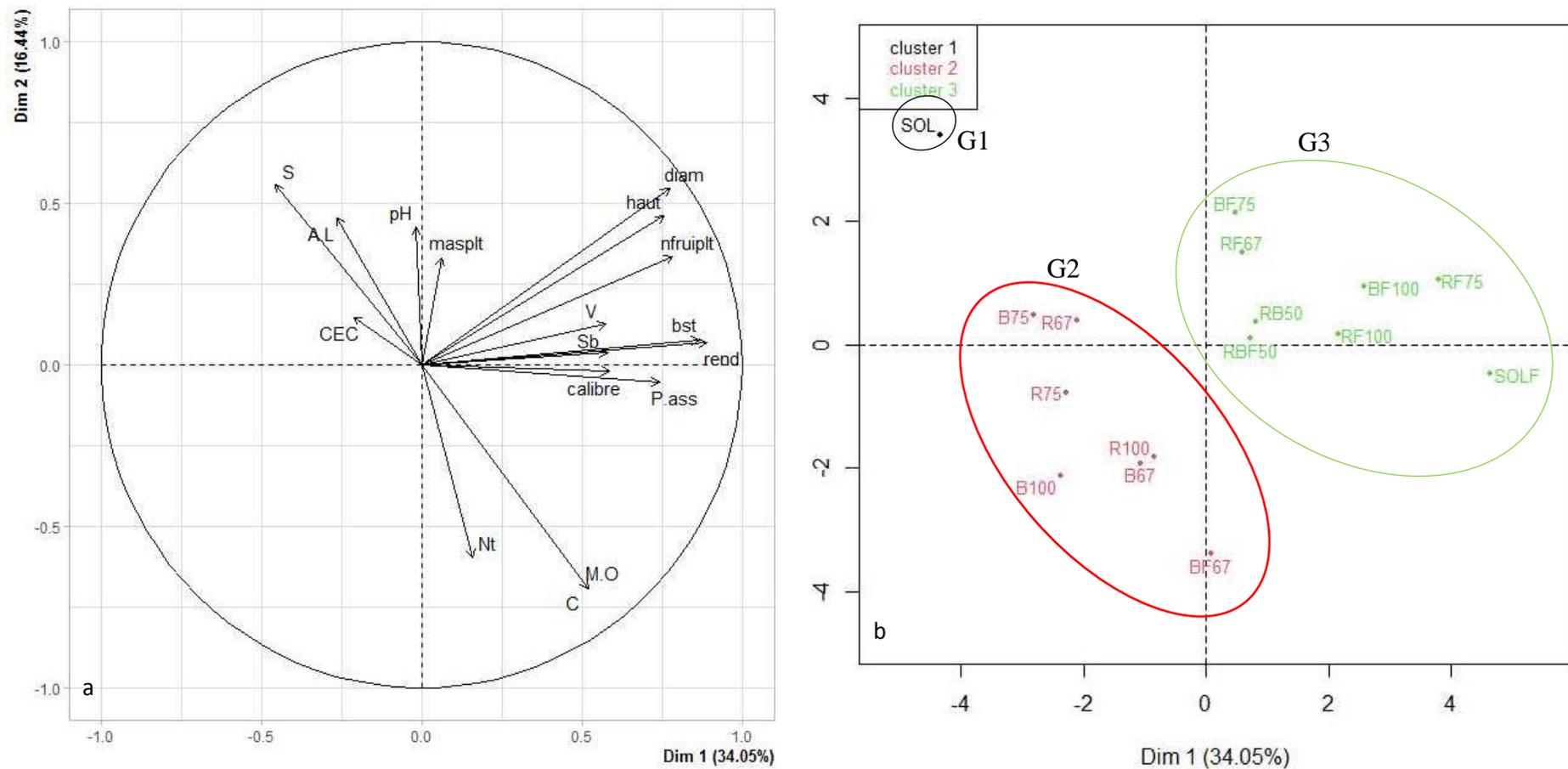


Figure 34 : Analyse en Composantes Principales des propriétés physico-chimiques du sol et des paramètres agromorphologiques de l'aubergine des traitements au cycle 2 : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b)

A+L : Argile+Limon ; B : Sciure de bois ; BST : Biomasse sèche totale ; C : Carbone ; CEC : Capacité d'échange cationique ; Diam : Diamètre des plants ; F : litière de poulet ; Haut : Hauteur des plants ; mg : Masse des grains ; mep : Masse des épis ; M.O. : Matière organique ; nge : Nombre de grains par épi ; Nt : Azote total ; P.ass : Phosphore assimilable ; pH : Potentiel d'action ; R : Balle de riz ; Rend : Rendement ; S : Sable ; Sb : Somme des bases échangeables ; Sol : Sol non amendé ; V : Taux de saturation.

#### **3.1.10.4. Distinction des traitements par rapport aux données cumulées des paramètres agromorphologiques de l'aubergine et physico-chimique du sol**

Les résultats de l'Analyse en Composantes Principales (ACP), exprimant 56,87 % de la variabilité des traitements, ont montré que le carbone (C), la matière organique (MO), le taux d'azote totale (Nt), la capacité d'échange cationique (CEC), la somme des bases échangeables (Sb), le phosphore assimilable (P.ass) et la biomasse sèche totale sont liés à l'axe 1 de l'ACP. En revanche, le diamètre (diam) et la hauteur (haut) de l'aubergine ont été corrélés à l'axe 2 (Figure 35 a).

L'ACP a révélé quatre groupes de traitements (Figure 35 b). Ainsi, le groupe 1 (G1) est constitué des traitements B75, RBF50, R75 et Sol qui est lié à la fraction organique du sol (Nt, C et MO). Le groupe 2 (G2), constitué des traitements R100, R67, BF67, B100 et B67, est caractérisé par une bonne croissance de l'aubergine. Quant au groupe 3 (G3), il est constitué des traitements BF100, RF100, RF75, RF67 et RB50 se caractérisant par le nombre de fruit par plant et le rendement de l'aubergine. Enfin, le groupe 4, constitué du traitement SOLF, a été illustré par une somme en bases échangeables (Sb), un taux de phosphore assimilable, une CEC et une biomasse sèche totale (bst) élevés.

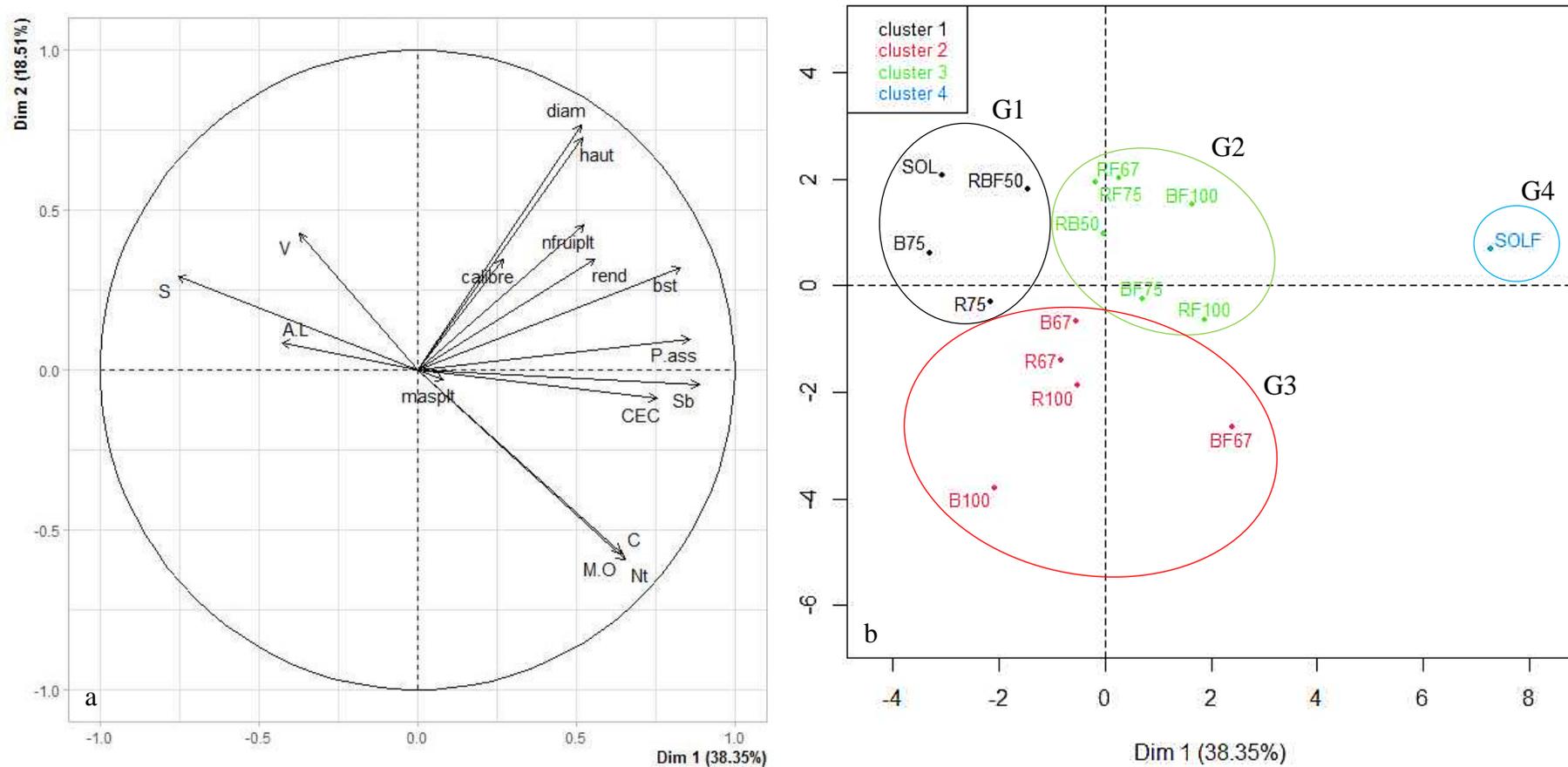


Figure 35 : Analyse en Composantes Principales des données cumulées des paramètres physico-chimiques du sol et agromorphologiques de l'aubergine des traitements : cercle de corrélation (a) et projection des traitements dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (b)

A+L : Argile+Limon ; B : Sciure de bois ; BST : Biomasse sèche totale ; C : Carbone ; CEC : Capacité d'échange cationique ; Diam : Diamètre des plants ; Haut : Hauteur des plants ; F : litière de poulet ; mg : Masse des grains ; mep : Masse des épis ; M.O : Matière organique ; nge : Nombre de grains par épi ; Nt : Azote total ; P.ass : Phosphore assimilable ; pH : Potentiel d'action ; R : Balle de riz ; Rend : Rendement ; S : Sable ; Sb : Somme des bases échangeables ; Sol : Sol non amendé ; V : Taux de saturation.

## 3.2. Discussion

### 3.2.1. Potentiel de fertilité du sol et des résidus agroindustriels

Les résultats de l'analyse granulométrique du sol avant la mise en place des essais ont indiqué un sol sablo-limoneux. Aussi, le taux de matière organique ( $1,7 < 3 \%$ ) révèle-t-il un sol pauvre en matière organique avec un pH acide sur les 2/3 inférieur de la toposéquence. Pauvre en bases échangeables avec une CEC inférieure à  $5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  et une Sb inférieure à 2 présentant un horizon argique en profondeur, ce sol est un Ferralsol (WRB, 2014). Avec moins de 1 % d'azote avant l'essai, ce type de sol n'est pas favorable à une production agricole satisfaisante (N'Dayegamiye, 2007). Toutefois, le rapport C/N est moyen et indique une minéralisation suffisante de la matière organique du sol, entretenant ce niveau de productivité du sol.

En plus d'être une source importante d'éléments minéraux (N, P, K), la matière organique est un constituant structurant du sol qui en améliore sa capacité de rétention en eau (Christophe, 2004 ; Suganya, 2006). Dans un sol pauvre en matière organique, les teneurs du sol en éléments fertilisants sont d'autant plus faibles et leur régénération plus difficile en absence de couverture végétale.

Les résultats d'analyse du sol révèlent par ailleurs que le sol a une faible capacité d'échange cationique ( $\text{CEC} < 10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) et est saturé en cations. Ces résultats pourraient être liés aux faibles teneurs de matière organique et d'argile du sol. En effet, l'humus issu de la décomposition de la matière organique en se liant à l'argile, forme le complexe argilo-humique. La formation de ce complexe permet d'augmenter la CEC et baisse le taux de saturation en cations du sol (Amonmidé *et al.*, 2020). Le résultat sur la CEC est différent de celui de Soro *et al.* (2021). En effet, travaillant sur l'évaluation agronomique des substrats de culture dans le département de Daloa, ces auteurs ont obtenu une CEC du sol plus élevée ( $9,12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ). Cette différence de résultat pourrait être liée au type de sol. Le sol a été moins fourni en certains basiques tels que  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Na}^+$ . Pour ces cations, le sol a présenté des teneurs inférieures aux valeurs références qui sont respectivement  $5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ,  $1,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  et  $0,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (Ballot *et al.*, 2016). La capacité d'échange cationique étant très faible, les cations du sol sont exposés au phénomène de lixiviation (Couronne, 2015 ; Diallo *et al.*, 2015) assurant une perte de fertilité régulière. Tous ces paramètres révèlent un niveau de fertilité du sol très bas (Amonmidé *et al.*, 2020). Dans ces conditions, la pratique agricole est

essentiellement tributaire de fertilisation pour maintenir des niveaux de rendements acceptables.

La mauvaise qualité chimique du sol est associée à des caractéristiques physiques peu favorables. En effet, le sol est marqué par une abondance de sable dans les horizons de profondeur en haut de versant et sur le reste de la toposéquence, le rendant filtrant. De part ces caractéristiques physiques, le sol retient très peu d'eau pour les plantes qui y sont cultivées et la fertilisation y est moins efficace. Dans un souci d'une meilleure valorisation de ce type de sol, il est important d'en améliorer les propriétés physiques.

L'analyse physico-chimique des substrats a montré qu'avec une capacité de rétention en eau de 46,76 %, la sciure de bois carbonisée retient plus d'eau que la balle de riz carbonisée (26,9 %) et la litière de poulet (30,29 %). Ces résultats sont différents de ceux obtenus par Touré (2018). Selon cet auteur, la sciure de bois et la balle de riz carbonisées ont, respectivement, des capacités de rétention en eau de 10 et de 65 %. Ces différences pourraient être liées à la texture et à la teneur en matière organique des substrats. En effet, un support de culture retient d'autant plus d'eau qu'il est suffisamment fourni en particules fines (Fangueiro *et al.*, 2007). Les substrats agroindustriels utilisés ont montré divers potentiels organiques et hydriques. Aussi, la sciure de bois prise seule a-t-elle été, avec 80,43 % de matière organique, plus riche que la balle de riz qui n'en contient que 46,28 % confirmant ainsi les meilleures propriétés de rétention en eau et de fertilité. La litière de poulet a un taux de MO intermédiaire avec 52,1 %. Le comportement vis-à-vis de l'eau est identique. Les traitements composites ont des teneurs en matière organique et des capacités de rétention en eau qui varient en fonction du résidu agroindustriel dominant. Ce résultat est similaire à celui de Lamhamedi *et al.* (2013). Toutefois, alors que ces deux propriétés des composites à dominante balle de riz sont améliorées par un complément de sciure de bois ou de litière, les compléments balle de riz ou litière réduisent la CRE et la matière organique de la sciure de bois. La sciure de bois peut être alors utilisée en combinaison avec divers substrats pour la gestion de l'eau en agriculture.

Les résidus semblent suffisamment riches en potassium, en phosphore et en manganèse et moyennement pourvus en azote, fer et cuivre. Ces résultats diffèrent de ceux de Soro *et al.* (2021) qui ont enregistré des valeurs plus grandes. Les travaux de Koko *et al.* (2008) ont, aussi, révélé des taux d'azote total (3,08 %) de la balle de riz supérieur également. Quant à la litière de poulet, l'analyse a indiqué une forte teneur en azote en lien avec leur alimentation. Ces résultats corroborent ceux de Biaou *et al.* (2017) qui ont révélé une forte teneur en azote des litières de poulet.

Le sol de la zone est globalement un Ferralsol. De par ses propriétés physico-chimiques, il s'est révélé insuffisamment fertile pour assurer de bons niveaux de rendement et encore moins, une production durable. Fort heureusement, les résidus agroindustriels produits localement offrent de réels potentiels de fertilité physique et chimique. Aussi, l'évaluation en production de maïs et d'aubergine peut-elle confirmer leur utilité et en faciliter l'utilisation par les agriculteurs (Soro *et al.*, 2021). Cet intérêt renforcera les connaissances des gestionnaires des déchets et rassurera chacun de l'opportunité d'un recours à ces substrats qui tendent à constituer dans nos villes, un problème d'assainissement.

### **3.2.2. Contribution des substrats à la productivité agricole**

La balle de riz, la sciure de bois et la litière de poulet, apportées au sol à diverses proportions, ont diversement influencé la croissance, le développement et la productivité du maïs et de l'aubergine.

La germination du maïs n'a pas été influencée par les substrats. Ce résultat pourrait s'expliquer, dans un premier temps, par le fait que la germination de la graine et l'émergence de la plantule dépendent des réserves cotylédonaires de la graine (Bonny, 2004) et de facteurs du milieu dont la pluviométrie et le sol. Les résidus n'ont pas eu d'effet sur la germination du maïs eu égard au délai d'application relativement court. En revanche, pour l'aubergine, les substrats ont fait varier la reprise des plants au second cycle valorisant l'application du premier cycle. Ces résultats s'expliqueraient par une modification des caractéristiques physiques du sol, notamment la capacité de rétention, en présence de ces substrats. En effet, les résidus agroindustriels ont amélioré l'humidité et favorisé une meilleure croissance des plantes (Gulshan & Dasti, 2012) par action sur la matière organique et la structure du sol.

Au cours des deux cycles, les paramètres de croissance végétative du maïs et de l'aubergine ont été améliorés. Par ailleurs, des différences significatives ont été observées pour la biomasse sèche totale et le nombre de racines par plant. Ces résultats pourraient s'expliquer par des conditions physico-chimiques favorables du sol. En effet, la matière organique apportée par la décomposition des résidus agroindustriels est une source importante d'éléments minéraux nécessaires pour une bonne croissance des plantes. La matière organique du sol a été positivement corrélée au taux d'azote, à la capacité d'échange cationique et à la somme des bases cationiques. Elle augmente également les taux d'humidité du sol, favorisant ainsi, une bonne croissance des plantes (Tittarelli *et al.*, 2007 ; Giacometti *et al.*, 2012 ; Lima *et al.*, 2012 ; Bünemann *et al.*, 2018). En outre, selon Lawani (2017), les amendements organiques

garantissent une bonne croissance des plantes. Au premier cycle de culture, la hauteur et le diamètre des plantes ont été statistiquement identiques en absence de litière. Ce résultat serait lié à la décomposition lente des résidus agroindustriels. En effet, le rapport C/N initial du sol de 15, est passé à de valeurs comprises entre 10,6 et 12,1 et entre 10,9 à 12,5 respectivement sous maïs et aubergine après le premier cycle. Les traitements ont donc eu pour effet de ralentir la minéralisation sous maïs et aubergine. Toutefois, le second cycle a relevé ce rapport à des valeurs proches de 23 sous maïs et 25 sous aubergine. La faible minéralisation a induit une baisse du coefficient de croissance végétative pour l'aubergine (Elherradi *et al.*, 2005 ; Diallo *et al.*, 2008). Sullivan *et al.* (2018) ont obtenu des résultats similaires sur sol amendé avec des composts immatures. La croissance des plantes du maïs et de l'aubergine, traduite par une abondance de biomasse pourrait être attribuée à l'amélioration des caractéristiques physico-chimiques et à l'arrière effet de l'amendement du sol (Adekayode & Ogunkoya, 2011 ; Mukendi *et al.*, 2017). En effet, la baisse de l'acidité du sol favorise une meilleure disponibilité des éléments minéraux pour les plantes (Choudhary *et al.*, 2004 ; Ondo, 2011 ; Ognalaga *et al.*, 2015).

Les substrats ont plus eu un effet positif sur le développement végétatif du maïs que celui de l'aubergine mais la productivité de l'aubergine a été meilleure sur les deux cycles avec un avantage de l'apport complémentaire de litière. Les traitements à base de balle de riz (RF100 et RF75) et le témoin sol amendé à la litière (SOLF) ont offert la meilleure croissance du maïs. Chez l'aubergine, ce sont les traitements BF100 (sciure de bois uniquement) à forte CRE et meilleure MO et SOLF qui ont permis le meilleur développement des plantes. Ce résultat traduit une plus grande exigence en eau de l'aubergine par rapport au maïs. De même, les traitements à base de sciure de bois ont donné les meilleurs rendements aussi bien en maïs grains qu'en fruit d'aubergine. Cette performance atteste de la meilleure qualité de la sciure de bois par rapport à la balle de riz d'une part et la qualité complémentaire de la litière de poulet d'autre part (Alla *et al.*, 2018 ; Edbo, 2021). Akanza & N'Da (2018) confirment la qualité des substrats par une corrélation positive avec l'azote. Aussi, l'azote stimule-t-il l'absorption optimale des autres éléments nutritifs du sol (Leikam *et al.*, 1983 ; N'Dayegamiyé, 2007). Les traitements B100 et BF100 ont enregistré les meilleurs rendements en maïs grains et fruits d'aubergine respectivement. Ce résultat est dû essentiellement aux propriétés physiques et chimiques de ce traitement et à l'effet cumulé des amendements des cycles 1 et 2. Le meilleur rendement du maïs du second cycle (3,36 t ha<sup>-1</sup>, B100) est deux fois au moins supérieur à celui du premier cycle (1,48 t ha<sup>-1</sup>, BF100 ; R100) quand pour l'aubergine, le second cycle, avec 35,9 t ha<sup>-1</sup> par

BF100, multiplie par 3 au moins le meilleur rendement du cycle 1 (10,41 t ha<sup>-1</sup>, BF100). En plus de présenter des bonnes caractéristiques physiques, la sciure de bois est riche en oligo-éléments (Cu, Fe, Mn, Zn).

Aussi bien pour le maïs que l'aubergine, les rendements du second cycle ont été meilleurs à ceux du premier cycle de culture. Ces résultats pourraient s'expliquer par le bas potentiel de productivité du sol. Toutefois, les rendements sont restés bas, surtout pour le maïs en raison d'une immobilisation de minéraux, notamment de l'azote, par action des micro-organismes du sol, réduisant ainsi, la disponibilité de l'azote et d'autres minéraux pour la plante de sorte que les rendements sont réduits (Diallo *et al.*, 2008). Par ailleurs, Asai *et al.* (2009) mentionnent une perte de productivité du riz pluvial (*Oryza sativa* L.) au premier cycle de culture avec apport de résidus agroindustriels dans un sol insuffisamment pourvu en azote. Par contre, ces résultats sont contraires à ceux obtenus par Zamil *et al.* (2004), Agbede *et al.* (2008) et Yerima *et al.* (2013) qui ont obtenu une meilleure productivité dès le premier cycle suite à un amendement avec la balle de riz. Les rendements enregistrés par le témoin sol en présence de litière sont restés bas par rapport à B100 du fait du pH plus acide.

Les bons rendements au cycle 2 sont dus aux effets conjugués des deux apports de résidus agroindustriels au sol sur les paramètres chimiques du sol. C'est plus l'effet résiduel de l'amendement qui justifie le niveau de rendement du second cycle. Toutefois, cet effet tient compte des caractéristiques des substrats qui améliorent progressivement les propriétés du sol. Ces résultats sont similaires à ceux Fondio *et al.* (2008) utilisant les variétés de N'Drowa et Klongbo et de Alla *et al.* (2018). Toutefois, ces derniers auteurs ont enregistré des fruits d'aubergine de plus gros calibre et en nombre beaucoup plus petit car utilisant une variété différente.

### 3.2.3. Evolution du sol sous l'effet des substrats

L'analyse granulométrique avant les essais a montré que le sol de la parcelle est pauvre en éléments structurant que sont principalement l'argile et la matière organique avec une forte proportion de sable. Ce sol filtrant répondrait difficilement à une fertilisation minérale. Les résidus agricoles utilisés ont diversement impacté la texture du sol périodiquement et de façon cumulative dans le temps. Les traitements à dominance de sciure de bois carbonisée ont, dans l'ensemble, eu plus d'effet sur les taux de limon et d'argile. Par ailleurs, les traitement B67, BF67 et SOLF ont plus favorisé de bonne disponibilité d'argile et de limon dans le sol sous maïs et aubergine, réduisant du coup la proportion du sable. Ces résultats seraient liés à une

rétenion des éléments fins que sont l'argile et les limons par la matière organique réduisant leur lessivage. En effet, la matière organique est structurante et se lie à l'argile pour former le complexe argilo-humique. Un résultat similaire a été obtenu par Dugan *et al.* (2010) travaillant sur deux sols sableux et un sol limoneux amendés aux résidus de maïs et de sciures de bois carbonisés. L'apport de matière organique au sol contribue donc à en améliorer la texture non pas par une néoformation, mais par réduction des pertes de particules fines du sol, prises dans le complexe argilo-humique. La balle de riz et la sciure de bois carbonisées permettent de fixer le carbone du sol et contribuent à améliorer la structure du sol amendé avec des teneurs de plus en plus élevées des éléments fins du sol (Onana *et al.*, 2015). La corrélation négative entre la fraction sable et la fraction d'argile+limon traduit une similarité de comportement entre l'argile et le limon et les opposent au sable (N'Guessan *et al.*, 2015). Ainsi, la fraction argile chimiquement active s'associe au limon d'une part et d'autre part, s'opposent au sable dans la rétention d'eau pour définir la fertilité physique globale de chaque traitement. Par ailleurs, il est à noter qu'une forte accumulation d'argile et de limon réduit subséquentement la proportion de sable comme ce fut le cas pour les traitements BF100, BF67 et BF75 sous maïs et sous aubergine d'une part et RF67 et SOLF sous aubergine d'autre part. La sciure de bois est plus un piège à argile+limon que la balle de riz du fait de sa texture et certainement, d'une décomposition plus rapide.

La qualité physique de chaque traitement laisse présager de sa qualité chimique, organique et de son comportement vis-à-vis de l'eau. Les rapports C/N sont favorables à la minéralisation progressive de la matière organique. En effet, ils sont inférieurs à 25, indiquant une bonne minéralisation de la matière organique du sol (Amadji *et al.*, 2009 ; Konaté *et al.*, 2018). Ce rapport, ajouté à la tendance neutralité du pH favorise une bonne activité biologique du sol dont la restauration est progressive. Cet enrichissement progressif, justifie l'effet de la fertilité résiduelle due aux amendements organiques. En effet, ce sol initialement pauvre en matière organique voit son statut organique passer sous maïs comme sous aubergine à un niveau acceptable après seulement deux cycles de culture. De même, la qualité minérale est améliorée à travers une meilleure disponibilité de cations basiques et de phosphore assimilable. La CEC a pu être doublé après le second cycle sous maïs et sous aubergine de même le phosphore assimilable (surtout sous maïs). L'azote, le phosphore et le potassium sont les principaux éléments de la nutrition minérale de la plante parce que prélevé en grandes quantité. La gestion conservatoire des résidus de récolte au cours de cette étude a favorisé la restitution au sol de parties de ces minéraux essentiels. Ainsi, la prise en compte de cette loi fondamentale de la

fertilisation dite loi des avances au sol est-elle plus que nécessaire d'être appliquée par les agriculteurs aujourd'hui pour limiter la perte de fertilité des sols. En effet, elle permet une compensation des exportations des éléments minéraux par les plantes, et ce par des restitutions pour éviter l'épuisement des sols. Cette avance par la gestion des résidus renforce l'effet de la fertilisation en année n-1. La qualité des rendements des années n et n+1 dépendent du reliquat d'éléments organiques et minéraux rendus disponibles. Il apparaît clairement que la valeur fertilisante des matières organiques est fonction du substrat (Diallo *et al.*, 2018). Une partie des éléments minéraux comme l'azote est ensuite remis à disposition l'année suivante, lors de la minéralisation des résidus.

Après deux cycles de culture, le pH des sols non amendés (surtout sous aubergine) est légèrement plus acide que celui du sol avant les essais. Ce résultat est dû certainement à la lixiviation de certains cations basiques comme le calcium. En effet, la teneur du sol en calcium avant les essais a été supérieure à celle du sol témoin après les essais. Pour les sols amendés, le pH resté peu acide. La matière organique est un des principaux facteurs tamponnant le pH du sol. Elle contribue au développement d'un pH de sol neutre à légèrement acide. Aussi, la pauvreté en matière organique du sol témoin simple, justifie son acidification après deux cycles de culture.

### **Conclusion partielle**

La zone d'étude a présenté deux types de sols. Ce sont les Endo-Gleyic Ferralsols et Arenosols. Ces sols sont pauvres en matière organiques, en carbone organique et en azote. L'effet global des apports au sol des résidus agroindustriels sous divers traitements a été d'augmenter les réserves nutritives du sol en matière minérale et organique et qui ont contribué à améliorer les rendements du maïs et de l'aubergine. Après deux cycles de culture de maïs et d'aubergine, les stocks nutritifs du sol sont variables selon les traitements, mais l'effet résiduel permet une meilleure productivité et laisse présager une amélioration progressive.

**CONCLUSION,  
RECOMMANDATIONS ET  
PERSPECTIVES**

## CONCLUSION

Cette étude a consisté à restaurer des propriétés physiques et chimiques des sols dégradés dans la région du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire) à l'aide d'une fertilisation à base de produits agroindustriels. Ainsi, le sol du site d'étude et les résidus agroindustriels ont été caractérisés suivi d'une évaluation de la productivité du maïs et de l'aubergine sur ce sol amendé avec les résidus.

Les résultats ont montré que les sols du site d'étude sont des Endo-Gleyic Ferralsols de type sablo-limoneux et Arenosols de type sableux. Ils sont pauvres en éléments minéraux majeurs, notamment, l'azote et le potassium. Ces sols sont, aussi, acides avec de bas niveaux en bases échangeables. Les résidus agroindustriels que sont la balle de riz, la sciure de bois et la litière de poulet sont riches en matière organique, en éléments minéraux et possèdent une bonne capacité de rétention en eau. Les traitements issus de ces résidus ont présenté des caractéristiques physique (capacité de rétention en eau) et organique (matière organique) et des teneurs en éléments minéraux en fonction du résidu dominant dans la formulation. La sciure de bois a présenté les meilleures caractéristiques physiques alors que la litière de poulet a été plus riches en propriétés chimiques. Les substrats utilisés dans cette étude sont des amendements organiques de par leurs propriétés physico-chimiques.

L'application sur les cultures du maïs et de l'aubergine des composites organiques constitués avec les substrats carbonisés a été quasiment sans effet au premier cycle de production. En effet, pour le maïs, la balle de riz carbonisée sans litière (R100) et la sciure de bois carbonisée associée à la litière (BF100) ont été les meilleurs traitements avec un rendement de 1,48 t ha<sup>-1</sup> qui demeure insuffisant bien que supérieur au rendement du témoin avec litière de poulet (1,28 t ha<sup>-1</sup>). Pour l'aubergine, la sciure de bois avec un apport additionnel de 3 t ha<sup>-1</sup> (BF100) a offert le meilleur rendement à 10,41 t ha<sup>-1</sup>.

Au cycle 2, l'effet des amendements sur les cultures a été plus significatif. Pour la culture du maïs, la formulation B100 (sciure de bois sans litière), avec 3,36 t ha<sup>-1</sup> et BF75 (3/4 de sciure de bois + 1/4 de balle de riz et 3 t ha<sup>-1</sup> de litière), avec 3,18 t ha<sup>-1</sup>, ont produit les meilleurs rendements. Quant à l'aubergine, les meilleures formulations ont été la sciure de bois en présence de 3 t ha<sup>-1</sup> de litière à 35,93 t ha<sup>-1</sup> BF100 (avec fiente) et le composite sciure – balle de riz à proportion 1 : 1, RB50 (sans litière) avec un rendement de 26,17 t ha<sup>-1</sup>.

Les caractéristiques physico-chimiques du sol sous aubergine et sous maïs ont été améliorées par les apports des résidus agroindustriels après deux cycles de production. En effet, après deux applications la granulométrie du sol a été modifiée améliorant les proportions de

sable, de limon et d'argile. Les meilleurs effets ont été obtenus avec les traitements B67 (2/3 sciure de bois + 1/3 balle de riz), BF67 (2/3 sciure de bois + 1/3 balle de riz avec complément litière) et BF100 (100 % sciure de bois avec complément litière) aussi bien sous maïs que sous aubergine. Les teneurs en matière organique, carbone organique et en azote total du sol ont globalement été améliorées. Pour ces éléments organiques, les meilleurs effets ont été obtenus par les formulations R100, B75/BF75, RF75 et RB50 sous le maïs et B100 et RF100 sous l'aubergine. Les paramètres chimiques du sol tel que le phosphore assimilable ont été améliorés par les apports des résidus agroindustriels. Le meilleur effet a été observé avec le témoin (SOLF).

Les trois meilleurs traitements de cette étude sont :

- le traitement à base de sciure de bois seul ou en association avec la litière de poulet (B100 et BF100) ;
- $\frac{3}{4}$  de balle de riz +  $\frac{1}{4}$  de sciure de bois avec un complément de  $3 \text{ t ha}^{-1}$  de litière de poulet (RF75) ;
- $\frac{1}{2}$  balle de riz +  $\frac{1}{2}$  sciure de bois (RB50).

## RECOMMANDATIONS

Au vu des résultats sur les propriétés physico-chimiques du sol et sur les rendements, l'adoption de la technique de carbonisation pour prétraiter les résidus agroindustriels avant amendement est une alternative sérieuse pour augmenter la productivité des sols agricoles sans avoir recours aux engrais chimiques. Toutefois, pour la culture de maïs, nous recommandons, les formulations à base de :

- 100 % sciure de bois (B100) ;
- $\frac{3}{4}$  de sciure de bois –  $\frac{1}{4}$  de balle de riz avec un complément de  $3 \text{ t ha}^{-1}$  litière de poulet (BF75).

Pour l'aubergine, les trois meilleures formulations sont :

- 100 % sciure de bois avec un complément de  $3 \text{ t ha}^{-1}$  de litière de poulet (BF100) ;
- $\frac{3}{4}$  de balle de riz +  $\frac{1}{4}$  de sciure de bois avec un complément de  $3 \text{ t ha}^{-1}$  de litière de poulet (RF75) ;
- $\frac{1}{2}$  balle de riz +  $\frac{1}{2}$  sciure de bois (RB50).

## PERSPECTIVES

L'effet des traitements à base de balle de riz et de sciure de bois carbonisées dans l'amélioration de la productivité des sols peut être affiné par des études complémentaires sur le nombre de cycles, les proportions dans chaque composite et le mode de traitement des résidus.

Les études futures doivent être orientées sur :

- la recherche des meilleures formulations prenant en compte les meilleures proportions de substrats ;
- l'évaluation avec précision et sur une période plus grande, de l'effet résiduel de ces substrats sur les sols sous diverses cultures ;
- l'évaluation économique des meilleures formulations retenues ;
- l'évaluation agronomique de composts issus de composites non carbonisés de balle de riz, de sciure de bois et de litière de poulet.

# RÉFÉRENCES

- Abobi A.H.D., Angui T.K.P. & Kouadio Y.J. (2014). Influence de la fertilisation à base des coques de cacao sur les paramètres chimiques d'un ferralsol et sur la croissance du maïs (*Zea mays* L.) à Oumé, Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 82 :7359 - 7371.
- Adekayode F.O. & Ogunkoya M.O. (2011). Comparative effects of organic compost and NPK fertilizer on soil fertility, yield and quality of amaranth in southwest Nigeria. *International Journal Biology Chemical Science.*, 5 (2) : 490 - 499.
- ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Énergie) (2013). Faire son compost et pailler son jardin. Fiche technique, 13 p.
- Agbede T.M., Ojeniyi S.O. & Adeyemo A.J. (2008). Effect of Poultry Manure on Soil Physical and Chemical Properties, Growth and Grain Yield of Sorghum in Southwest, Nigeria. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 2 (1) : 72 - 77.
- Akanza K.P. & N'Da H.A. (2018). Effets de l'engrais sur la fertilité, la nutrition et le rendement du maïs : incidence sur le diagnostic des carences du sol. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 045 : 54 - 66.
- Akanza P. & Sanogo S. (2017). Effets des fumures sur la fertilité, les composantes de rendement et diagnostic des carences du sol sous culture de riz sur les ferralsols en Côte d'Ivoire. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 043 : 1 - 10.
- Alla K.T., Bomisso E.L., Ouattara G. & Dick A.E. (2018). Effets de la fertilisation à base des sous-produits de la pelure de banane plantain sur les paramètres agromorphologiques de la variété d'Aubergine F1 kalenda (*Solanum melongena*) dans la localité de Bingerville en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 38 (3) : 6292 - 6306.
- Allaire S.E. & Lange S. (2013). Le biochar dans les milieux poreux : une solution miracle en environnement ? *Vecteur Environnement* : 58 - 67.
- Amadji G.L., Saïdou A. & Chitou L. (2009). Recycling of residues in compost to improve coastal sandy soil properties and cabbage shoot yield in Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3 (2) : 192 - 202.

- Amonmide I., Dagbenonbakin C., Agbangba E. & Akponikpe P. (2020). Contribution à l'évaluation du niveau de fertilité des sols dans les systèmes de culture à base du coton au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13 (3) : 1846-1860.
- Anonyme 1 (2021). La production mondiale d'aubergines s'élève à plus de 51 millions de Tonne. <http://www.agrimaroc.ma/production-mondiale-aubergines/> consulté le 11/04/2020.
- Anonyme 2 (1999). Qualité des sols - Méthodes chimiques - Détermination de la capacité d'échange cationique (CEC) et des cations extractibles. <https://www.boutique.afnor.org> › Normes.
- Asai H., Samson B.K., Stephan H.M., Songyikhangsuthor K., Homma K., Kiyono Y., Inoue Y., Shiraiwa T. & Horie T. (2009). Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos : Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field Crops Research*, 111 (1 - 2) : 81 - 84.
- Atkinson C.J., Fitzgerald J.D. & Hips N.A. (2010). Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant Soil*, 337 : 1 - 18.
- Avenard J.M. (1971). Aspect de la géomorphologie. Centre ORSTOM Adiopodoumé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 64 p.
- Bacýé B., Moreau R. & Feller C. (1998). Décomposition d'une poudrette de fumier incorporée dans un sol sableux de versant et un sol argilo-limoneux de bas-fond en milieu soudano-sahélien. *Étude et Gestion des Sols*, 5 (2) : 83 - 92.
- BAD (Banque Africaine de Développement). (2024). Rapport pays : Côte d'Ivoire ; 43 p.
- Badji A. (2011). Effets du biochar sur les activités microbiologiques du sol Sous forts intrants azotes (maraichage). Mémoire de Master II en Biotechnologie Végétale et Microbienne, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Biologie Végétale, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 61 p.
- Baize D. (2000). Guide des analyses en pédologies. 2è édition INRA, Paris-France, 257 p.

- Baka D. (2012). Géométrie, hydrodynamisme, des réservoirs, fracturés du socle protérozoïque de la région d'Oumé (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 260 p.
- Ballot C.S.A., Mawussi G., Atakpama W., Moita-Nassy M., Yangakola T.M., Zinga I., Silla S., Kperkouma W., Dercon G., Komlan B. & Koffi A. (2016). Caractérisation physico-chimique des sols en vue de l'amélioration de la productivité du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans la région de Damara au centre-sud de Centrafrique. *Agronomie Africaine*, 28 (1) : 9-23.
- Bambara F.A.A. (2012). Optimisation de la fertilisation azotée du maïs en culture pluviale dans l'ouest du Burkina Faso: utilisation du modèle agronomique DSSAT. Mémoire de fin de cycle présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur du développement rural option: Agronomie, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (OPB), Burkina Faso, 60 p.
- Barima Y.S.S., Kouakou A.T.M. & Bamba I. (2016). Configuration d'une forêt domaniale soumise à des pressions anthropiques en côte d'ivoire : cas du nord de la forêt classée du Haut-Sassandra. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, 28 : 190 - 215.
- Barrios E. (2007). Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological economics*, 64 (2) : 269 - 285.
- Bationo A., Kihara J., Vanlauwe B., Waswa B. & Kimetu J. (2006). Soil organic carbon dynamics, functions and management. *Agricultural Systems*, 2005 : 08 - 11.
- Bekunda M., Nteranya S. & Paul L.W. (2010). Rétablir la fertilité des sols en Afrique subsaharienne. *Advances in Agronomy*, 108 : 183 - 236.
- Benté F. (2015). Biochar in Nutrient Recycling : The Effect and Its Use in Wastewater Treatment. *Open Journal of Soil Science*, 5 : 39 - 44.
- Biaou O.D.B., Saidou A., Bachabi F-X., Padonou G.E. & Balogoun I. (2017). Effet de l'apport de différents types d'engrais organiques sur la fertilité du sol et la production de la carotte (*Daucus carota L.*) sur sol ferrallitique au sud Bénin. *International Journal Biology Chemical Sciences*, 11 (5) : 2315 - 2326.

- Bikié H., Ndoye O. & Sunderlin W.D. (2000). Impact de la crise sur les systèmes agricoles et le changement du couvert forestier dans la zone forestière humide du Cameroun. *Center for International Forestry Research*, 21 p.
- Boli Z. & Roose E. (2000). Rôle de la jachère de courte durée dans la restauration de la productivité des sols dégradés par la culture continue en savane soudanienne humide du Nord-Cameroun. Edition : *Institut de la recherche agricole pour le développement* (Irad), Yaoundé (Cameroun), 149 - 154.
- Bonny B.S. (2004). Influence des ressources des graines et de l'apport de ressources externes à la croissance chez le voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdc. (Fabaceae)]. Mémoire de DEA, UFR des sciences de la nature, Université Abobo-Adjamé (Côte d'Ivoire), 54 p.
- Boraud N.K.M. (2000). Etude floristique et phytoécologique des adventices des complexes sucriers de Côte d'Ivoire : Ferké I, Ferké II, Borotou-koro et Zuénoula. Thèse de Doctorat, Université de Cocody, UFR Biosciences, Abidjan, Côte d'Ivoire, 186 p.
- Boris M.D.K. (2017). Production et utilisation du biochar pour l'amendement des sols rouges lessivés tropicaux. Thèse de Doctorat, Sciences forestières, Université Laval, Canada, 118 p.
- Bosser J. (2000). Flore des Mascareignes : 127 Convolvulacées à 135 Acanthacées. IRD Edition, Paris (France), 27 - 28.
- Brodowski S., John B., Flessa H. & Amelung W. (2006). Aggregate-occluded black carbon in soil. *European journal of soil science*, 57 : 539 - 546.
- Brou 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.
- Brou Y.T. (2010). Variabilité climatique, déforestation et dynamique agro-démographique en Côte d'Ivoire. *Sécheresse*, 21 : 1 - 6.
- Bukenya-Ziraba R. & Bonsu K.O. (2004). *Solanum macrocarpon* L. In : Grubben, G. J. H. & O.A. Denton (Eds.). Ressources végétales de l'Afrique tropicale 2. Légumes. Fondation PROTA, Wageningen, Pays Bas : 544 -548.

- Bünemann E.K., Bongiorno G., Bai Z., Creamer R.E., Deyn D., De Goede R., Fleskens L., Geissen V., Kuyper T.W., Mäder P., Pulleman M., Sukkel W., Van Groenigen J.W. & Brussaard L. (2018). Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120 : 105 - 125.
- Busby R.R., Allen T.H. & Gebhart D.L. (2007). Carbon and nitrogen mineralization of non-composted and composted municipal solid waste in sandy soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 39 : 1277 - 1283.
- Celik I., Ortas I. & Kilic S. (2004). Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil & Tillage Research*, 78 : 59 - 67.
- Chan K.Y., Van Zwieten L., Meszaros I., Downie A. & Joseph S. (2008). Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research*, 46 : 437 - 444.
- Cheng C.H., Lehmann J., Thies J.E., Burton S.D. & Engelhard M.H. (2006). Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes. *Organic geochemistry*, 37 : 1477 - 1488.
- Choudhary O.P., Josan A.S., Bajwa M.S. & Kapur M.L. (2004). Effect of sustained sodic and saline-sodic irrigation and application of gypsum and farmyard manure on yield and quality of sugarcane under semi-arid conditions. *Field Crops Research*, 87 (2) : 103 - 116.
- Christine J. & Josée B. (2019). Les insectes nuisibles et utiles du maïs sucré : mieux les connaître. Édition : *Institut de recherche et de développement en agroenvironnement*, Québec, 92 p.
- Christophe J. (2004). Bouse : historique, importance et écosystème. Thèse pour le doctorat vétérinaire, Université de Toulouse, France, 82 p.
- Claeys F. (2018). Impacts du changement climatique sur la durabilité de l'exploitation forestière en Afrique centrale. Thèse de doctorat, Sciences de l'environnement, Institut des Sciences et Industries du vivant et de l'environnement, Paris (France), 318 p.
- Claire G. (2008). Evolution et effets sur la structuration du sol de la matière organique apportée en grande quantité. Thèse de doctorat, Université d'Angers, France, 237 p.
- Combeau A. & Monnier G. (1961). Méthode d'étude de la stabilité structurale : application aux sols tropicaux. *Sols Africains*, 6 (1) : 5 - 32.

- Cotxarrera L., Trillas-Gay M.I., Steinberg C. & Alabouvette C. (2002). Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress *Fusarium* wilt of tomato. *Soil Biology and Biochemistry*, 34 : 467 - 476.
- Coulibaly N.D., Fondio L. & N'Gbesso M.F.D-P. (2021). Évaluation des performances agromorphologiques de neuf cultivars d'aubergine en station au Centre de la Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 18 (1) : 1 - 11.
- Couronne M-P. (2015). La Capacité d'Echange Cationique. Fiche technique, Chambre d'agriculture de la Drôme, *Technologie et Biologie*, 2 p.
- Crecchio C., Curci M., Pizzigallo M.D.R., Ricciuti P. & Ruggiero P. (2004). Effects of municipal solid waste compost amendments on soil enzyme activities and bacterial genetic diversity. *Soil Biology and Biochemistry*, 36 : 1595 - 1605.
- Dabin B. & Maignien R. (1979). Les principaux sols d'Afrique de l'Ouest et leurs potentialités agricoles (1). *Cahier. ORSTOM, Série Pédologie*, 17 (4) : 235 - 257.
- Dabin B. (1985). Les sols tropicaux acides. *Cahiers ORSTOM, série Pédologie*, 21 (1) : 7 - 19.
- Dabin B., Leneuf N. & Riou G. (1960). Carte pédologique de la Côte d'Ivoire. Notice explicative, Pédologues de l'O.R.S.T.O.M., 39 p.
- 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. *Afrique Science*, 11 (3) : 181 - 196.
- Délas J. & Molot C. (1983). Effet de divers amendements organiques sur les rendements du maïs et de la pomme de terre cultivés en sol sableux. *Agronomie*, 3 (1) : 19 - 26.
- Delaunoy A. (2008). Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols, 37 p.
- Delmas P., Kimba A., Oumarou I.I., Haougui A., & Basso A. (2015). Conseiller en maraîchage : Attaques sur tomates. Fiche technique, *Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger*, 4 p.

- Demirbas A. (2006). Production de biodiesel via la méthode SCF non catalytique et les caractéristiques du biodiesel. *Energy, Conversion and Management*, 47 (15-16) : 2271 - 2282.
- Diallo D. (1995). Érosion des sols en zone soudanienne du Mali : Transfert des matériaux érodés dans le bassin versant de Djitiko (Haut Niger). Mémoire de doctorat, Université Joseph Fourier Grenoble I (France), 212 p.
- Diallo M.D., Guissé A.C. J.L. & Sall G.S. (2008). Influence de la litière foliaire de cinq espèces végétales tropicales sur la croissance du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) et du maïs (*Zea mays* L.). *Sécheresse*, 19 (3) : 207 - 210.
- Diallo M.D., NDiaye O., Diallo A., Saleh M.M., Bassene C., Wood A.S., Diop A. & Guissé A. (2015). Influence de la litière foliaire de cinq espèces végétales tropicales sur la diversité floristique des herbacées dans la zone du Ferlo (Senegal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (2) : 803 - 814.
- Diallo M.D., Touré A., Diop M.B.F., Mahamat-Saleh M., Goalbaye T., Ndiaye B.A., Ndiaye N.D., Diop A. & Guissé A. (2016). Détermination de la dose optimale d'engrais minéral 15-15-15 sur cinq (05) variétés de maïs doux (*Zeamays* L. ssp. *Saccharata*) au Sénégal. *European Scientific Journal*, 12 (27) : 135 - 148.
- Diarra A., Guy C.D. & Sékongo L.G. (2016). Crise de l'eau potable en milieu urbain : cas de la ville de Daloa. *Revue de Géographie*, 5 (2) : 1 - 20.
- Dib T.A. & Monneveux P. (1992). Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. I. Caractères morphologiques d'enracinement. *Agronomie*, 12 (5) : 371 - 379.
- Diomandé S., Kouakou Y.B., Rasmane K.N.A., Ehouman N-G.M. & Bakayoko A. (2019). Étude de l'effet d'une légumineuse (*Phaseolus vulgaris*) et d'un compost (Vermicompost) sur l'enherbement des cultures maraichères des établissements pénitentiaires de Côte d'Ivoire : cas des prisons d'Abidjan et de Gagnoa. *Afrique Science*, 15 (1) : 12 - 26.
- Djidji A.H. & Fondio L. (2013). Bien cultiver l'aubergine en Côte d'Ivoire. Protocole d'expérimentation. Fiche technique, *Centre National de Recherche Agronomique*, 4 p.

- Dufour A. & Delaleu I. (2012). Le régime Portfolio anticholestérol : Les bonnes combinaisons alimentaires 100 % minceur et antifrangales. Edition Leduc, Paris (France), 70 p.
- Dugan E., Verhoef A., Robinson S. & Sohi S. (2010). Bio-char from sawdust, maize stover and charcoal: Impact on water holding capacities (WHC) of three soils from Ghana. 19 th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, Australia, 1-12.
- Edbo M.S. (2021). Effets des amendements organiques sur les traits fonctionnels de l'aubergine douce (*Solanum melongena* L.) Haute Casamance, Sénégal. Mémoire de Master, Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal, 51 p.
- Edwards L., Burney J.R., Richter G. & MacRae A.H. (2000). Evaluation of compost and straw mulching on soil-loss characteristics in erosion plots of potatoes in Prince Edward Island, Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 81 : 217 - 222.
- Eldin M. (1971). Le climat. In Avenard J.M., Eldin M., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf P., Guillaumet J.L., Adjanooun E. & Perraud A. (eds). Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, Mémoire ORSTOM, Paris (France) : 73 - 108.
- Elherradi E., Souidi B., Chiang C. & Elkacemi K. (2005). Evaluation of nitrogen fertilizing value of composted household solid waste under greenhouse conditions. *Agronomy for Sustainable Development*, 25 (2) : 169 - 175.
- Enders A., Hanley K., Whitman T., Joseph S. & Lehmann J. (2012). Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. *Bioresource Technology*, 114 : 644 - 653.
- Erard P. (2003). L'aubergine. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL), Paris, France, 160 p.
- Fageria N.K. & Baligar V.C. (2008). Amélioration de l'acidité du sol, des oxisols tropicaux par chaulage pour une production agricole durable. *Progrès en agronomie*, 99 : 345 - 399.
- Fangueiro D., Gusmao M., Grilo J., Porfirio G., Vasconcelos E. & Cabral F. (2007). Proportion, composition and potential N mineralisation of particle size fractions obtained by mechanical separation of animal slurry. *Biosystems Engineering*, 106 (4) : 333 - 337.

- Fanny E.H., Andrea S.V., Bruce A.McD. & Daniel C. (2016). A fungal wheat pathogen evolved host specialization by extensive chromosomal rearrangements. *Journal of Microbial Ecology*, 11 (5) : 1189 - 1204.
- FAO 1 (2014). Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Comité du codex sur les fruits et légumes frais. Dix-huitième session Phuket, Thaïlande, 91 p.
- FAO 2 (2014). Résidus agricoles et sous-produits agro-industriels en Afrique de l'ouest. Rapport du bureau régional pour l'Afrique de la FAO, Accra, Ghana 73 p.
- Fatondji D., Martius C., Zougmore R., Vlek P.L.G., Biolders C.L. & Koala S. (2009). Decomposition of organic amendment and nutrient release under the zai technique in the Sahel. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 85 : 225 - 239.
- Fondio L., N'Tamon L.N., Hala F.N. & Djidji A.H. (2008). Evaluation agronomique de six cultivars d'aubergine Africaine (*solanum* spp.) de la nouvelle collection des plantes légumières du CNRA. *Agronomie Africaine*, 20 (1) : 69 - 79.
- Francou C. (2003). Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : influence de la nature des déchets et du procédé de compostage – recherche d'indicateurs pertinents. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon, Environnement et grandes cultures, Paris (France), 288 p.
- Fuchs J.G. (2009). Fertilité et pathogènes telluriques : effets du compost. *Institut de recherche de l'agriculture biologique*, rapport des Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques, Suisse, 6 p.
- Gala B.T.J., Camara M., Yao-Kouamé A. & Keli Z.J. (2011). Rentabilité des engrais minéraux en riziculture de plateau : cas de la zone de Gagnoa dans le centre ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Bioscience*, 46 : 3153 - 3162.
- Gala J.T.B., Camara M., Assa A. & Kéli J.Z. (2007). Problématique de l'utilisation des engrais minéraux dans les zones de production du riz : cas du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 19 (2) : 173 - 185.

- Gaunt J.L. & Lehmann J. (2008). Bilan énergétique et émission associées à la séquestration du biochar et à la production de bioénergie par pyrolyse. *Sciences et technologies de l'environnement*, 42 (11) : 4152 - 4158.
- Giacometti C., Demyan M.S., Cavani L., Marzadori C., Ciavatta C. & Kandeler E. (2012). Chemical and microbiological soil quality indicators and their potential to differentiate fertilization regimes in temperate agroecosystems. *Applied Soil Ecology*, 64 : 32 - 48.
- Girard M., Walter C., Rémy J., Berthelin J., Morel J., Girard M., Walter C., Berthelin J. & Able T. (2011). Sols et environnement. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'environnement, 2<sup>e</sup> édition, Paris, France, 432 p.
- Glaser B., Lehmann J. & Zech W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal. *Biology and Fertility of Soils*, 35 : 219 - 230.
- Gnahoua G.M. (2004). Contribution des légumineuses à la régénération des jachères : Intérêts et limites des arbres fixateurs d'azote en zone forestière de Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Option Agronomie, Université de Cocody - Abidjan, Côte d'Ivoire, 142 p.
- Grandjean C. & De Cannière F. (2015). Techniques agricoles et financières pour atteindre durablement le droit à l'alimentation au Bénin. Louvain School of Management, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique, 172p.
- Grubben G. & Denton O. (2004). Ressources Végétales de L'Afrique Tropicale 2 : légume. *Plant resources of tropical Africa*, 11 (1) : 548 - 553.
- Guerrero C., Gómez I., Mataix-Solera J., Moral R., Mataix-Beneyto, J. & Hernández M.T. (2000). Effect of solid waste compost on microbiological and physical properties of a burnt forest soil in field experiment. *Biology and Fertility of Soils*, 32 : 410 - 414.
- Guillaumet J-L. & Adjanohoun E. (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoires : ORSTOM, Paris (France) : 161 - 263.
- Gulshan A.B. & Dasti A.A. (2012). Role of soil texture and depths on the emergence of buried weed seeds. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 7 (4) : 223 - 228.

- Gundale M.J. & De Luca T.H. (2006). Temperature and source material influence ecological attributes of ponderosa pine and Douglas-fir charcoal. *Forest ecology and management*, 23 : 86 - 93.
- Hamer U., Marschner B., Brodowski S. & Amelung W. (2004). Interactive priming of black carbon and glucose mineralization. *Organic Geochemistry*, 35 : 823 - 830.
- Hargreaves J.C., Adl M.S. & Warman P.R. (2008). A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123 : 1 - 14.
- Harold M. & Tabo R. (2015). Les cultures céréalières : riz, maïs, millet, sorgho et blé. Rapport de Conférence de la banque mondiale, 21 au 23 Octobre 2015, Dakar, Sénégal, 38 p.
- Hébert Y. (2002). Résistance comparée de 9 espèces du genre *Solanum* au flétrissement bactérien (*Pseudomonas solanacearum*) et au nématode *Meloidogyne incognita*. Intérêt pour l'amélioration de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) en zone tropicale humide. *Agronomie*, 5 (1) : 27 - 32.
- Hénin F. (2019). Export de maïs 2019-2020, cinq pays se partagent un marché de 163 millions de tonnes. <https://wikiagri.fr/tags/maïs>. Consulté le 11/04/2020.
- Hénin S., Féodoroff A., Gras R. & Monnier G. (1969). Le profil cultural. Principes de physique du sol. Société d'Édition des Ingénieurs Agricoles, Paris, 2ème édition, France, 332 p.
- Hequet V., Le Corre M., Rigault F. & Blanfort V. (2009). Les Espèces Exotiques Envahissantes de Nouvelle-Calédonie. Institut de Recherche pour le Développement, Association pour le Maintien de l'Agriculture Paysanne, Nouméa (Nouvelle-Calédonie), 87 p.
- Huber G. & Schaub C. (2011). La fertilité des sols : l'importance de la matière organique. *Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin*, 46 p.
- IITA (1982). Annual Report. *International Institute of Tropical Agriculture*, Ibadan, Nigeria, 178 p.
- Islam A.F., Kitaya Y., Hirai H., Yanase M., Mori G. & Kiyota M. (1999). Effects of placing rice husk charcoal inside ridges for soil aeration and growth and yield of sweet potato in wet lowland fields. *Journal of Root Crops*, 25 : 85-97.

- Jama B., Palm C.A., Buresh R.J., Niang A.I., Gachengo C. & Nziguheba G. (2000). Tithonia as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya : a review. *Agroforestry Systems*, 49 : 201 - 221.
- Jean-Lu M., Julien B., Benoit C., Jacques D., Bernard R. & Jean-Luc D. (1997). L'amélioration des plantes tropicales, Cirad-Orstom, 401 - 427.
- Jeffery S. & Gardi C. (2010). Soil biodiversity under threat – a review. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 74 : 7 - 12.
- Kadiata B.D. & Lumpungu K. (2003). Differential phosphorus uptake and use efficiency among selected nitrogen-fixing tree legumes over time. *Journal plant nutrition*, 26 : 1009 - 1022.
- Kaho F., Yemefack M., Feujio-Tegwefouet P. & Tchanthaouang J.C. (2011). Effet combiné de feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur le rendement du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au centre du Cameroun. *Tropicultura*, 29 (1) : 39 - 45.
- Kammen D.M. & Lew D.J. (2005). Review of Technologies for the Production and Use of Charcoal. California, USA, 19 p.
- Kasongo L.M.E., Mwamba M.T., Tshipoya M.P., Mukalay M.J., Useni S.Y., Mazinga K.M. & Nyembo K.L. (2013). Réponse de la culture de soja (*Glycine max* L. (Merril) à l'apport des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray comme fumure organique sur un Ferralsol à Lubumbashi, R.D. Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 63 : 4727 - 4735.
- Kassin K. & Yoro G. (2009). Rapport d'activité du programme gestion durable des sols et maîtrise de l'eau (GDSME). Station de Recherche du CNRA Gagnoa, Côte d'Ivoire, 17 p.
- Khaldoun A., Chéry J. & Monneveux (1990). Étude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez l'orge (*Hordeum vulgare* L). *Agronomie*, 10 : 369 - 379.
- Kiba D.I., Compaoré E., Nacro H.B., Lompo F. & Sedogo M.P. (2008). Valorisation agronomique de déchets d'abattoir et de décharges de la ville de Ouagadougou (Burkina Faso). Rapport de l'INERA et l'IDR et l'UPB, Burkina Faso ; 11 p.

- Koffi A. (2023). Caractérisation agro-pédologique et cartographie de l'aptitude culturale des sols de nouvelles zones de production hévéicole en Côte d'Ivoire : cas des départements de Man, Toumodi et Prikro. Thèse de doctorat, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire), 169 p.
- Koffie-bikpo C.Y. & Kra K.M. (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.
- Koko L.K., Yoro R.G., N'Goran A. & Assa K. (2008). Evaluation de la fertilité des sols sous cacaoyers dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 20 (1) : 81 - 95.
- Konaté Z., Abobi H.D.A., Soko F.D. & Yao-Kouamé A. (2018). Effets de la fertilisation des sols à l'aide des déchets ménagers solides compostés dans les décharges sur le rendement et la qualité chimique de la laitue (*Lactuca sativa* L.). *International Journal Biology Chemical Science*, 12 (4) : 1611 - 1625.
- Koua T.A.M. (2016). Comparaison de l'aspect morphologique et biochimique de trois espèces d'aubergines (*Solanum melongena*, *Solanum aethiopicum* et *Solanum macrocarpon*) consommées en Côte d'Ivoire. Mémoire présenté pour l'obtention de l'UE de stage de Master des Sciences et Technologies des Aliments, Option : Biochimie et Technologie des Aliments, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, 30 p.
- Kouakou K.A. (2015). Diversité floristique de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) en période post-conflits armés. Mémoire de Master, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 60 p.
- Kouakou K.A., Yao S.S.B., Akoua T.M.K., Yao C.S., Bamba I. & N'guessan F.K. (2015). Diversité végétale post-conflits armés de la Forêt Classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 26 : 4058 - 4071.
- Kouassi R.D. (2022). Historique du peuplement de la région du Centre-Ouest : le cas du département de Daloa. *Collection recherches & regards d'Afrique*, 1 (2) : 378 - 397.
- Kowaljow E. & Mazzarino M.J. (2007). Soil restoration in semiarid Patagonia: chemical and biological response to different compost quality. *Soil Biological. Biochemistry*, 39 : 1580 - 1588.

- Kupper T. & Fuchs J.G. (2007). Compost et digestat en Suisse. Étude n° 2 : Influences des composts et des digestats sur l'environnement, la fertilité des sols et la santé des plantes. *Office fédéral de l'environnement*, Berne (Suisse), 49-124 p.
- Kuzyakov Y., Subbotina I., Chen H., Bogomolova I. & Xu X. (2009). Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by <sup>14</sup>C labeling. *Soil biology and biochemistry*, 41 : 210 - 219.
- Lamhamedi M.S., Renaud M., Rioux M. & Guay J-Y. (2013). Effets de la date d'ensemencement sur la croissance et la nutrition minérale des plants d'épinette blanche en relation avec l'insuffisance racinaire. Ministère des ressources naturelles, note de la direction de la recherche forestière n°138, Québec (Canada). *Les Presses de l'Université Laval*, Canada, 399 - 410.
- Laopé A.C.S., Doumbouya M., Traoré M.S., Condé M., N'guettia T.V.F & Koné M. (2020). 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.
- Lare Y. (2008). Lutte antiérosive et contraintes socio-économiques dans la région des savanes du Nord-Togo. *Sécheresse*, 19 (2) : 103 - 114.
- Lavelle P., Decaëns T., Aubert M., Barot S., Blouina M., Bureau F., Margerie P., Mora P. & Rossi J-P. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42 : 3 - 15.
- Lawani M.O.A. (2017). Formulation d'un biofertilisant à base de déchets organiques ménagers et de déjections animales en vue de sa vulgarisation. Mémoire de Master, Université de Liège (Belgique), 61 p.
- Lehmann J. (2007). Une poignée de carbone. *Nature*, 447 (7141) : 143 - 144.
- Lehmann J., Gaunt J. & Rondon M. (2006). Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems—a review. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 11 : 403 - 427.

- Lehmann J., Pereira J., Steiner C., Nehls T., Zech W. & Glaser B. (2003). Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin : fertilizer , manure and charcoal amendments. *Plant Soil*, 249 : 343 - 357.
- Lehmann J., Rillig M.C., Thies J., Masiello C.A., Hockaday W.C. & Crowley D. (2011). Biochar effects on soil biota – A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43 : 1812 - 1836.
- Lehmann J., Silva D., Pereir J., Marco R., Manoel S.C., Jacqueline G., Thomas N., Christoph S. & Bruno G. (2002). Slash-and-char : a feasible alternative for soil fertility management in the Central Amazon ? In: Soil Sci confronting new realities 21st century, Trans 17th World Congr Soil Sci Bangkok, Thailand, 12 p.
- Leikam D.F., Murphy L.S., Kissel D.E., Whitney D.A. & Moser H.C. (1983). Effects of Nitrogen and Phosphorus Application Method and Nitrogen Source on Winter Wheat Grain Yield and Leaf Tissue Phosphorus. *Soil Science Society of America Journal*, 47 (3) : 530 - 535.
- Lélé N.B., Kachaka S.C. & Lejoly J. (2016). Effet du biochar et des feuilles de *Tithonia diversifolia* combiné à l’engrais minéral sur la culture du maïs (*Zea mays* L.) et les propriétés d’un sol ferrallitique à Kinshasa (RDC), *BASE*, 20 (1) : 57 - 67.
- Lester R., Jaeger P., Bleijendaal-Spierings B., Bleijendaal H. & Holloway H. (1990). African eggplants : a review of collecting in West Africa. *Plant Genetie Ressources Newsletter* 81-82 p.
- Liang B., Lehmann J., Solomon D., Kinyangi J., Grossman J., O’Neill B., Skjemstad J. O., Thies J., Luizao F.J., Petersen J. & Neves E.G. (2006). Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil science society of America Journal*, 70 : 1719 - 1730.
- Lima A.C.R., Brussaard L., Totola M.R., Hoogmoed W.B. & De Goede R.G.M. (2012). A functional evaluation of three indicator sets for assessing soil quality. *Applied Soil Ecology* 64 : 194 - 200. Elsevier B. V. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil>.
- Lou Q., Iovene M., Spooner D.M., Bueil C.R. & Jiang J. (2010). Evolution of chromosome 6 of *Solanum* species revealed by comparative fluorescence in situ hybridization mapping. *Chromosoma*, 119 : 435 - 442.

- Louise A., René A., Kouamé A. & Diarrassouba L. (2006). Bien cultiver le maïs en Côte d'Ivoire. Fiche technique (CNRA), 4 p.
- Lumpungu K. (2008). Rapport final sur le système national de recherche agronomique en République Démocratique du Congo. Analyse de la situation, 8 - 9.
- Maiti R.K. & Moreno-Limon S. (2001). Seed and Seedling Traits in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and It's Relation to Abiotic Stress Resistance. *Legume Ressource*, 24 (4) : 211 - 221.
- Major J., Rondon M., Molina D., Riha S.J. & Lehmann J. (2010). Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna soil. *Plant Soil*, 333 : 117 - 128.
- Makosso S. (2010). Utilisation combinée de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray et d'engrais NPK pour améliorer la production de *Solanum Melongena* L. dans la zone maraichère de Brazzaville. *Annale des sciences et techniques*, 11 (4) : 1 - 7.
- Mangara A. (2010). Les adventices en cultures d'ananas : *Ananas comosus* (L.) Merr. (Bromeliaceae), dans les localités d'Anguédédou, de Bonoua et de N'Douci, en basse Côte d'Ivoire : Inventaire et essai de lutte. Thèse de doctorat, Ecologie Végétale, Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 208 p.
- Maude L. (2018). Apports en azote d'engrais verts de légumineuses ou non-légumineuses, combinés à une fertilisation minérale ou organique et effet sur le rendement du blé. Mémoire de Maîtrise en biologie végétale, Université Laval, Québec (Canada), 102 p.
- Mazzucato V. & Niemeijer D. (2000). The Cultural Economy of Soil and Water Conservation: Market Principles and Social Networks in Eastern Burkina Faso. *Development and change*, 31 (4) : 831 - 855.
- Mehlich A. (1984). Mehlich-3 Soil Test Extractant. A Modification of the Mehlich-2 Extractant. *Soil Science and Plant Analysis*, 15 : 1409 - 1416.
- Monnier Y. (1983). Carte de la végétation de la Côte d'Ivoire. Atlas de Côte d'Ivoire. 2e éd., *Jeune Afrique*, Paris (France), 72 p.

- Mouawad C. (2007). Transfert de matière dans un système solide/liquide « ion/eau/pectine » : interactions, partage ionique et simulation par dynamique moléculaire, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, France, 195 p.
- Movahedi S.A.R. & Cook H.F. (2010). Influence of municipal compost on temperature, water, nutrient status and the yield of maize in temperate soil. *Soil Use and Management*, 16 (3) : 215 - 221.
- Mukendi R.T., Mutamba T.B, Kabongo M.D., Longanza B.L. & Munyuli M.T. (2017). Amélioration du sol dégradé par l'apport d'engrais inorganique, organiques et évaluation de rendement du maïs (*Zea mays* L.) dans la province de Lomami, République Démocratique du Congo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11 (2) : 816 – 827.
- Mulaji C. (2011). Utilisation des composts de bios déchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa RDC. Thèse de doctorat, Université de Liège, Belgique, 219 p.
- Muna-Mucheru M., Mugendi D., Kungu J., Mugwe J. & Bationo A. (2007). Effects of organic manure and mineral fertilizer inputs on maize yield and soil chemical properties in a maize cropping system in Meru South District, Kenya. *Agroforestry Systems*, 69 : 189 - 197.
- Musy A. & Soutter M. (1991). Physique du sol. Lausanne, Paris : Presses polytechniques et universitaires romandes ; *Lavoisier*, 335 p.
- Mutanda T., Ramesh D., Karthikeyan S., Kumari S., Anandraj A. & Bux F. (2011). Bioprospecting for hyper-lipid producing microalgal strains for sustainable biofuel production. *Bioresource Technology*, 102 : 57 - 70.
- N'Guessan K.A., Diarrassouba N., Alui K.A., Nangha K.Y., Fofana I.J. & Yao-Kouamé A. (2015). Indicateurs de dégradation physique des sols dans le Nord de la Côte d'Ivoire : cas de Boundiali et Ferkessédougou. *Afrique Science*, 11 (3) : 115 - 128.
- Nanan L. (2016). Effets d'un fertilisant organo-minéral (fertinova 4-3-3) sur les propriétés chimiques du sol et la production de quelques cultures maraichères en milieu paysan au

- Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle en ingénierie en Sciences de l'Environnement et du Développement Rural, Université de Ouaga, Ouagadougou, Burkina-Faso, 72 p.
- N'Dayegamiyé A. (2007). La contribution en azote du sol relié à la minéralisation de la MO : facteur climatique et régions agricoles influençant les taux de minéralisation d'azote. Colloque sur l'azote, *Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec*, 28 Mars 2006, Drummondville, Canada, 28 p.
- N'Dri D., Calani L., Mazzeo T., Scazzina F., Rinaldi M., Del-Rio D., Pellegrini N. & Brighenti F. (2010). Effects of different maturity stages on antioxidant content of Ivorian gnagna (*Solanum indicum* L.) berries. *Molecules*, 15 : 7125 - 7138.
- Néron F. (2014). Petit précis d'agriculture. *In* : L'environnement physique des productions végétales et les principales espèces cultivées en France. 2<sup>ème</sup> édition, Paris, France, 73 - 286.
- Nomao A. (2002). Contribution à la connaissance des rongeurs du Niger. Caractéristiques biologiques et écologiques d'une population de *Gerbillus nigeriae* (*Rodentia, Gerbillinae*), dans la ferme de Kolo (Niger). Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, université de Niamey, Niger, 215 p.
- Nyabyenda P. (2005). Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique : généralités, légumineuses alimentaires, plantes à tubercules et racines, céréales. *Presses Agronomiques de Gembloux*, 24 (3) : 191 - 200.
- Nyembo K.L. (2010). Augmentation du rendement du maïs par l'exploitation de l'effet hétérosis des hybrides produits au Katanga. Thèse de doctorat, Université de Lubumbashi, République Démocratique du Congo, 157 p.
- Nyembo K.L., Useni S.Y., Chukiyabo K.M., Tshomba K.J., Ntumba N.F., Muyambo M.E., Kapalanga K. P., Mpundu M. M., Bugeme M. D. & Baboy L. L. (2013). Rentabilité économique du fractionnement des engrais azotés en culture de maïs (*Zea mays* L.) : cas de la ville de Lubumbashi, sud-est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 65 : 4945 - 4956.
- Nyembo K.L., Useni S.Y., Mpundu M.M., Bugeme M.D., Kasongo L.E. & Baboy L.L. (2012). Effets des apports des doses variées de fertilisants inorganiques (NPKS et Urée) sur le

- rendement et la rentabilité économique de nouvelles variétés de *Zea mays* L. à Lubumbashi, Sud Est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 59 : 4286 - 4296.
- Obulbiga M.F. & Kaboré-Zoungrana C.Y. (2007). Influence de la fumure azotée et du rythme d'exploitation sur la production de matière sèche et la valeur alimentaire de *Andropogon gayanus* kunth au Burkina Faso. *Tropicultura*, 25 (3) : 161 - 167.
- Ognalaga M., Odjogui O.I.P., Lekambou J.M. & Poligui N.R. (2015). Effet des écumes de canne à sucre, de la poudre et du compost à base de *Chromolaena odorata* (L.) King R.M. & H.E. Rob sur la croissance de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.). *International Journal Biology Chemical Science*, 9 (5) : 2507 - 2519.
- Onana V.L., Nzabakurikiza A., Effoudou E.N., Likiby B., Kabeyene V.K. & Ekodeck G.E. (2015). Geotechnical, mechanical and geological characterization of lateritic gravels of Boumpial (Cameroon) used in road construction. *Journal Cameroon Academy Science*, 1 : 45 - 54.
- Ondo J.A. (2011). Vulnérabilité des sols maraîchers du Gabon (région de Libreville) : acidification et mobilité des éléments métalliques. Thèse Université de Provence, France, 324 p.
- Osei M.K., Banful B., Osei C.K. & Oluoch M.O. (2010). Characterization of African Eggplant for Morphological Characteristics. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 4 (3) : 32 - 37.
- Ouédraogo O.W., Gomgnimbou A.P.K., Santi S. & Liboudo D. (2019). Quantification de la Biomasse et stockage du carbone du massif forestier de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts de Dindéresso province du Houet au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13 (7) : 3276 - 3288.
- Pagliai M.N., Vignozzi N. & Pellegrini S. (2004). Soil structure and the effect of management practices. *Soil and Tillage Research*, 79 : 131 - 143.
- Pedra F., Polo A., Ribeiro A. & Domingues H. (2007). Effects of municipal solid waste compost and sewage sludge on mineralization of soil organic matter. *Soil Biology Biochemistry*, 39 : 1375 - 1382.

- Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline F., Benoît M., Butault J.P., Chenu C., Colnenne-David C., De Cara S., Delame N., Doreau M., Dupraz P., Favardin P., Garcia-Launay F., Hassouna M., Hénault C., Jeuffroy M.H., Klumpp K., Metay A., Moran D., Recous S., Samson E., Savini I. & Pardon L. (2013). Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Synthèse du rapport d'étude, INRA (France), 91 p.
- Pétard J. (1993). Les méthodes d'analyse. Tome 1 : Analyses de sols, Laboratoire commun d'analyses N°5, 200 p.
- Pichot J., Sedogo M.P., Poulain J.F. & Arrivets J. (1981). Évolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques. *Agronomie Tropicale*, 36 (2) : 122 - 133.
- Pieri C. (1989). Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au Sud du Sahara. Montpellier : CIRAD-IRAT, 452 p.
- Pietikäinen J., Kiikkilä O. & Fritze H. (2000). Charcoal as a habitat for microbes and its effect on the microbial community of the underlying humus. *Oikos*, 89 : 231 - 242.
- Portères R. (1955). L'introduction du maïs en Afrique. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 2 (5) : 221 - 231.
- Ristanovic D. (2001). Maïs (*Zea mays* L.). In : Raemaekers R.H. (Eds.). Crop production in tropical Africa. Directorate General for International Cooperation, Ministry of foreign Affairs, External Trade and International Cooperation, Brussels, Belgium : 23 - 45.
- Rondon M.A., Lehmann J., Raminez J. & Hurtado M. (2007). « Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with biochar additions ». *Biology and Fertility of Soils*, 43 : 699 - 708.
- RONGEAD (2014). Diagnostic de la filière maïs en Côte d'Ivoire, 58 p.
- Roose E. (2015). Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens : Contribution à l'agroécologie. Rapport de l'Institut de Recherche pour le Développement, Montpellier, France, 547 p.

- Roose E., Blancaneaux P. & Freitas P.L. (1993). Un simple test de terrain pour évaluer la capacité d'infiltration et le comportement hydrodynamique des horizons pédologiques superficiels : méthode et exemples. *Cahiers ORSTOM*, série pédologie, 28 (2) : 413 - 419.
- Saïdou A., Kossou D., Brussaard L., Richards P. & Kuyper T.W. (2008). Activités des vers de terre dans les champs de manioc et de melon egusi dans la zone de transition du Bénin : relier les perceptions des agriculteurs aux études sur le terrain. *NJAS Wageningen Journal of life Sciences*, 56 (1/2) : 123 - 135.
- Sanchez P.A. (2002). Fertilité des sols et faim en Afrique. *Journals Science*, 295 : 55 - 62.
- Sanogo S., Camara M., Zouzou M., Keli Z., Messoum F. & Sekou A. (2010). Effet de la fertilisation minérale sur des variétés améliorées de riz en conditions de Gagnoa, Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 35 : 2235 - 2243.
- Savoie P. (2005). Récolte et séchage des résidus de maïs pour la biomasse. In : Demi-journée d'information scientifique sur les fourrages. Comptes rendus des conférences Victoriaville, Québec, 19 - 24 p.
- Sawadogo H., Bock L., Lacroix D. & Zombré N.P. (2008). Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 12 (3) : 279 - 290.
- Schippers R.R. (2004). Légumes africains indigènes, présentation des espèces cultivées, 339 p.
- Sedogo M.P. (1993). Évolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse d'Etat, FAST/Université Nationale de Côte d'Ivoire, 343 p.
- Semassa A.J., Padonou S.W., Anihouvi V.B., Akissoé N.H., Aly D., Adjanohoun A. & Baba-Moussa L. (2016). Diversité Variétale, Qualité Et Utilisation Du Maïs (*Zea Mays*) En Afrique de l'Ouest : Revue Critique. *European Scientific Journal*, 12 (1) : 197 - 217.
- Silué P.A., Kouassi K.E., Koffi K.A.D. & Soro D. (2017). Qualités germinatives des graines et croissance des plantules de *Isobertlinia spp.* en milieu contrôlé (pépinière). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11 (1) : 93 - 106.

- Singh B.P. & Cowie A.L. (2008). A novel approach, using <sup>13</sup>C abundance, for measuring decomposition of biochar in soil. *In* Currie L D and Hanly J A (eds), Carbone and nutrient management in agriculture: Proceeding of a fertilizer and lime research center workshop, Massey University, Palmerston North, New Zealand, Occasional Report n° 21, 192 p.
- Sogbedji J.M., Van E.H.M. & Agbeko K.L. (2006). Cover cropping and Nutrient Management Strategies for Maize Production in Africa. *Agronomy Journal*, 98 : 883 - 889.
- Sohi S.P., Krull E., Lopez-Capel E. & Bol R. (2010). A review of biochar and its use and function in soil. *Elsevier Journal*, 105 : 47 - 82.
- Soltner D. (2005). Les bases de la production végétale. Tome I. Le sol et son amélioration. Collection Sciences et techniques agricoles, Eyrolles, Paris (France), 472 p.
- Son D., Somda I., Legreve A. & Schiffers B. (2017). Pratiques phytosanitaires des producteurs de tomates du Burkina Faso et risques pour la santé et l'environnement. *Cahiers Agricultures*, 26 (2) : 1 - 6.
- Soro D., Bakayoko S., Dao D., Bi Tra T., Angui P. & Girardin O. (2011). Diagnostic de fertilité du sol au centre-nord de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 23 (3) : 205 - 215.
- Soro D., Dao D., Girardin O., Tié Bi T. & Tschannen B. A. (2010). Adoption d'innovations en agriculture en Côte d'Ivoire : Cas de nouvelles variétés d'igname. *Cahiers Agricultures*, 19 (6) : 403 - 410.
- Soro D., Koutoua A., Ferdinand G.B.Z., Ferdinand Y.Y., Hippolite K-K.K., Sidiky B., Pascal T.A. & Justin Y.K. (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) : 1 - 10.
- Soro D., Touré A., Tano K.L.A.S & Koné T. (2021). Agronomic evaluation of local soil-less growing substrates based on rice and cocoa residues in tomato cultivation in Côte d'Ivoire. *International Journal of Scientific Research*, 10 (01) : 53 – 57.
- Suganya S. (2006). Moisture retention and cation exchange capacity of sandy soil as influenced by soil additives. *Journal Applied Science Reseach*, 2 : 949 - 951.

- Sullivan D.M., Bary A.I., Miller R.O. & Brewer L.J. (2018). Interpreting compost analyses, Corvallis. Oregon State University, Extension Service, 1 - 10.
- Temgoua L.F., Dongmo W., Nguimdo V. & Nguena C. (2018). Diversité Ligneuse et Stock de Carbone des Systèmes Agroforestiers à base de Cacaoyers à l'Est Cameroun : Cas de la Forêt d'Enseignement et de Recherche de l'Université de Dschang. *Journal of Applied Biosciences*, 122 : 12274 - 12286.
- Tendonkeng F. (2011). Effet de la fertilisation azotée, du stade phénologique et de l'année de fauche sur la croissance, le rendement et la valeur nutritive de *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard. Thèse de Doctorat/PhD, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun, 186 p.
- Tittarelli F.P., Pezzarossa B., Civilini M., Benedetti A. & Sequi P. (2007). Agronomie et qualité du compost choisi. *Waste management*, 8 : 119 - 157.
- Toundou O., Tozo K., Feuillade G., Pallier V., Tcheguèni S. & Dossou K.S.S. (2014). Effets de composts de déchets sur les propriétés chimiques du sol et la solubilité d'éléments minéraux sous deux régimes hydriques en conditions contrôlées au Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8 (4) : 1917 - 1926.
- Touré A. (2018). Valorisation des résidus agricoles (balles de riz, pelures de cajou et sciure de bois) en culture hors sol : application à la production de tomate dans la ville de Daloa. Mémoire de master, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire, 55 p.
- Touré Y. (2015). Caractérisation agromorphologique des morphotypes de voandzou [*vigna subterranea* (L.) verdc. fabaceae] cultivées dans deux régions aux caractéristiques climatiques et pédologiques contrastées de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, UFR Science de la nature, Université Nangui Abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire), 166 p.
- Traoré K., Ouattara K., Sylla M. & Coulibaly S. (2019). Dynamique des Adventices dans la Culture de Canne à Sucre : Cas de l'Unité Agricole Intégrée de Zuénoula (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 15 (21) : 361 - 376.
- Tuo P., Coulibaly M., Aké D.F., Tamboura A.T. & Kouassi A.P. (2016). Ordures ménagères, eaux usées et santé de la population dans la ville de Daloa (centre-ouest de la Côte d'Ivoire). *Regardsuds*, 2 : 192 - 213.

- Useni S.Y., Baboy L.L., Nyembo K.L. & Mpundu M.M. (2012). Effets des apports combinés de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur le rendement de trois variétés de *Zea mays* L. cultivées dans la région de Lubumbashi. *Journal of Applied Biosciences*, 54 : 3935 - 3943.
- Useni S.Y., Chukiyabo K.M., Tshomba K.J., Muyambo M.E., Kapalanga K.P., Ntumba N.F., Kasangij A.K.P., Kyungu K., Baboy L.L., Nyembo K.L. & Mpundu M.M. (2013). Utilisation des déchets humains recyclés pour l'augmentation de la production du maïs (*Zea mays* L.) sur un Ferralsol du sud-est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 66 : 5070 - 5081.
- Van Zwieten L., Kimber S., Morris S., Chan K.Y., Downie A., Rust J., Joseph S. & Cowie A. (2010). Effects of biochar from slow pyrolysis of paper mill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil*, 327 : 235 - 246.
- Verheijen F.G.A., Jeffrey S., Bastos A.C., Van der Velde M. & Diafas I. (2010). Biochar application to soils. A critical scientific review of effects on soil properties, processes and functions. *Joint Research Center scientific and technical reports*, Luxembourg (Belgique), 149 p.
- Walkley A.J. & Black I.A. (1934). Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37 : 29 - 38.
- Warnock D.D., Lehmann J., Kuyper T.W. & Rillig M.C. (2007). Mycorrhizal responses to biochar in soil – concepts and mechanisms. *Plant and soil*, 300 : 9 - 20.
- Woolf D. (2008). Biochar as a soil amendment : A review of the environmental implications. School of the Environment and Society, Swansea University (Pays de Galles), 31 p.
- WRB (World Soil Resources) (2014). International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, 191 p.
- Xu G., L.V.Y., Sun J., Shao H. & Wei L. (2012). Recent advances in biochar applications in agricultural soils : Benefits and environmental implications. *Clean-Soil Air Water*, 40 : 1093 - 1098.

- Yanai Y., Toyota K. & Okazani M. (2007). Effects of charcoal addition on N<sub>2</sub>O emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53 : 181 - 188.
- Yao A.K., Koffi D.M., Bléi S.H., Irié B.Z. & Niamké S.L. (2015). Propriétés biochimiques et organoleptiques de trois mets traditionnels ivoiriens (attiéké, placali, attoukpou) à base de granulés de manioc natifs. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (3) : 1341 - 1353.
- Yao D., Béket S.B. & Zoro bi I.A. (2005). Observations préliminaires de la variabilité entre quelques morphotypes de voandzou (*Vigna subterranea* L. Verdc., Fabaceae) de Côte d'Ivoire. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 9 (4) : 249 - 258.
- Yapi M. & De K. (2017). Agence Nationale d'Appui au Développement Rural (ANADER). Fiche technico-économique du Maïs, 5 p.
- Yéo L. (2022). Potentialités agronomiques du produit résiduaire issu du piégeage de termites en riziculture pluviale à l'ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire), 147 p.
- Yerima B.P.K., Van Ranst E., Sertsu S. & Verdoodt A. (2013). Pedogenic impacts on the distribution of total and available Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Pb and Co contents of vertisols and vertic inceptisols of the Bale Mountain area of Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 8 (44) : 5429 - 5439.
- Yoni M., Hien V., Abbadie L. & Serpentié G. (2005). Dynamique de la matière organique du sol dans les savanes soudaniennes du Burkina Faso. *Cahiers d'Agriculture*, 14 (6) : 525 - 532.
- Zamil S.S., Chowdhury M.A.H. & Al Wahid A. (2004). Effects of different animal manures on yield quality and nutrient uptake by mustard cv. Agrani. *BRAC University Journal*, 1 (2) : 59 - 66.
- Zanh G.G., 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 : 212 - 225.

- Zebarth B.J., Rochette P. & Burton D.L. (2008). N<sub>2</sub>O emissions from springbarley production as influenced by fertilizer nitrogen rate. *Canadian Journal of Soil Science*, 88 : 197 - 205.
- Zougmore R., Mando A., Ringersma J. & Stroosnijder L. (2003). Effect of combined water and nutrient management on runoff and sorghum yield in semiarid Burkina Faso. *European Journal of Soil Science*, 19 (3) : 257 - 264.
- Zro G.B.F., Soro D. & Abobi D.H.A. (2018). Analyse comparée des effets de deux amendements organiques sur le statut organo-minéral et la productivité d'un sol sableux. *Journal of Applied Biosciences*, 124 : 12416 - 12423.

# PUBLICATIONS

1- **TOURE Ambéyin**, SORO Dogniméton, KOUADIO-Kan Hyppolite, BAKAYOKO Sidiky et KONE Tidiani. (2022). Influence of agricultural residues on some physical parameters of the soil fertility under eggplant cultivation. *International Journal of Agriculture & Research*, 05 (12) : 09-23.

2- **TOURE Ambeyin**, YEO Lacina, YEO Djakaridja, KONATE Zoumana and SORO Dogniméton. (2023). Agricultural Valorization of Carbonized Rice Husk and Sawdust in Maize Production on Degraded Ferralsol In Central-West of Côte d'Ivoire. *International Journal of Current Research in Science and Technology*, 9 (07) : 64-74.

## Publication 1

**TOURE Ambéyin, SORO Dogniméton, KOUADIO-Kan Hyppolite, BAKAYOKO Sidiky et KONE Tidiani. (2022). Influence of agricultural residues on some physical parameters of the soil fertility under eggplant cultivation. *International Journal of Agriculture & Research*, 05 (12) : 09-23.**

Publication 2

**TOURE Ambeyin, YEO Lacina, YEO Djakaridja, KONATE Zoumana and SORO Dogniméton.** (2023). Agricultural Valorization of Carbonized Rice Husk and Sawdust in Maize Production on Degraded Ferralsol In Central-West of Côte d'Ivoire. *International Journal of Current Research in Science and Technology*, 9 (07) : 64-74.

## RÉSUMÉ

La dégradation physique et chimique du sol compte parmi les principales causes de la perte de productivité agricole. Ainsi, en Côte d'Ivoire, des parcelles agricoles sont abandonnées alors que les résidus agroindustriels abondent dans les villes. Par ailleurs, ces résidus agroindustriels ont parfois du potentiel de fertilité qui permettraient de les valoriser dans la récupération agricole des sols rendus impropres à l'activité agricole. C'est dans cette optique de valorisation que cette étude a été réalisée à Daloa, sur un sol sablo-limoneux appauvri en matière organique. Ainsi, la balle de riz, la sciure de bois carbonisées et la litière de ferme ont servi à formuler quatorze traitements. Une dose unique de 10 t ha<sup>-1</sup> de chaque traitement a été apportée au sol par enfouissement deux semaines avant les semis ou le repiquage selon un dispositif de fisher en blocs complètement randomisés. Le sol non amendé et le sol amendé avec de la litière de poulet ont été les traitements témoins. Deux cycles de cultures de maïs et d'aubergine ont été réalisés. Le sol est caractérisé avant et après culture. Les résultats ont montré que les sols du site d'étude sont des Endo-Gleyic Ferrasols et des Arenosols, respectivement, de type sablo-limoneux et sableux. Ils sont pauvres en éléments minéraux majeurs, notamment, l'azote et le potassium. Les traitements issus de ces résidus ont présenté des caractéristiques physico-chimiques en fonction du résidu dominant dans la formulation. L'effet de l'application au sol des traitements sur les cultures du maïs et de l'aubergine a été quasiment nul au premier cycle de production et significatif après le second cycle. Les meilleurs rendements ont été de 1,48 t ha<sup>-1</sup> de maïs grains (BF100 et R100) et 10,41 t ha<sup>-1</sup> de fruits d'aubergine (BF100) au cycle 1 contre 3,36 t ha<sup>-1</sup> et 35,93 t ha<sup>-1</sup> au cycle 2 pour le maïs et l'aubergine respectivement, avec le BF100. Ces formulations entretiennent mieux la fertilité du sol. Les trois meilleurs traitements de cette étude sont (i) le traitement à base de sciure de bois seul (B100) ou en association avec la litière de poulets (BF100), (ii) ¾ de balle de riz + ¼ de sciure de bois avec un complément de 3 t ha<sup>-1</sup> de litière de poulet (RF75) et (iii) ½ balle de riz + ½ sciure de bois (RB50).

Mots clés : Côte d'Ivoire, résidus agroindustriels, Daloa, restaurer, sol.

## ABSTRACT

The physical and chemical degradation of the soil is one of the main causes of the loss of agricultural productivity. In Côte d'Ivoire, for example, agricultural plots are abandoned while agro-industrial residues abound in the towns. What's more, these agro-industrial residues sometimes have fertility potential that could be put to good use in the agricultural recovery of soils that have become unsuitable for farming. With this in mind, this study was carried out in Daloa, on sandy-loam soil depleted of organic matter. Rice husks, carbonised sawdust and farm litter were used to formulate fourteen treatments. A single dose of 10 t ha<sup>-1</sup> of each treatment was applied to the soil by ploughing in a fortnight before sowing or transplanting using a completely randomised block Fisher system. Untreated soil and soil treated with chicken litter were the control treatments. Two cycles of maize and aubergine crops were grown. The soil was characterised before and after cultivation. The results showed that the soils at the study site are Endo-Gleyic Ferrasols and Arenosols, of sandy-loam and sandy types respectively. They are poor in major mineral elements, notably nitrogen and potassium. The physico-chemical characteristics of the treatments derived from these residues depended on the dominant residue in the formulation. The effect of applying the treatments to the soil on maize and aubergine crops was virtually nil in the first production cycle and significant after the second cycle. The best yields were 1.48 t ha<sup>-1</sup> of maize grain (BF100 and R100) and 10.41 t ha<sup>-1</sup> of aubergine fruit (BF100) in cycle 1 compared with 3.36 t ha<sup>-1</sup> and 35.93 t ha<sup>-1</sup> in cycle 2 for maize and aubergine respectively, with BF100. These formulations are better at maintaining soil fertility. The three best treatments in this study were (i) sawdust alone (B100) or in combination with chicken litter (BF100), (ii) ¾ rice husk + ¼ sawdust with a supplement of 3 t ha<sup>-1</sup> chicken litter (RF75) and (iii) ½ rice husk + ½ sawdust (RB50).

Key words : Ivory Coast, agro-industrial residues, Daloa, restore, soil.