

Caractérisation et fertilisation raisonnée des sols avec des variétés de riz cultivées dans les régions de Tillabery et Niamey au Niger

[Characterization and rational fertilization of soils with rice varieties cultivated in the regions of Tillabery and Niamey in Niger]

Ibrahim Aichatou¹, Sido Yacouba Amir¹, Issa Zakari Mahaman Mourtala², and Dan Lamso Nomaou³

¹Département des cultures irriguées, Institut National de la Recherche Agronomique, Niamey, Niger

²Département de gestion des ressources naturelles, Institut National de la Recherche Agronomique, Kollo, Niger

³Faculté d'agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niamey, Niger

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Rice is one of the main crops of irrigated perimeters of the Niger River Valley. Reasoned fertilization on rice diocers is very important in improving yields, decreasing nutrient losses but also conservation of soil. The objective of this study is to characterize the physico-chemical solutions of soils to evaluate the effects of several fertilization formulas on the production of three varieties of rice at the irrigated niamey and Tillabéry perimeters. The study is carried out in two stages first one on the soil analyzes and the other on agricultural tests. Solutions of solutions were conducted at the Liborated sites, Saadia Amount and N'Dounga 1 during the year 2023. All ten samples taken were studied at the Social Science Laboratory of the Faculty of Agronomy and the LANB laboratory to know the physicochemical characteristics of the soil of the sites. Study of the study sites. For testing, kogoni91-1 (rifles), Orylux and IR15 rice varieties were used in a 2123 winter season and dry season 2023. The experimental device is the blocking block (3x5) with two factors: the 1st factor as variety with three varieties (Gambiaka; Orylux and IR15) and the 2nd factor fertilizer factor feature with five treatments: T0 = N122P30K30 (peasant practice); T1 = N138P90K60; T2 = N175P112 K60; T3 = N100P120K 50S20ZN2; T4 = N122P30K30S20ZN2. The soil analysis of the three sites have shown that soils have lemon-sandbrandex textures (Liborated and N'Dounga 1) and limited texture to Saadia upstream. The soils of the three sites are low in chemical and poor elements in exchangeable bases. The rates of organic matter and total nitrogen decrease with the depth at all the sites studied. The performance of genotypes are influenced by the imposed treatments or the environment in which the culture has been installed. During the dry season, the best combinations and also the most stable in the three sites are the variety 2 with T4 treatment and variety 1 with T4. During the rainy season, the variety combination 2 and T4 treatment has a high and stable yield to Liborated and Ndounga1 while the variety combination 3 with T4 treatment is the best performance in Saadia AMONT. The comparison of the averages shows that the highest average yield was obtained with the T4 formula combined with the varieties that are V1, V2 and V3 for the dry season and the wintering season.

KEYWORDS: rice, soil fertilization, feature feet of fertilizer, variety, Liboré, Saadia Amont, N'Dounga1 and Niger.

RESUME: Le riz est l'une des principales cultures des périmètres irrigués de la vallée du fleuve Niger.

La fertilisation raisonnée sur les périmètres rizicoles est très importante dans l'amélioration des rendements, la diminution des pertes des nutriments mais aussi la conservation de sol. L'objectif de cette étude est de caractériser les paramètres physico-chimiques des sols afin d'évaluer les effets de plusieurs formules de fertilisation sur la production de trois variétés du riz au niveau des périmètres irrigués de Niamey et Tillabéry. L'étude est réalisée en deux étapes d'abord une sur les analyses des sols et l'autre sur les essais agronomiques. Des prélèvements de sol ont été effectués au niveau des sites des Liboré, Saadia Amont

et N'Dounga 1 au cours de l'année 2023. Tous les dix échantillons prélevés ont été étudiés au laboratoire de science du sol de la faculté d'agronomie et du laboratoire de l'INRAN pour connaître les caractéristiques physico-chimiques du sol des sites d'étude. Pour les essais, les variétés de riz Kogoni91-1 (Gambiaka), Orylux et IR15 ont été utilisées en saison d'hivernage 2023 et saison sèche 2023. Le dispositif expérimental est le dispositif en factoriel bloc (3x5) avec deux facteurs: le 1^{er} facteur comme variété avec trois variétés (Gambiaka; oryflux et IR15) et le 2^e facteur dose d'engrais avec cinq traitements: T0 = N₁₂₂P₃₀K₃₀ (Pratique paysanne); T1 = N₁₃₈P₉₀K₆₀; T2 = N₁₇₅P₁₁₂ K₆₀; T3 = N₁₀₀P₁₂₀K₅₀S₂₀Zn₂; T4 = N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂. L'analyse des sols des trois sites ont montré que les sols ont des textures limono-sableuses (Liboré et N'Dounga 1) et texture limoneuse à Saadia Amont. Les sols des trois sites sont faibles en éléments chimiques et pauvre en bases échangeables. Les taux de la matière organique et l'azote total diminuent avec la profondeur au niveau de tous les sites étudiés. Les performances des géotypes sont influencées par les traitements imposés ou l'environnement dans lequel la culture s'est installée. Pendant la saison sèche, les meilleures combinaisons et aussi les plus stables dans les trois sites sont la variété 2 avec traitement T4 et variété 1 avec T4. Pendant la saison pluviale, la combinaison variété 2 et traitement T4 a un rendement élevé et stable à Liboré et à N'Dounga1 alors que la combinaison variété 3 avec traitement T4 est la meilleure en rendement à Saadia Amont. La Comparaison des moyennes montre que le rendement moyen le plus élevé a été obtenu avec la formule T4 combiné avec les variétés qui sont V1, V2 et V3 pour la saison sèche et la saison d'hivernage.

MOTS-CLEFS: riz, fertilisation du sol, formule dose d'engrais, variété, Liboré, Saadia Amont, N'Dounga1 et Niger.

1 INTRODUCTION

Le riz (*Oryza sativa* L.) est la principale denrée alimentaire de près de la moitié de la population mondiale et contribue à plus de 20% à la fourniture mondiale en calorie consommée [15]. La production rizicole totale de l'Afrique augmente de 2,9% par an menée par une croissance annuelle de 1,1% en superficie et de 1,8% en amélioration annuelle de rendements. La population de l'Afrique subsaharienne devrait doubler d'ici 2050 pour atteindre 2 milliards d'habitants alors qu'elle n'était que de 800 millions en 2010; or ses besoins alimentaires seront multipliés par quatre. La production de riz du Niger n'a pas été en mesure de répondre à la croissance de la demande [26] et le pays souhaite depuis presque cinq ans atteindre son autosuffisance en riz. A cet effet, l'objectif de ne plus importer du riz était fixé à 2021 puis à 2023 et finalement à 2030. Au Niger, le riz (42 981 t de production sur une superficie de 20 712 t.) constitue la troisième céréale après le mil (3 161 868 t) et le sorgho (1 700 908 t) tant au point de vue superficie que de la production [9].

Malgré l'accroissement des productions du riz en Afrique de l'Ouest, l'offre ne satisfait pas la demande intérieure. Cette situation varie cependant selon les pays. Pour faire face à ces difficultés auxquelles sont confrontés les paysans, plusieurs initiatives ont vu le jour, parmi lesquelles la fertilisation du sol. Les éléments fertilisants majeurs sont l'azote qui est le pivot de la fumure, le phosphore et le potassium [29]. L'alimentation en azote détermine directement le rendement potentiel. Aussi l'effet de l'azote sur le rendement est spectaculaire et l'azote est considéré comme le pivot de la fertilisation. Le phosphate naturel de Tahoua, l'un des éléments nutritifs essentiels est utilisé dans l'amélioration de la fertilisation des sols pour produire des phospho-composts. Ces derniers seront utilisés pour améliorer la fertilité des sols, mais surtout pour corriger la carence en phosphore dont souffrent les sols sahéliens en général et les sols nigériens en particulier car le manque de cet élément minéral est l'un des facteurs qui est responsable de la baisse de la fertilité et des rendements agricole au sahel [29]. Beaucoup d'études ont été réalisées sur la fertilisation minérale et ou organique, telles que, [14] à Antananarivo, [25] au Burkina Faso, et de [21] au Mali.

La dégradation des sols est l'une des principales contraintes de la production du riz et cela nécessite une fertilisation par l'apport d'engrais. L'engrais enrichit le sol. En effet les sols qui reçoivent régulièrement des engrais permettent d'obtenir des rendements plus élevés et une bonne réponse aux engrais: on parle d'un effet " vieille graisse" [18]. L'utilisation de variétés améliorées est également un facteur important de la productivité. De plus, l'utilisation continue et exclusive d'engrais chimiques de type NPK entraîne l'acidification du sol, son appauvrissement en oligo-éléments et à moyen terme, la diminution de la production [17], Les oligo-éléments sont présents en très faibles quantités mais jouent un rôle essentiel dans les mécanismes de croissance des végétaux par exemple la photosynthèse, pollinisation, synthèse, des protéines et des glucides, fixation de l'azote, réduction des nitrates, la respiration et la migration des sucres [29].

C'est pour pallier à tous ces problèmes liés à la fertilisation de riz au Niger en poursuivant l'étude réalisée par [24] que la présente étude a été envisagée pour étudier la fertilisation raisonnée de sol pour une meilleure productivité des variétés du riz cultivées dans les régions des Tillabéry et Niamey. La fertilisation raisonnée repose sur quatre critères: l'exigence de la culture, l'analyse de sol, historique de la fertilisation et la gestion des résidus des cultures. L'objectif principal de cet article est de caractériser les paramètres physico-chimiques des sols de la région des Tillabéry et Niamey en vue de proposer une

fertilisation raisonnée qui aboutira à une nouvelle formule de fertilisation de sol pour une meilleure productivité des variétés de riz afin de proposer aux exploitants les variétés de riz les plus adaptées à leurs sols.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 PRÉSENTATION DES SITES D'ÉTUDE

Cette étude a été conduite dans trois sites de production de riz au Niger (Tableau 1). Le périmètre de Liboré et le périmètre de N'Dounga 1 sont situés dans de la région de Tillabéry administrée par le département de kollo. Le périmètre de Saadia Amont se situe dans la commune V de la région de Niamey (Figure 1).

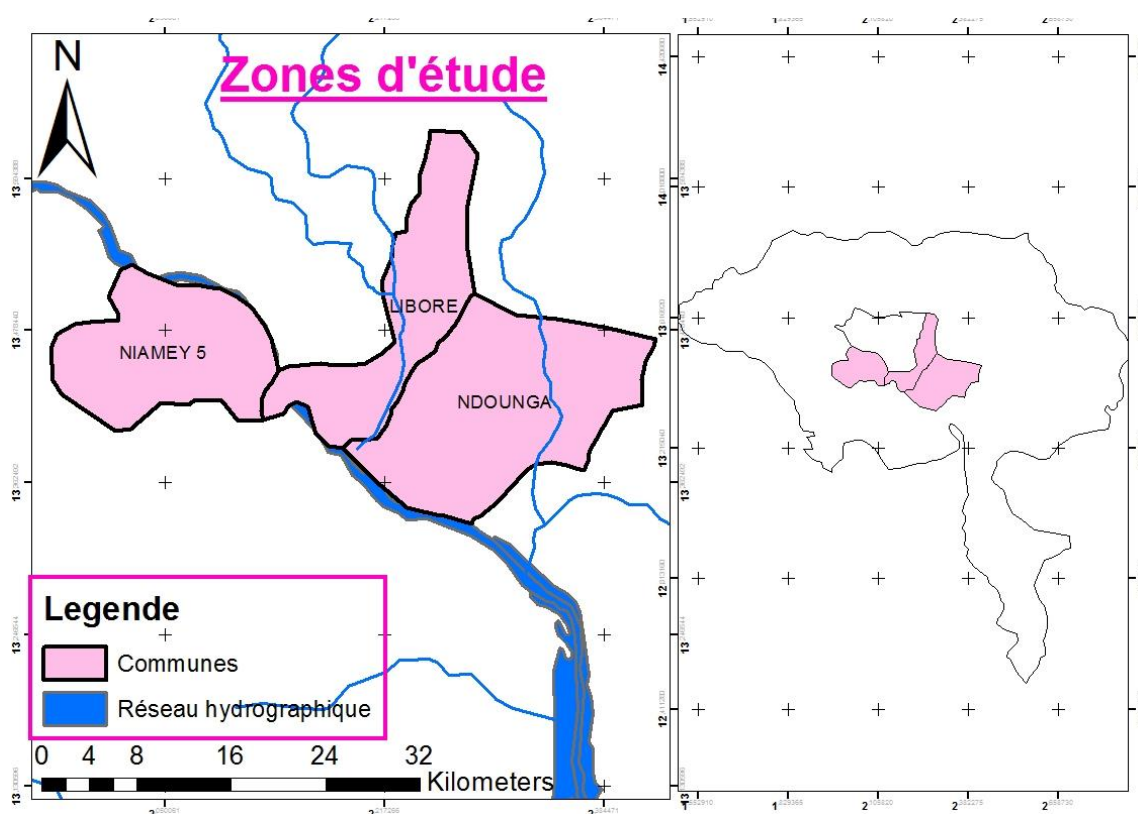


Fig. 1. Localisation des sites d'étude

Tableau 1. Coordonnées géographiques des sites d'étude

Localités	Latitude	Longitude
Liboré	13°39'80''	002°19'59''
N'Dounga 1	13°20'51''	002°14'50''
Saadia Amont	13°35'	002°15'

Dans le cadre de cette étude trois (3) principaux types de matériel ont été concernés: végétal, fertilisants et matériels techniques

2.1.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel végétal utilisé en saison hivernage 2023 et en saison sèche 2023 sont les variétés de riz Kogoni 91-1 dénommée Gambiaka, orylux et la IR15. Ce sont des variétés améliorées utilisées pour des raisons qui sont entre autres le goût, la couleur

des grains, le bon tallage, la résistance aux maladies et le rendement. Les variétés choisies sont toutes des variétés améliorées à cycle court et cultivées en majorité par les exploitants des sites retenus.

2.1.3 FERTILISANTS

Les fertilisants utilisés lors de cet essai se composent de l'Urée, du NPK (15-15-15), du DAP, du sulfate de calcium et de zinc à des doses différentes selon les traitements.

2.1.4 MATÉRIEL TECHNIQUE

Le matériel technique est composé de:

- Un mètre ruban ayant servi aux mesures;
- Un GPS (global position system) pour la prise des coordonnées géographiques;
- Des sachets plastiques pour les prélèvements des échantillons;
- Une balance électronique pour les pesées;
- Un appareil photo pour les prises de vue;
- Des fiches des relevés et des suivis;
- Un questionnaire pour les entretiens directs;
- Des sacs pour le stockage du riz.

2.2 MÉTHODES

2.2.1 PARAMÈTRES PHYSICO- CHIMIQUES DU SOL AU NIVEAU DE CHAQUE SITE

Des prélèvements de sol ont été effectués au niveau des sites des Liboré, Saadia Amont et N'Dounga 1 au cours du mois de Mars 2023.

Au niveau du site de Saadia Amont, trois échantillons sont prélevés de même qu'à Liboré, mais à des horizons différents qui varient de 0-18 cm; 18-50 cm et de 50 -115+ cm pour le site de Saadia Amont et de 10-36 cm; 36-70 cm et de 70-105+ cm pour le site de Liboré. Le site de N'Dounga 1 à quatre échantillons avec des horizons qui sont 10-35 cm; 35-80 cm; 80-115+ cm et de 0-110+ cm. Tous les dix échantillons prélevés ont été étudiés au laboratoire de science du sol de la faculté d'agronomie et du laboratoire de l'INRAN pour connaître les caractéristiques physico- chimiques du sol des sites d'étude. Une fois au Laboratoire, les échantillons de sols collectés ont été séchés à la température ambiante du laboratoire avant d'être tamisés à l'aide d'un tamis de 2 mm de diamètre afin de séparer la terre fine des éléments grossiers. La terre fine ainsi obtenue a servi à la détermination des paramètres physico-chimiques.

Des fosses ont été creusées pour la lecture des profils qui sont au total trois donc un par site.

Cette méthode consiste à ouvrir un profil pédologique à proximité du dispositif expérimental installé au niveau de chaque site. Une fois le profil ouvert, il est géoréférencé, les différents horizons (couches) décrits et des échantillons de sol par horizon sont prélevés pour d'éventuels analyses au laboratoire. Les paramètres physico-chimiques déterminés ainsi que les méthodes utilisées sont consignés dans le tableau 2.

Tableau 2. Paramètres mesurés et méthodes utilisées

Paramètres	Méthodes utilisées
Granulométrie	Pipettes de robinson/tamisage après oxydation de la matière organique avec l'eau oxygénée
pH eau	pH-mètre avec rapport sol/eau 1/25
Carbone organique total (C)	Méthode Walkley black (1934)
Azote total	Kjeldahl
Phosphore assimilable	Bray 1
Phosphore total	Méthode à l'acide nitrique
Bases échangeables (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , et K ⁺)	Méthodes d'acétate d'ammonium N, pH =7, puis par titrimétrie avec EDTA Ca ²⁺ /Mg ²⁺ et par expectophotomètre à flamme pour Na ²⁺ /K ⁺
Capacité d'Echanges cationiques (CEC/T)	Extraction au KCl-N (chlorure de potassium)

2.2.2 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

L'essai est conduit sur les parcelles des producteurs volontaires pendant une campagne sèche et une campagne hivernale 2023. Le dispositif expérimental utilisé est le dispositif en factoriel bloc (3 x 5) répété 2 fois avec deux facteurs: le 1^{er} facteur comme variété avec 3 variétés (Gambiaka, oryflux et IR15) et le 2^e facteur comme dose d'engrais avec 5 traitements: le traitement T0 (c'est la pratique paysanne, la formule utilisée par les paysans sur les périmètres irrigués au Niger en général et en particulier sur les sites de l'étude); le traitement T1 et T2 sont des formules testées sans oligo-éléments mais avec une variation (augmentation) progressive des éléments N et P; les traitements T3 et T4 sont des formules testées à qui on a adjoint les oligo-éléments Soufre et Zinc.

2.2.3 FERTILISATION

Pour les apports, la quantité totale d'engrais destinée à chaque parcelle élémentaire a été divisée en trois parties (Tableau 3): la 1^{ere} partie c'est la moitié de la dose d'engrais qui a été apportée, la 2^{eme} partie c'est le quart de la moitié restante et la 3^{eme} partie c'est le quart restant. Ensuite, ces quantités ont été apportées en fonction de trois stades phénologiques de la culture à savoir le repiquage, le tallage et l'initiation paniculaire.

Tableau 3. Les doses totales d'engrais apportées selon les traitements

Engrais	Urée (g/PE)	NPK (g/PE)	DAP (g/PE)	Sulfate de zinc (g/PE)	Sulfate de calcium (g/PE)
T0 : N122P30K30	300	300			
T1 : N138P90K60	216,13	600	97,8		
T2 : N175P112K60	296,91	600	169,56		
T3 : N100P120K50S20Zn2	73,73	166	228,26	8,9	103,45
T4 : N122P30K30S20Zn2	300	300		8,9	103,45

2.2.4 MISE EN PLACE DE L'ESSAI

Les parcelles élémentaires sont de 15 m² avec écartements de 20 cm x 20 cm entre les poquets et entre les lignes.

La pépinière a été installée au niveau des deux périmètres des Saadia Amont et Liboré pour les trois variétés du riz (Gambiaka, Orylux et IR15) qui sont semées sur une petite superficie à cote de la parcelle d'étude. Une fois les plants atteints l'âge du repiquage, ils sont transportés en rizière. Pour le site de N'Dounga1 les plants proviennent du site de Liboré. Les plants sont transportés en rizières pour le repiquage qui consiste à replanter les plants dans les petites parcelles de 15 m². Les parcelles sont réparties en trois blocs, donc chaque bloc est composé de trois variétés et cinq traitements.

2.2.5 COLLECTE DES DONNÉES

Après la récolte, les gerbes de riz ont été séchées chacun dans les parcelles pendant 24h, avant d'être battus et vannés. Les grains obtenus à l'issu du vannage ont été recueillis et étiquetés dans des sachets plastiques. La paille est aussi collectée puis étiquetée par parcelle. Un deuxième séchage de 48h a été également opéré avant de réaliser les différentes mesures.

Les composantes du rendement (le poids de la paille sèches et le poids des grains) ont été évaluées à l'aide d'une balance électronique de précision.

2.2.6 ECHANTILLONNAGE ET ANALYSE DU SOL

Sur la parcelle d'expérimentation, le prélèvement du sol a été fait à la tarière, sur les différents horizons des sites d'étude. Ils sont compris entre 0 -18 cm; 18-50 cm et de 50 -115+ cm pour le site de Saadia Amont et de 10-36 cm; 36-70 cm et de 70-105+ cm pour le site de Liboré. De 10-35 cm; 35-80 cm; 80-115+ cm et de 0-110 cm de profondeur pour N'Dounga 1. Ils ont été séchés à l'air dans le laboratoire, sous abri, puis tamisés à l'aide d'un tamis de 2 mm de diamètre après le broyage. Les échantillons de terre fine obtenue (terre tamisée) ont servi à la détermination du pH du sol (pH eau), du carbone organique (C), de l'azote total (N), de la capacité d'échange cationique (CEC), des bases échangeables (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ et Na⁺) du phosphore-assimilable (P) et phosphore total.

2.2.7 ANALYSE STATISTIQUE

Les données obtenues ont été saisies dans Excel. Une analyse de variance des données collectées a été réalisée à l'aide du logiciel SAS version 9.3 (Statistical Analysis System) et GenStat version 17.4. Chaque fois qu'une différence significative est révélée, l'analyse ANOVA est complétée par le test de Tukey. Les moyennes des variables ont été séparées au seuil de probabilité 0,05 ou 0,01. Les moyennes de performances générées à partir de l'analyse de variance ont été utilisées pour construire les graphiques "GGE biplot".

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

3.1.1 CARACTÉRISATION DES SOLS DES SITES D'ÉTUDE

La différence observée au niveau des horizons des sites s'explique que les sols n'ont pas les mêmes caractéristiques et la tarière ne peut pas prélever les mêmes profondeurs des horizons.

Après analyse des sols prélevés au niveau de chaque site, les résultats des paramètres physico-chimiques du sol des sites d'étude sont consignés dans le tableau 4.

Tableau 4. Paramètres physico-chimiques du sol des sites

Site	Saadia Amont			Liboré			N'Dounga 1			
Paramètres physiques des sols%										
Profondeur	0-18	18-50	50-115+	10 - 36	36 – 70	70 - 105+	10-35	35 - 80	80- 115+	0-110
Ph	7,49	9	9,25	8,7	9	9,11	7,31	7,12	7,03	6,36
Sable	61,86	45,94	40,19	34,53	32,23	26,72	59,56	61,97	55,81	31,35
Limon	28,73	42,94	40,49	49,36	51,62	55,82	36,03	34,23	31,31	49,22
Argile	9,42	11,12	19,32	16,11	16,15	17,46	4,41	3,80	12,88	19,43
Paramètres chimiques des sols										
Ca ²⁺	3,6	4	2	1,8	2,8	2	1,4	1,2	2,2	2
Mg ²⁺	6,4	2,8	2,4	4	2,2	3	1	1,6	0,8	3,6
Na ⁺	1,6	5,3	7,3	6,8	4,3	3	6,4	7,9	7,6	1,5
K ⁺	0,3	0,4	0,4	1,9	1,8	1	3,7	2,2	2,3	0,8
SB	11,9	21,5	21,35	23,2	20,1	18,11	19,81	20,02	19,93	14,26
CEC	35	30	32,5	30	50	5	5	25	5	12,5
S/T	0,34	0,71	0,65	0,77	0,40	3,62	3,96	0,80	3,98	1,14
C O	1,04	0,64	1,09	1,28	0,56	0,80	0,96	0,80	0,51	0,67
MO	1,78	1,10	1,87	2,20	0,96	1,37	1,65	1,37	0,88	1,15
AT	0,10	0,06	0,11	0,13	0,05	0,08	0,10	0,08	0,05	0,06
C/N	9,88	10,43	9,85	9,73	10,64	10,14	9,95	10,14	10,81	10,36
PT	258,11	185,67	312,43	240	167,57	167,57	221,89	167,57	167,57	203,78
PA	3,78	2,86	2,86	3,78	2,86	1,94	3,78	2,86	1,94	3,78

AT = azote total; PT = phosphore total; PA= phosphore assimilable

Au niveau de ces trois sites, les textures des sols de N'Dounga 1 et de Liboré sont les mêmes. Ces résultats montrent que ces sols ont des textures limono sableuses comme l'indique les figures 4, 5, 6 et 7. Cela est vérifiable au niveau des horizons et avec le triangle textural.

La texture du sol de Saadia Amont est limoneuse, car le taux de pourcentage en limon est le plus élevé, cela se traduit par la figure 2 et 3.

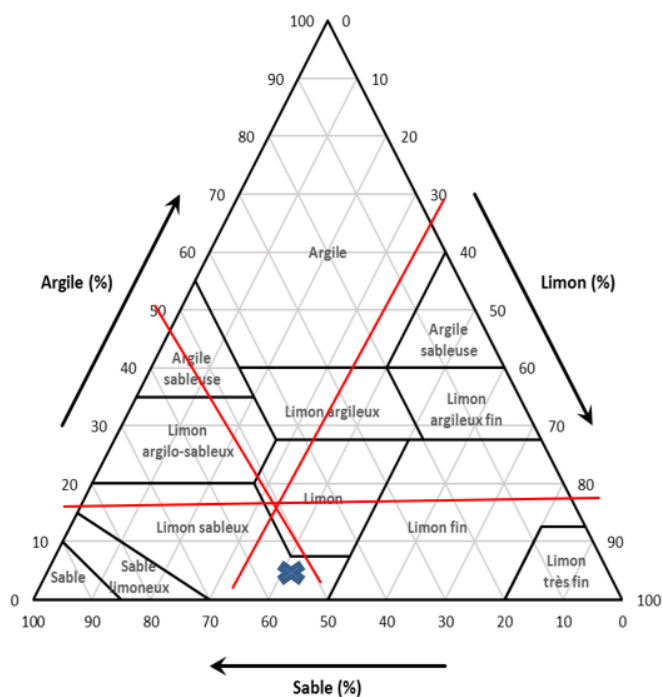


Fig. 2. Triangle texturale du site de Saadia Amont



Fig. 3. Vue de la fosse pédologique du site de Saadia Amont

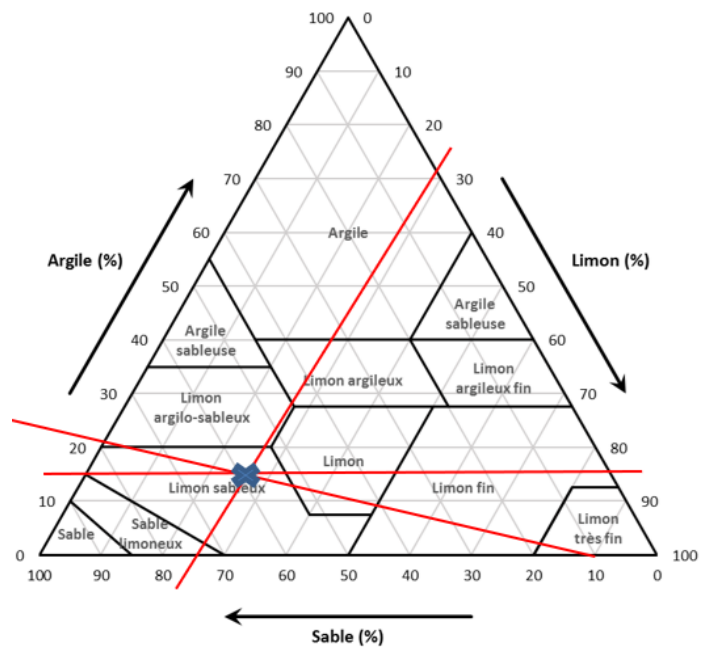


Fig. 4. Triangle texture du site de Liboré



Fig. 5. Fosse pédologique du site de Liboré

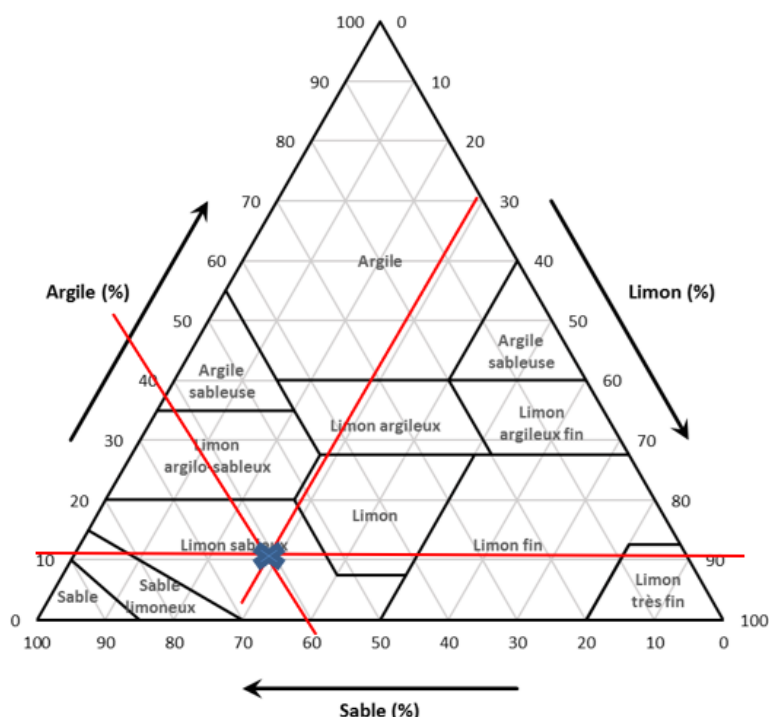


Fig. 6. Triangle texturale du site de N'Dounga 1



Fig. 7. Fosse pédologique du site N'Dounga1

Le pH varie en fonction des horizons et des sites. A Saadia Amont le pH est variable selon les profondeurs. En effet, il est neutre sur le 1^{er} horizon de surface et devient de plus en plus alcalin (compris entre 7,49 à 9,25) selon la profondeur du sol. Pour le site de Liboré, le pH est alcalin au niveau du 1^{er} horizon et devient plus alcalin selon la profondeur de l'horizon, il est situé entre 8,7 et 9, 11. Enfin, à N'Dounga1 le pH est neutre et devient acide avec la profondeur de l'horizon et il est compris entre 7,31 et 6,36.

Les sols des trois sites expérimentaux étaient pauvres en Carbone organique car aucun n'attient la moyenne qui est comprise entre 1,26 et 2,50%. Tous les sols sont compris entre 0,51 et 1,28% au niveau des trois sites d'étude, occasionnant un faible taux de la matière organique (inférieur à 3%) couplée avec une faible teneur en azote total dans les trois sites d'étude. Un rapport C/N moyen inférieur à 15.

La CEC est élevée au niveau du site de Saadia Amont, mais elle est variable au premier horizon dont elle est de 35 puis descend à 30 une CEC moyenne au niveau du premier horizon, très élevée au niveau du deuxième horizon et très faible sur l'horizon 70 cm à plus sur le site Liboré. La CEC est très faible en surface ensuite elle devient moyenne un peu en profondeur puis très faible en allant plus en profondeur au niveau de site de N'Dounga1.

3.1.2 EFFET DE LA COMBINAISON TRAITEMENTS-VARIÉTÉS PAR SITE ET PAR SAISON SÈCHE

Les résultats de l'analyse des variances de 5 traitements avec 3 variétés au niveau des trois sites sont consignés dans le tableau 5. Pendant la saison sèche, les résultats montrent une différence hautement significative ($p < 0,01$) à Liboré entre les 5 traitements de fertilisants, tandis qu'à NDounga1 les résultats ont montré une différence significative ($p < 0,05$) entre les variétés et une différence hautement significative ($p < 0,01$) entre les traitements des fertilisants et ensuite une différence hautement significative ($p < 0,01$) à Saadia Amont pour les deux facteurs. Cependant, pendant cette même période, les combinaisons de ces deux facteurs dans les 3 sites montrent une différence non significative ($p > 0,05$).

Tableau 5. Analyse des variances par site en saison sèche

Source de variance	DF	Moyenne au carrée
LIBORE		
Répétition	2	22639,02 ^{ns}
Facteur A	2	176907,76 ^{ns}
Facteur B	4	5412392,17 ^{**}
Facteur A x Facteur B	8	132880,37 ^{ns}
Erreur	28	118804,55
N'DOUNGA 1		
Répétition	2	13712,69 ^{ns}
Facteur A	2	1024470,16 [*]
Facteur B	4	3729936,22 ^{**}
Facteur A x Facteur B	8	88737,32 ^{ns}
Erreur	28	118830,39
SAADIA AMONT		
Répétition	2	96017,76 ^{ns}
Facteur A	2	3244526,42 ^{**}
Facteur B	4	4406002,74 ^{**}
Facteur A x Facteur B	8	38300,64 ^{ns}
Erreur	28	70423,87

3.1.3 EFFET DE LA COMBINAISON TRAITEMENT -VARIÉTÉS PAR SITE EN SAISON HIVERNALE

Les résultats de l'effet de la combinaison doses d'engrais-variétés par site en saison hivernale sont présentés dans le tableau 6. Ces résultats montrent une différence hautement significative ($p < 0,01$) entre les traitements des fertilisants qu'entre les variétés utilisées à Liboré aussi bien qu'à NDounga1. Dans le site de Saadia Amont, la différence est seulement hautement significative ($p < 0,01$) entre les différentes doses d'engrais. S'agissant de l'inter-action doses d'engrais x variétés, la différence est non significative ($p > 0,05$) dans les trois sites.

Tableau 6. Analyse des variances par site en saison hivernale

Source de variance	DF	Moyenne au carrée
LIBORE		
Répétition	2	22891167 ^{ns}
Facteur A	2	1095626,87 ^{**}
Facteur B	4	5632428,74 ^{**}
Facteur A x Facteur B	8	53229,31 ^{ns}
Erreur	28	147277,17
N'DOUNGA 1		
Répétition	2	36354,42 ^{ns}
Facteur A	2	3009327,76 ^{**}
Facteur B	4	4797618,14 ^{**}
Facteur A x Facteur B	8	86072,89 ^{ns}
Erreur	28	165006,54
SAADIA AMONT		
Répétition	2	837709,49 ^{**}
Facteur A	2	82886,02 ^{ns}
Facteur B	4	2613192,41 ^{**}
Facteur A x Facteur B	8	108989,83 ^{ns}
Erreur	28	137867,92

3.1.4 PERFORMANCE DE MOYENNES DES VARIÉTÉS SUR LE RENDEMENT PADDY PAR SITE ET PAR SAISON

Les performances de moyennes des variétés en fonction des différentes doses d'engrais sur le rendement paddy par site et par saison sont présentées dans les tableaux 7, 8 et 9. Une différence significative due à l'effet des traitements des différentes doses est apparue entre les rendements de paddy obtenus.

A Liboré, pendant la saison sèche, le rendement varie de 3271,30 (pour la variété N°1 Gambiaka avec traitement T0 = N₁₂₂P₃₀K₃₀) à 5655,70 kg/ha (pour la variété N°2 oryflux combinée au traitement T4 = N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂) avec une moyenne de 4462,49 kg/ha (tableau 7). Pendant la saison hivernale, le rendement paddy varie de 3459,70 (variété N°3 IR15 avec traitement T0 = N₁₂₂P₃₀K₃₀) à 5957,30 kg/ha (variété N°2 oryflux combinée au traitement T4 = N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂) avec une moyenne de 4535,80 kg/ha. Toujours dans le site de Liboré pendant la saison sèche, six traitements sur 15 ont un rendement supérieur à la moyenne générale qui est de 4262,49 kg/ha, et les trois premiers ont été obtenus du traitement T4 = N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂; tandis que les traitements T0 = N₁₂₂P₃₀K₃₀ et T1 = N₁₃₈P₉₀K₆₀ enregistrent les rendements les plus bas. S'agissant de la saison sèche, sept traitements sur 15 ont chacun un rendement supérieur à la moyenne générale (4535,80 kg/ha), et les trois premiers sont l'effet du traitement T4 appliqué respectivement sur la variété N°1 Gambiaka (5957,3 kg/ha), variété N°2 oryflux (5608,7 kg/ha) et la variété N°3 IR15 (5373,00 kg/ha). Les traitements T0 = N₁₂₂P₃₀K₃₀ et T1 = N₁₃₈P₉₀K₆₀ sont encore les moins performants pendant cette saison hivernale. S'agissant de ces deux saisons, les résultats relèvent que le traitement T4 est le plus productif quel que soit la variété avec laquelle il est combiné.

Tableau 7. Performance de moyennes sur les variétés et traitements à Liboré

Combinaison		Saison sèche		Saison hivernale	
Facteur A	Facteur B	Moyenne	Groupement	Moyenne	Groupement
1	0	3271.33	H	3502.00	H I
1	1	3627.00	G H	4101.67	H G F
1	2	4131.33	G F	4246.33	E G F
1	3	5029.00	B C	4853.00	E D C
1	4	5633.33	A	5608.67	B A
2	0	3793.33	G H	3902.00	H G I
2	1	4120.00	G F	4110.67	H G F
2	2	4382.33	D F E	4939.67	D C
2	3	4739.67	D C E	5266.33	B D C
2	4	5655.67	A	5957.33	A
3	0	3722.33	G H	3459.67	I
3	1	4189.00	D F E	3862.00	H G I
3	2	4420.00	D F E	4150.67	G F
3	3	4780.00	D C	4704.00	E D F
3	4	5449.00	B A	5373.00	B A C
Moyenne générale		4462,49		4535,80	
CV		7,72		8,46	
Ppds		576,48		641,86	

ppds = plus petite différence significative; CV = coefficient de variance, pour Facteur A (1 = variété1, 2 = variété2 et 3 = variété3); pour le Facteur B (0 = T0, 1 = T1, 2 = T2, 3 = T3 et 4 = T4)

Les résultats du site de NDounga1 (Tableau 8) montrent une différence entre les traitements surtout entre les cinq premiers et les cinq derniers pour les deux saisons d'études. Pendant la saison sèche, le rendement varie de 3651,00 kg/ha (variété N°3 IR15 avec T0 = N₁₂₂P₃₀K₃₀) à 5726,70 kg/ha (variété N°2 avec T4 = N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂). Pendant la saison hivernale ce rendement varié entre 3002,00 kg/ha (variété N°3 avec T0 = N₁₂₂P₃₀K₃₀) et 5873,30 kg/ha (variété N°2 orylux combinée au traitement T4 = N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂). Pendant la saison sèche, huit combinaisons sur quinze ont chacune un rendement supérieur à la moyenne générale (4622,78 kg/ha) et six sur quinze pendant la saison hivernale (4192,29 kg/ha). On remarque que trois combinaisons des traitements sont meilleures (14), (24) et (34), que ça soit en saison sèche ou en saison hivernale leur rendement est meilleur par rapport aux autres combinaisons. Des cinq premières moyennes les plus performantes de ces deux saisons sèches à N'Dounga1, trois sont issues du T4 = N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂ et deux du T3 = N₁₀₀P₁₂₀K₅₀S₂₀Zn₂. A N'Dounga1, le traitement T4 a été révélé le meilleur suivi par le traitement T3. Cependant, pendant les deux saisons, les traitements T0 = N₁₂₂P₃₀K₃₀ et T1 = N₁₃₈P₉₀K₆₀ sont les moins performants surtout appliqués sur la variété IR-15.

Tableau 8. Performance de moyennes sur les variétés et traitements à NDounga1

Combinaison		Saison sèche		Saison hivernale	
Facteur A	Facteur B	Moyenne	Groupement	Moyenne	Groupement
1	0	3853.33	HG	3573.00	GFEH
1	1	4140.00	FHEG	3784.33	GFE
1	2	4857.67	DEC	4186.67	CED
1	3	5180.00	BAC	4590.67	CB
1	4	5646.33	BA	5124.33	B
2	0	3891.00	HG	3704.33	GFE
2	1	4444.33	FDEG	3831.00	GFED
2	2	4860.00	D EC	4508.67	CBD
2	3	5122.33	BDAC	5120.00	B
2	4	5726.67	A	5873.33	A
3	0	3651.00	H	3002.00	H
3	1	4115.67	FHG	3331.00	GH
3	2	4135.67	FHEG	3497.67	GFH
3	3	4780.00	FDEC	4071.00	CFED
3	4	4937.67	BDC	4686.33	CB
Moyenne générale		4622,78		4192,29	
CV		9,40		9,69	
Ppds		726,79		679,39	

ppds = plus petite différence significative; CV = coefficient de variance, pour Facteur A (1 = variété1, 2 = variété2 et 3 = variété3); pour le Facteur B (0 = T0, 1 = T1, 2 = T2, 3 = T3 et 4 = T4)

Les résultats des performances des moyennes à Sadia Amont pendant la saison sèche et la sèche pluviale montrent une différence dans les différents traitements imposés (Tableau 9). Le rendement paddy varie de 3020,00 (variété N°3 IR15 avec T0 = N₁₂₂P₃₀K₃₀) à 5691,00 kg/ha (variété N°2 orylox avec traitement T4 = N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂) en saison sèche et de 3719,70 (variété N°3 IR15 avec T0 = N₁₂₂P₃₀K₃₀) à 5433,00 kg/ha (variété N°3 IR15 avec traitement T4 = N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂) en saison pluviale. Pendant la saison sèche, sept combinaisons sur quinze ont chacune un rendement supérieur à la moyenne générale ((4289,58 kg/ha) et six sur quinze ont chacune un rendement supérieur à la moyenne générale (4601,58 kg/ha) pendant la saison pluviale. Pendant les deux saisons, le traitement T4 = N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂ est le meilleur suivi du traitement T3 = N₁₀₀P₁₂₀K₅₀S₂₀Zn₂. Les meilleures combinaisons sont la variété 1 (Gambiaka) et variété 2 (orylox) combinée traitement T4 = N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂.

Tableau 9. Performance de moyennes sur les variétés et traitements à Saadia Amont

Combinaison		Saison sèche		Saison hivernale	
Facteur A	Facteur B	Moyenne	Groupement	Moyenne	Groupement
1	0	3724.33	FGH	4002.00	EF
1	1	4082.00	FGE	4399.67	ED
1	2	4473.00	CDE	4501.67	EDC
1	3	4840.33	CB	5053.33	BAC
1	4	5513.33	A	5366.33	A
2	0	3648.67	GH	4093.00	EF
2	1	4004.67	FG	4328.33	EDF
2	2	4595.67	CB	4404.00	ED
2	3	5002.00	B	4555.33	EDC
2	4	5691.00	A	5217.33	BA
3	0	3020.00	I	3719.67	F
3	1	3360.00	IH	4173.00	EDF
3	2	3717.67	FGH	4715.33	BDC
3	3	4137.67	FDE	5061.67	BAC
3	4	4533.33	CD	5433.00	A
Moyenne générale		4289,58		4601,58	
CV		6,19		8,07	
Ppds		443,84		621,02	

ppds = plus petite différence significative; CV = coefficient de variance, pour Facteur A (1 = variété1, 2 = variété2 et 3 = variété3); pour le Facteur B (0 = T0, 1 = T1, 2 = T2, 3 = T3 et 4 = T4)

3.1.5 ANALYSE DE STABILITÉ

Les résultats de l'analyse combinée des trois sites pendant la saison sèche (Tableau 10) montrent que les meilleures combinaisons sont variété 2 (orylux) combinée au traitement T4 ($N_{122}P_{30}K_{30}S_{20}Zn_2$), variété 1 (Gambiaka) avec T4 ($N_{122}P_{30}K_{30}S_{20}Zn_2$) et variété 1 (Gambiaka) avec T3 ($N_{100}P_{120}K_{50}S_{20}Zn_2$) avec respectivement 1^{ere}, 2^e et 3^e. Pendant la saison pluviale, les meilleures combinaisons sont aussi les mêmes; la variété 2 (orylux) combinée au traitement T4 ($N_{122}P_{30}K_{30}S_{20}Zn_2$) en 1^{ere} position, variété 1 (Gambiaka) avec T4 ($N_{122}P_{30}K_{30}S_{20}Zn_2$) en 2^e position mais variété 3 (IR15) avec T4 ($N_{122}P_{30}K_{30}S_{20}Zn_2$) en 3^e position. En comparant, les sites, le site de NDounga1 (E2) produit le rendement le plus élevé (4623 kg/ha) pendant la saison sèche alors que le site de Saadia Amont (E3) produit le meilleur rendement (4602 kg/ha) pendant la saison pluviale.

Les résultats de "GGE biplot" pour le rendement paddy sont présentés dans les figures 8 et 9. Le "which win where" montre que les deux composantes principales contribuent à 99,39% de la variation totale pendant la saison sèche et pendant la saison pluviale elles contribuent à 99,04% de la variation totale. "GGE Biplot" pendant la saison sèche montre que les combinaisons variété 2 (orylux) au traitement T4 ($N_{122}P_{30}K_{30}S_{20}Zn_2$) et variété 1 (Gambiaka) avec T4 ($N_{122}P_{30}K_{30}S_{20}Zn_2$) ont chacune un rendement supérieur à la moyenne et sont aussi stables dans les trois sites (Figure 8). Pendant la saison pluviale, la combinaison variété 2 (orylux) et traitement T4 ($N_{122}P_{30}K_{30}S_{20}Zn_2$) a un rendement élevé et stable à Liboré et à NDounga1 alors que la combinaison variété 3 (IR15) avec traitement T4 ($N_{122}P_{30}K_{30}S_{20}Zn_2$) donne un meilleur rendement à Saadia Amont.

Tableau 10. Analyse de stabilité des différentes combinaisons étudiées

Combinaison	Moyenne (kg/ha)	Classement	Moyenne (kg/ha)	Classement
	Saison sèche		Saison pluviale	
10	3616	2176945(14)	3692	2227993(14)
11	3950	1536921(11)	4095	1479200(10)
12	4487	760346(8)	4312	1106625(8)
13	5016	235991 (3)	4832	501486(5)
14	5598	6416(2)	5366	114502(2)
20	3778	1834635(13)	3900	1787426(12)
21	4190	1141145(9)	4090	1466932(9)
22	4613	595455(6)	4617	659467(6)
23	4955	279694(4)	4981	302548(4)
24	5691	0(1)	5683	7752(1)
30	3464	25300991(15)	3394	2903068(15)
31	3888	1696812(12)	3789	2073580(13)
32	4091	1325379(10)	4121	1570480(11)
33	4566	679270(7)	4612	826190(7)
34	4973	334251(5)	5164	291736(3)
E1	4493		4536	
E2	4623		4192	
E3	4290		4602	

E1= Liboré; E2 = N'DOUNGA1 et E3 = Saadia Amont

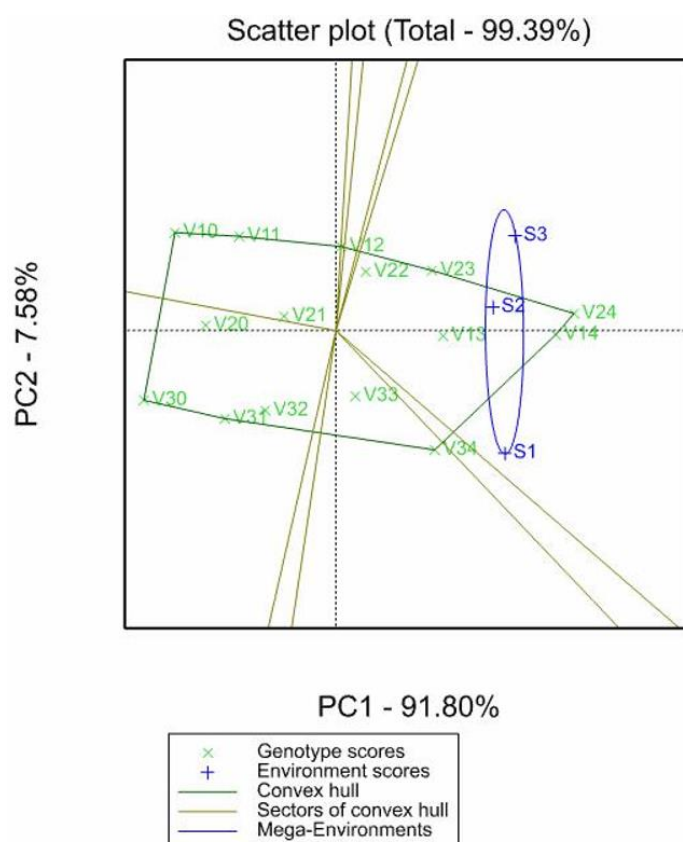


Fig. 8. Analyse de 'GGE biplot' portant sur le rendement paddy en saison sèche

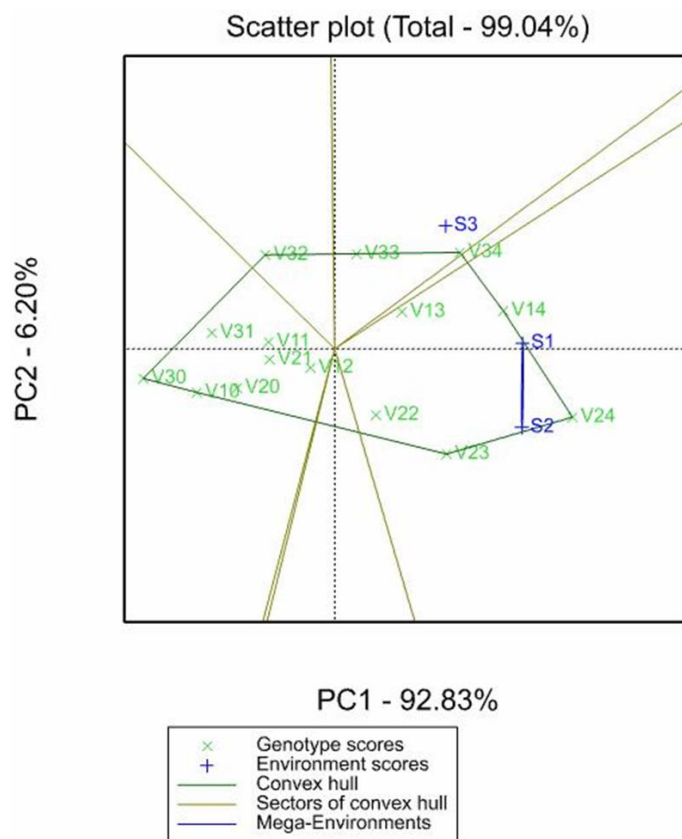


Fig. 9. Analyse de "GGE biplot" portant sur le rendement paddy en saison pluviale

3.2 DISCUSSIONS

3.2.1 CARACTÉRISATION DES SOLS DES SITES D'ÉTUDE

La fertilité des sols dépend de tout un ensemble de facteurs, les uns de nature physique et les autres de nature chimique. La qualité du sol peut être évaluée sur la base de caractéristiques liées à la fertilité du sol, qui sont des paramètres typiques utilisés pour les cultures, tels que le pH, la teneur en matière organique, les macro-éléments (dont les plus courants sont N, P et K) ou la taille des grains [16]. Les résultats sur la granulométrie ont montré que la texture des sols au niveau des sites des Liboré et N'Dounga1 a une texture limono-sableuse et le site de Saadia Amont a une texture limoneuse. La structure massive et la couleur brune au brune jaunâtre sont dominantes au niveau des tous les horizons étudiés. Cette variation texturale est aussi rapportée par [12]. Récemment, [28] a rapporté que les caractéristiques de sol aux différents sites expérimentaux varient largement en fonction des régions. Les éléments chimiques sont pauvres en phosphore assimilable, en carbone organique, les taux de la matière organique et l'azote total diminuent avec la profondeur au niveau de tous les sites étudiés. Ces mêmes résultats ont été démontrés par [3] que les éléments chimiques changent en fonction des profondeurs. Les sols de tous les trois sites d'étude ont un taux de matière organique proche de celui des sols érodés/dégradés qui sont respectivement 0,3 % et 7 % rapporté par les études [8] sont faibles dans les sols de même que les bases échangeables sont faibles, cela s'explique que les traitements effectués au niveau des sols des sites ont amélioré la qualité du sol d'où un rendement proportionnel aux traitements. La qualité des sols est définie comme la capacité des sols à remplir des fonctions écologiques et à fournir des services écosystémiques pour maintenir la productivité biologique et la qualité de l'environnement et améliorer la santé des plantes et des animaux [6]. Le pH influence le taux de la matière organique du sol et la CEC. Cette dernière régularise le taux de la matière organique dans le sol. Des études ont rapporté que la fertilité du sol est probablement due au pourcentage élevé en argile et en CEC [28]. Le rapport C/N de 8 à 14 qui indique une matière organique bien évoluée. Avec un rapport C/N moyen inférieur à 15, tous les sols sont compris entre 0,51 et 1,28% au niveau des trois sites d'étude, occasionnant un faible taux de la matière organique (inférieur à 3%) couplé avec une faible teneur en azote total dans les trois sites d'étude.

3.2.2 EFFET DE LA COMBINAISON TRAITEMENTS-VARIÉTÉS PAR SITE ET PAR SAISON SÈCHE

Les résultats de l'analyse des variances de 5 doses d'engrais avec 3 variétés pendant la saison sèche ont montré une différence significative ($p < 0,05$) et une différence hautement significative ($p < 0,01$) entre les variétés à NDounga1 et à Saadia Amont respectivement. Cette différence explique la variation qui existe entre les trois génotypes pour le caractère rendement. Les génotypes du riz montrent différents comportements comme réponse lorsqu'ils sont soumis aux différents traitements d'azote [1]. Des études précédentes ont rapporté des différences significatives entre le comportement des génotypes ([10], [19], [22]). Les différences hautement significatives ($p < 0,01$) obtenues dans les trois sites entre les cinq doses d'engrais peuvent supposer une différence significative entre les différentes doses appliquées sur les trois variétés. Il a été rapporté que les performances des génotypes sont influencées par les traitements imposés ou l'environnement dans lequel la culture s'est installée ([7], [19]). Les résultats de l'analyse combinée de deux saisons ont révélé une différence significative entre les génotypes de riz, aussi bien qu'entre les différentes dose d'azote et interaction génotypes doses d'azote [28]. La différence non significative ($p > 0,05$) enregistrée dans les trois sites pour l'interaction doses d'engrais x variétés présage une réponse indifférente de chacune des doses sur chaque variété.

3.2.3 EFFET DE LA COMBINAISON TRAITEMENT -VARIÉTÉS PAR SITE EN SAISON HIVERNALE

Les résultats de l'effet de la combinaison doses d'engrais-variétés par site en saison hivernale montrent une différence hautement significative ($p < 0,01$) entre les traitements des fertilisants qu'entre les variétés utilisées à Liboré aussi bien qu'à NDounga1. Dans le site de Saadia Amont, la différence est seulement hautement significative ($p < 0,01$) entre les différentes doses d'engrais. Ces résultats sont comparables à ceux trouvés par d'autres travaux antérieurs ([10]; [19]; [22]). Une différence hautement significative ($p < 0,01$) entre les génotypes du riz sur le rendement et les composantes de rendement a été rapportée [28]. S'agissant de l'inter-action doses d'engrais x variétés, la différence est non significative ($p > 0,05$) dans les trois sites donnant une réponse indifférente de chacune des doses sur chaque variété.

3.2.4 PERFORMANCE DE MOYENNES DES VARIÉTÉS SUR LE RENDEMENT PADDY PAR SITE ET PAR SAISON

Les performances de moyennes des variétés en fonction des différentes doses d'engrais sur le rendement paddy par site et par saison. Une différence significative due à l'effet des traitements des différentes doses est apparue entre les rendements de paddy obtenus.

A Liboré, pendant la saison sèche, le rendement varie de 3271,30 (pour la variété N°1 Gambiaka avec traitement T0 = $N_{122}P_{30}K_{30}$) à 5655,70 kg/ha (pour la variété N°2 oryflux combinée au traitement T4 = $N_{122}P_{30}K_{30}S_{20}Zn_2$) avec une moyenne de 4462,49 kg/ha. Pendant la saison hivernale, le rendement paddy varie de 3459,70 (variété N°3 IR15 avec traitement T0 = $N_{122}P_{30}K_{30}$) à 5957,30 kg/ha (variété N°2 oryflux combinée au traitement T4 = $N_{122}P_{30}K_{30}S_{20}Zn_2$) avec une moyenne de 4535,80 kg/ha. Les résultats sont similaires à ceux obtenus par ([2], [4], [5]) Aussi, la fertilisation minérale du riz irrigué se traduit toujours par un gain de rendement qui se situe entre 4 et 6 t/ha. Pendant la saison sèche, six traitements sur 15 ont un rendement supérieur à la moyenne générale qui est de 4262,49 kg/ha, sept traitements sur 15 ont chacun un rendement supérieur à la moyenne générale (4535,80 kg/ha) pour la saison hivernale, et les trois premiers ont été obtenus du traitement T4 = $N_{122}P_{30}K_{30}S_{20}Zn_2$ pour les deux saisons d'études; tandis que les traitements T0 = $N_{122}P_{30}K_{30}$ et T1 = $N_{138}P_{90}K_{60}$ enregistrent les rendements les plus bas et les moins performants pendant les deux saisons d'études. Les résultats relèvent que le traitement T4 est le plus productif quel que soit la variété avec laquelle il est combiné.

Les résultats du site de NDounga1 montrent une différence entre les traitements surtout entre les cinq premiers et les cinq derniers pour les deux saisons d'études. Pendant la saison sèche, le rendement varie de 3651,00 kg/ha (variété N°3 IR15 avec T0 = $N_{122}P_{30}K_{30}$) à 5726,70 kg/ha (variété N°2 avec T4 = $N_{122}P_{30}K_{30}S_{20}Zn_2$). Pendant la saison hivernale ce rendement varie entre 3002,00 kg/ha (variété N°3 avec T0 = $N_{122}P_{30}K_{30}$) et 5873,30 kg/ha (variété N°2 oryflux combinée au traitement T4 = $N_{122}P_{30}K_{30}S_{20}Zn_2$). Pendant la saison sèche, huit combinaisons sur quinze ont chacune un rendement supérieur à la moyenne générale (4622,78 kg/ha) et six sur quinze pendant la saison hivernale (4192,29 kg/ha). ([2], [4], [5]). On remarque que trois combinaisons des traitements sont meilleures (14), (24) et (34), que ça soit en saison sèche ou en saison hivernale leur rendement est meilleur par rapport aux autres combinaisons. A NDounga1, le traitement T4 a été révélé le meilleur suivi par le traitement T3. Cependant, pendant les deux saisons, les traitements T0 = $N_{122}P_{30}K_{30}$ et T1 = $N_{138}P_{90}K_{60}$ sont les moins performants surtout appliqués sur la variété IR-15.

Les résultats des performances des moyennes à Saadia Amont pendant la saison sèche et la saison pluviale montrent une différence dans les différents traitements imposés. Le rendement paddy varie de 3020,00 (variété N°3 IR15 avec T0 = $N_{122}P_{30}K_{30}$)

à 5691,00 kg/ha (variété N°2 orylix avec traitement T4 = N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂) en saison sèche et de 3719,70 (variété N°3 IR15 avec T0 = N₁₂₂P₃₀K₃₀) à 5433,00 kg/ha (variété N°3 IR15 avec traitement T4 = N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂) en saison pluviale. Pendant la saison sèche, sept combinaisons sur quinze ont chacune un rendement supérieur à la moyenne générale (4289,58 kg/ha) et six sur quinze ont chacune un rendement supérieur à la moyenne générale (4601,58 kg/ha) pendant la saison pluviale. Pendant les deux saisons, le traitement T4 = N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂ est le meilleur suivi du traitement T3 = N₁₀₀P₁₂₀K₅₀S₂₀Zn₂. Les meilleures combinaisons sont la variété 1 (Gambiaka) et variété 2 (orylix) combinée traitement T4 = N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂.

3.2.5 ANALYSE DE STABILITÉ

Selon l'analyse la stabilité, les trois meilleures combinaisons sont variété 2 avec T4, variété 1 avec T4 et variété 1 avec T3. Ces résultats indiquent que le T4 est le meilleur traitement comparé aux autres et la variété 2 est la plus stable parmi celles étudiées. Cette combinaison peut être proposée aux producteurs des ces trois sites. La différence des rendements liée à l'application des différentes doses d'engrais explique que les génotypes répondent différemment lorsqu'ils sont soumis aux différents types et doses d'engrais. [1] ont rapporté que la quantité élevée de l'Urée contribue directement à la stabilité des variétés du riz en production grain; ce qui est contraire pour ce cas d'étude où le T4 qui a moins d'urée que le T1 et T2 est plus stable. Cependant, la variabilité due à l'interaction génotype x environnement montre que les génotypes avec différents rangs de rendement potentiel en grain sont plus productifs dans un environnement spécifique [11].

Le "which win where" de "biplot" de l'analyse GGE portant sur le rendement grain montre que les deux composantes principales expliquent 99,39% de la variation totale pendant la saison sèche et pendant la saison pluviale elles expliquent 99,04% de la variation totale. Des études précédentes ont rapporté de contributions élevées à la variation totale ([1], [3], [23], [27]). L'analyse de "GGE Biplot" pendant la saison sèche, a montré que la combinaison variété 2 avec T4 et V1 avec T4 sont plus productives dans le site 2 et la combinaison V3 avec T4 est la plus productive dans le site 1. Pendant la saison pluviale, toujours la combinaison variété 2 avec T4 est la plus productive dans les sites 1 et 2 et la combinaison V3 avec T4 est la plus productive dans le site 3. Les génotypes qui se situent à droite sur l'angle proche de l'axe des abscisses sont considérés avoir un rendement supérieur à la moyenne et sont les plus productifs. Considérant les variétés individuellement soumises à un traitement spécifique, ces combinaisons peuvent être proposées aux agriculteurs en fonction de sites et de types de saisons.

4 CONCLUSION

Les résultats des caractéristiques des sols ont révélé que les sols des Liboré et N'Dounga1 ont une texture limono- sableuse mais celui de Saadia amont, la texture est limoneuse et pauvre en éléments minéraux et organiques. Les taux de la matière organique et l'azote total diminuent avec la profondeur au niveau de tous les sites étudiés. L'analyse des variances de 5 doses d'engrais avec 3 variétés pendant les deux saisons ont montré une différence significative ($p < 0,05$) et ou hautement significative ($p < 0,01$) entre les variétés, exceptées à Liboré pendant la saison sèche et à Saadia Amont pendant la saison pluviale indiquant la différence qui existe dans les différentes doses d'engrais appliquées sur les variétés de riz. Il ressort que le traitement T4 (N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂) qui est la pratique paysanne (N₁₂₂P₃₀K₃₀) à laquelle on a adjoint du soufre (20 kg/ha) et de zinc (2g/ha) combiné avec des variétés ont donnés les meilleurs rendements moyens. Pendant les deux saisons d'études la combinaison variété 2 (orylix) au traitement T4 (N₁₂₂P₃₀K₃₀S₂₀Zn₂) a un rendement supérieur et est aussi stable dans les trois sites. Ces résultats indiquent que toute proposition de nouvelle formule d'engrais pour une amélioration des rendements du riz, doit nécessairement associer les oligoéléments soufre et zinc.

REFERENCES

- [1] Abdelrahman, M., Alharbi, K., El-Denary, M. E., Abd El-Megeed, T., Naeem, E. S., Monir, S., Al-Shaye, N. A., Ammar, M. H., Attia, K., Dora, S. A., & Draz, A. S. E. (2022). Detection of Superior Rice Genotypes and Yield Stability under Different Nitrogen Levels Using AMMI Model and Stability Statistics. *Plants*, 11 (20). <https://doi.org/10.3390/plants11202775>.
- [2] ADRAO. (1997). Points saillants des activités, Rapport annuel, ADRAO, Bouaké, Cote d'Ivoire.
- [3] Apala Mafouasson; Mutengwa, C. S. (2018). Genotype-by-environment interaction and yield stability of maize single cross hybrids developed from tropical inbred lines. *Agronomy*, 8 (5). <https://doi.org/10.3390/agronomy8050062>.
- [4] Attikou A. (2001). *Productivité du riz irrigué et pluvial sous fumures minérale et organiques* [Mémoire d'études supérieures spécialisées (DESS) au CRESA]. Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger.
- [5] Bationo et al. (1995). A critical review of crop residue use as soil amendements in the West African semi-arid tropics. in : Powell Femendez, S. Williams, T O. Renard, (eds) *Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub-saharan Africa*, II. Technical papers. Proceeding of international conference. 305–322.

- [6] Bunemann E K, Bongiorno G, Baic Z, Creamerb R E, Deynb G D, Goedeb R D, Fleskensk L, Geissend V, Kuyperb T W, Madera P, Pullemanb M, Sukkelf W, Groenigenb J W V, & Brussaard L. (2018). Soil quality – a critical review. *Soil Biol Biochem*, 120, 105–125.
- [7] Choukan, R. (2011). Genotype, environment and genotypex environment interaction effects on the performance of maize (*Zea mays* L.) inbred lines. *Crop Breeding Journal*, 1 (2). <https://doi.org/10.22092/cbj.2011.100349>.
- [8] CILSS, 2001: les aptitudes agricoles et pastorales des sols dans les pays CILSS, 173 p.
- [9] DS/MAGEL. (2024). Rapport d'évaluation de la campagne agricole d'hivernage 2023 et Perspectives Alimentaires 2023/2024/. Documentation de la Direction des statistiques (DS) du Ministère de l'agriculture et de l'élevage (MAGEL), République du Niger.
- [10] Gasura, E., Matsaure, F., Setimela, P. S., Rugare, J. T., Nyakurwa, C. S., & Andrade, M. (2021). Performance, Variance Components, and Acceptability of Pro-vitamin A-Biofortified Sweetpotato in Southern Africa and Implications in Future Breeding. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.696738>.
- [11] Gauch, H. G., & Zobel, R. W. (1996). AMMI analysis of yield trials. In Kang, M.S., and Gauch, H.G. (eds.) Genotype by environment interaction. *CRC Press, Boca Raton, Florida, USA*, 85–122. <https://doi.org/10.1201/9781420049374.ch4>
- [12] Guero Y. (1987). Organisation et propriétés fonctionnelles des sols de la vallée du moyen Niger [Thèse doctorat en pédologie]. Universités de Tunis.
- [13] Gurmu, F., Shimelis, H. A., & Laing, M. D. (2018). Correlation and path-coefficient analyses of root yield and related traits among selected sweetpotato genotypes. *South African Journal of Plant and Soil*, 35 (3), 179–186. <https://doi.org/10.1080/02571862.2017.1354405>.
- [14] Henitsoa M. (2013). Disponibilité et dynamique du carbone, de l'azote et du phosphore sous association culturale Riz–Haricot soumise à différents types de fertilisation phosphatée apportée à dose croissante : cas de l'expérimentation agronomique de Lazaina sur sol ferrallitique.
- [15] INS. (2019). Enquête nationale sur les conditions de vie de Ménages au Niger.
- [16] Klimkowicz-Pawlas A, Maliszewska-Kordybach B, & Smreczak B. (2019). Triad-Based Screening Risk Assessment of the Agricultural Area Exposed to the Long-Term PAHs Contamination. *Environ Geochem Health*, 41 (3), 1369–1385.
- [17] Lamboni D. (2003). Approche participative et utilisation du logiciel QUEFT pour la gestion de la fertilité des sols. Université de Lomé.
- [18] Liu C, Lu M, Cui J, Li B, & Fang C. (2014). Effects of straw carbon input on carbon dynamics in agricultural soils: a meta-analysis. *Glob. Change Biol*, 20, 1366–1381. <https://doi.org/doi.org/10.1111/gcb.12517>.
- [19] Mahaman Mourtala, I. Z., Oselebe, H. O., Baina, D. J., Nwankwo Innocent, I. M., Houdegbe, A. C., Oumarou, S., Chukwu, S. C., & Moussa, B. (2023). Selection of new sweetpotato hybrids for West Africa using accelerated breeding scheme and genotype × environment interaction under drought stress. *Scientific Reports*, 13 (1), 6489. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33593-2>.
- [20] Maurya S, Abraham J S, Somasundaram S, Toteja R, Gupta R, & Makhija S. (2020). Indicators for assessment of soil quality: a mini-review. *Environ Monit Assess*, 192 (9), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08556-z>.
- [21] Mohamed S M. (2015). Evaluation de l'effet de l'apport de fumier de bovins et de petits ruminants et du phosphate naturel de Tilensi sur la productivité des sols et des cultures dans le Sahel: cas de la région de Mopti.
- [22] Mugisa, I., Karungi, J., Musana, P., Odama, R., Alajo, A., Chelangat, D. M., Anyanga, M. O., Oloka, B. M., Gonçalves dos Santos, I., Talwana, H., Ochwo-Ssemakula, M., Edema, R., Gibson, P., Ssali, R., Campos, H., Olukolu, B. A., da Silva Pereira, G., Yench, C., & Yada, B. (2022). Combining ability and heritability analysis of sweetpotato weevil resistance, root yield, and dry matter content in sweetpotato. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.956936>.
- [23] Mustamu, Y. A., Tjintokohadi, K., Grüneberg, W. J., Karuniawan, A., & Ruswandi, D. (2018). Selection of superior genotype of sweet-potato in Indonesia based on stability and adaptability. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 78 (4). <https://doi.org/10.4067/S0718-58392018000400461>.
- [24] Sido, A., Saminou E, & Hassane A. (2015). *Etat des lieux de la riziculture au Niger*.
- [25] Siri A. (2015). Détermination des options de fertilisation organo- minérale et de densité de semis pour une intensification de la production du Mais dans la région de l'est de Burkina Faso. 73.
- [26] Souleymane O. (2021). Études génétiques sur la tolérance au sel chez le riz (*O. sativa*) (1st ed.). Editions Notre Savoir. Retrieved from <https://www.perlego.com/book/4046613> (Original work published 2021).
- [27] Souleymane O, Nartey E, Joseph B T B, Manneh B, Ofori K, & Danquah E. (2018). Rice Fields Chemical and Physical Properties and the Implications on Breeding Strategies. *Advances in Agricultural Science*, 6 (1), 1–12.
- [28] Uch, C., Roern, S., Ro, S., Kano-Nakata, M., Yamauchi, A., & Ehara, H. (2023). Growth Performance [of Photoperiod-Sensitive Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties in Different Soil Types under Rainfed Condition in Cambodia. *Agriculture (Switzerland)*, 13 (8). <https://doi.org/10.3390/agriculture13081602>.
- [29] Yameogo P L. (2009). Contribution des granules d'urée dans l'amélioration des rendements. Cas de la Vallée du Kou au Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur agronome Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, 40.