

## **Étude des facteurs influençant la productivité du riz au Niger : cas du périmètre irrigué de Toula**

**Djabri HASSIMIOU HALIDOU<sup>1\*</sup>, Habiboulaye ALI KARMAZI MAHAMADOU<sup>1</sup>,  
Maman Manssour ABDOU<sup>1</sup> et Zoubeirou ALZOUMA MAYAKI<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Université Boubacar Bâ de Tillabéri, Faculté des Sciences Agronomiques, Département Production Durable des Cultures, Laboratoire d'Agroécologie, BP 175 Tillabéri, Niger*

<sup>2</sup> *Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Biologie, Laboratoire Garba Mounkaila, BP 10662 Niamey, Niger*

\* Correspondance, courriel : [hassimiou.djabri@yahoo.fr](mailto:hassimiou.djabri@yahoo.fr)

### **Résumé**

Dans la perspective d'améliorer la production rizicole au Niger, le présent travail a été initié avec pour objectif de déterminer les facteurs qui influent sur la productivité du riz. A cet effet, un échantillon à choix raisonné de 120 producteurs a été utilisé dans les six (6) sections du périmètre de Toula. Les données ainsi recueillies ont été analysées à l'aide du logiciel sphinx et du tableur Excel 2016. Les résultats obtenus montrent que l'ensemble des producteurs enquêtés appartient à trois classe d'âge (25 - 35 ans, 35 - 45 ans et 45 - 65 plus) et que très peu de femmes (8,33 %) pratiquent la riziculture. La majorité des répondants dispose d'une parcelle dont la superficie est comprise entre 0 et 0,30 ha avec une moyenne générale de 0,29 ha. Le niveau d'instruction des producteurs a peu ou pas d'effets sur la productivité. En outre les variables tels que le cycle végétatif, la variété de riz, le type et la quantité de fertilisants et les facteurs environnementaux constituent les principaux facteurs d'influence sur la productivité du riz dans les aménagements hydro-agricoles. Une meilleure connaissance de ces facteurs permettra d'adopter des stratégies d'amélioration de la production rizicole dans un contexte d'instabilité climatique et d'insécurité alimentaire récurrent.

**Mots-clés :** *périmètre irrigué, production rizicole, variables, facteurs, Toula, Niger.*

### **Abstract**

**Study of the factors influencing rice productivity in Niger: case of the Toula irrigated perimeter**

With a view to improving rice production in Niger, this work was initiated with the objective of identifying the factors that influence rice productivity. For this purpose, a purposive sample of 120 producers was used in the six (6) sections of the Toula perimeter. The data collected was analyzed using the sphinx software and Excel 2016 spreadsheet. The results obtained show that all the farmers surveyed belong to three age groups (25 - 35 years, 35 - 45 years and 45 - 65 plus) and that very few women (8.33 %) are involved in rice production. The majority of the respondents have a plot size between 0 and 0.30 ha with an overall average of 0.29 ha. The level of education of producers has little or no effect on productivity. In addition, variables such as the vegetative cycle, rice variety, type and quantity of fertilizer, level of education of producers, and

environmental factors are the main factors influencing rice productivity in hydro-agricultural developments. A better understanding of these factors will make it possible to adopt strategies to improve rice production in a context of climate instability and recurrent food insecurity.

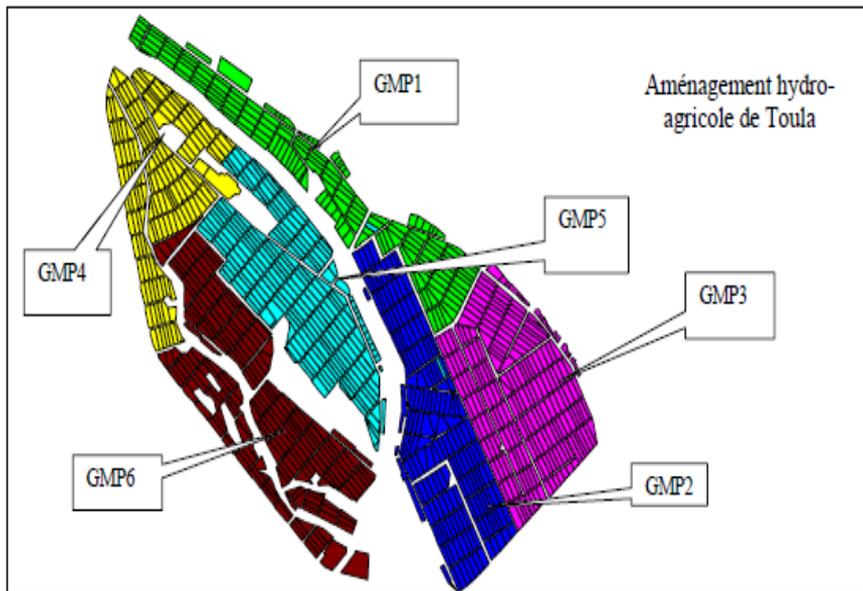
**Keywords :** *irrigated perimeter, rice production, variables, factors, Toula, Niger.*

## 1. Introduction

Les cultures irriguées occupent une place importante dans l'agriculture mondiale, en raison des déficits hydriques répétitifs et des aléas climatiques [1, 2]. En effet, à l'échelle mondiale les superficies irriguées s'estiment à environ deux cent soixante-douze (272) millions d'hectares [3]. L'Asie est le continent qui regorge le plus de terres irriguées avec 183 millions d'hectares, suivie des Etats-Unis d'Amérique avec près de 28 millions d'hectares de terres irriguées en 2002, soit 11,97 % de la surface totale cultivée. En ce qui concerne l'Afrique de l'Ouest les surfaces irriguées sont estimées à 887 000 ha [1, 4]. Au Niger, le potentiel irrigable s'estime à environ 2 millions d'hectares et présente une diversité de système de production en fonction de ses zones agro-écologique [2]. Cependant ce potentiel irrigable est confronté à des déficits hydriques chroniques résultant de la forte évapotranspiration potentielle (environ 2500 mm/an) avec pour corollaire une faible productivité des systèmes agraires déjà archaïques [5]. En effet, le système agricole le plus dominant se base principalement sur l'agriculture pluviale et l'élevage extensif avec un risque élevé de vulnérabilité aux aléas climatiques et de faible productivité [5, 6]. Toutefois les contraintes climatiques ont conduit à une transition vers l'adoption à grande échelle des cultures irriguées notamment par l'aménagement des périmètres rizicoles pour accroître la production du riz et garantir la sécurité alimentaire. Le riz, troisième céréale la plus consommée au Niger, se classe également en première ligne des spéculations les plus coûteuses à produire compte tenu de ses exigences en eau, en aménagements et en entretien [7 - 9]. Par ailleurs, plusieurs facteurs concourent à garantir ou à compromettre la productivité du riz sur les périmètres irrigués. En effet, au rang de ces facteurs on distingue principalement : la variété de riz cultivée, la gestion de la fertilité des sols, la gestion de l'eau d'irrigation, les conditions climatiques, le respect du calendrier saisonnier etc. [10]. La mécanisation agricole est encore très peu développée et l'utilisation des fertilisants artificiels assez limitée [11, 12]. Il en découle un temps de travail plus élevé et des rendements faibles à l'hectare. Aussi, la pauvreté des sols est caractéristique des milieux sahéliens en général [13] et plus particulièrement au Niger. Les déterminants de la productivité du riz se résument entre autres à : l'irrigation, les techniques de production et le personnel d'appui agricole [14,15]. Une bonne maîtrise de ces déterminants pourrait constituer une alternative d'amélioration de la productivité des périmètres rizicoles au Niger. C'est dans cette optique la présente étude a été menée sur le périmètre rizicole de Toula afin d'identifier les facteurs susceptibles d'influencer la production du riz.

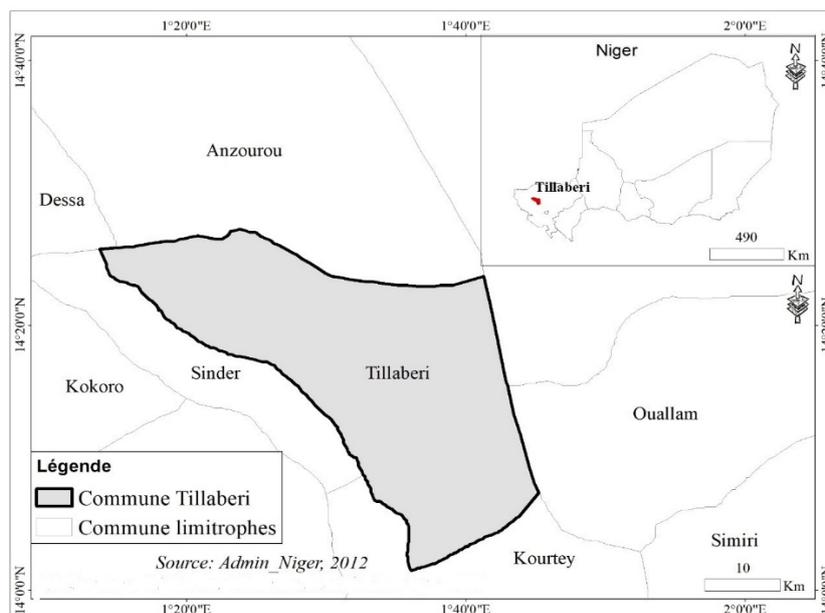
## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Localisation du site d'étude



**Figure 1 :** Carte de localisation de groupement mutualiste de production sur l'Aménagement Hydro Agricole de Toula

La zone d'étude se localise dans la commune urbaine de Tillabéri et couvre une superficie de 89,81 km<sup>2</sup> reparti entre 450 exploitants provenant principalement des villages environnant et la ville de Tillabéri. L'aménagement Hydro Agricole de Toula est destiné exclusivement à la production rizicole. Cependant on compte quelques vergers et petits jardins situés en bordure du périmètre et qui utilisent les eaux d'irrigation du périmètre. La production rizicole s'étale sur toute l'année avec deux campagnes de production et un temps de latence d'une campagne à l'autre. La **Figure** ci-dessous présente la localisation géographique de la zone d'étude.



**Figure 2 :** Carte de localisation de la zone d'étude

## 2-2. Échantillonnage

Dans le cadre de cette étude un échantillon de cent vingt (120) producteurs repartis dans les six sections ou groupement mutualiste de producteur (GMP) a été constitué. Le choix de l'échantillon s'est basé sur : le sexe, l'âge, la section d'appartenance, et la possession de parcelle sur le périmètre. Le taux d'échantillonnage est de 15 % en raison de 20 producteurs par section.

## 2-3. Investigation terrain

Un guide d'entretien semi structuré a été adressé aux producteurs afin de collecter des informations relatives aux contraintes de productions auxquelles ils font face sur le périmètre. Quant aux membres de la coopérative, un guide de focus groupe leurs a été administré pour recueillir les informations relatives aux facteurs pouvant influencer la productivité du riz.

## 2-4. Cartographie des différentes sections

Un plan du périmètre irrigué avec ses six sections ou GMP a été établi sur la base des informations géographiques collectées sur le terrain. Cette représentation géographique du périmètre de Toula donne une vue d'ensemble de ces différents compartiments. Le logiciel Arc gis et Mapp-info ont été utilisés pour concevoir la carte de localisation du périmètre et des différents groupements mutualistes de producteurs.

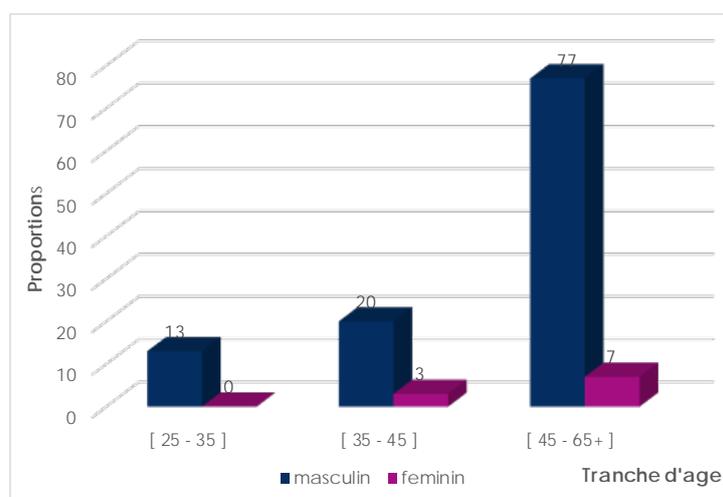
## 2-5. Analyse et Traitement des données

Les données collectées ont été compilées avec le tableur Excel 2016, puis soumises à une analyse approfondie avec le logiciel Sphinx plus<sup>2</sup> version 4.5. Les résultats obtenus sont présentés sous forme de graphique

## 3. Résultats

### 3-1. Répartition des producteurs par sexe et par tranche d'âge

La *Figure 3* présente la répartition des producteurs par sexe et par tranche d'âge

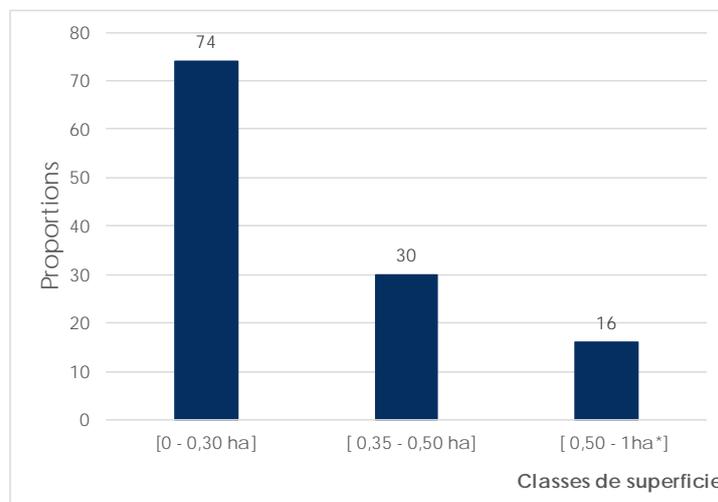


**Figure 3 : Répartition des producteurs par sexe et par tranche d'âge**

De l'analyse de cette figure, il ressort que l'ensemble des producteurs échantillonné se répartisse en trois grandes classes d'âge dont notamment : la tranche de 25 à 35 ans, la tranche de 35 à 45 et la tranche de 45 à 65 plus. La dernière tranche d'âge (45 à 65 plus) est la plus importante numériquement avec un taux de 70,01 %, suivi respectivement de la seconde tranche d'âge (35 - 45 ans) avec un taux de 19,16 % et la première tranche avec un taux de 10,83 %. En outre, on remarque à travers cette figure que, très peu de femmes pratiquent la riziculture (8,33 %) et que celles qui la pratiquent sont de plus en plus âgées. En effet, le ratio homme- femme dans les trois classes d'âge se présente comme suit : 13 - 0 pour la première tranche, 20 - 3 pour la deuxième tranche d'âge et 77 - 7 pour la troisième tranche.

### 3-2. Superficie des parcelles

La **Figure 4** présente la répartition des répondants en fonction de la classe de superficie de leurs parcelles.

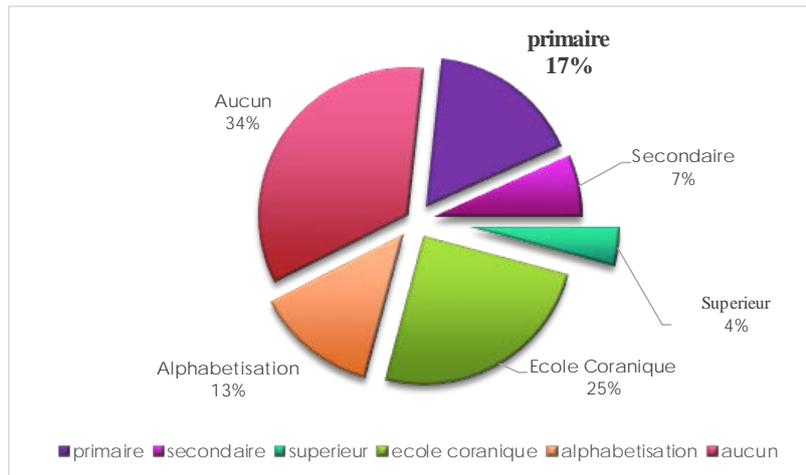


**Figure 4 : Répartition des producteurs par classe de superficie**

L'observation de cette figure fait ressortir trois classes de superficie pour l'ensemble des répondants. Il s'agit notamment de : la classe dont la superficie est comprise entre 0 et 0,30 ha, la classe de 0,35 à 0,50 ha et la classe de 0,55 à 1 ha plus. On constate que la majorité (61,66 %) des répondants possède une parcelle dont la superficie est comprise entre 0 et 0,30 ha contre respectivement 25 % et 13 % des répondants dont la superficie de leur parcelle est comprise entre 0,35 - 0,5 ha et 0,5-1 ha plus. La superficie moyenne des parcelles toutes classes confondues est de 0,29 ha. Par ailleurs, la **Figure 4** montre que les enquêtés possédant des parcelles de grande superficie comparativement à la moyenne (0,29 ha) sont moins important numériquement.

### 3-3. Niveau d'instruction des producteurs

La **Figure 5** fait état du niveau d'instruction des répondants

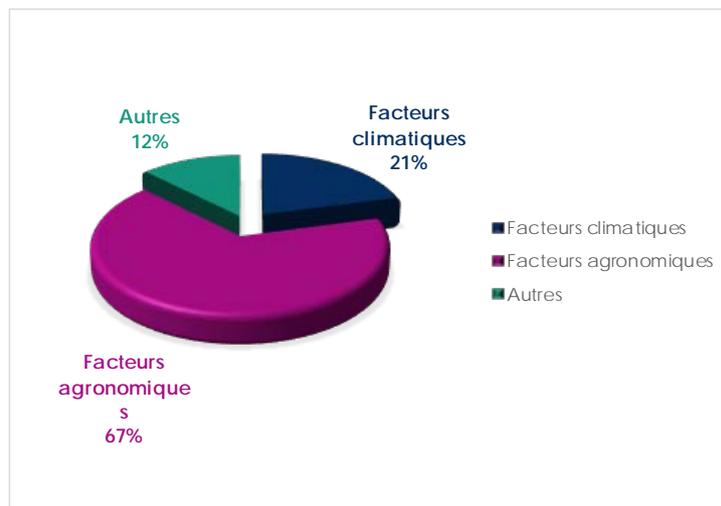


**Figure 5 : Répartition des répondants en fonction de leur niveau d'instruction**

On remarque à travers cette figure que la majorité (34 %) des répondants n'a aucun niveau d'instruction. En effet, seulement 25 % des enquêtés ont fait l'école coranique contre 17 % qui ont le niveau primaire et 13 % qui ont fait l'alphabétisation. Pour les 11 % restant, ils ont respectivement atteint le niveau secondaire (7 %) et supérieur (4 %). Les producteurs ayant le niveau secondaire et supérieur font partie des fonctionnaires qui pratiquent la production rizicole comme activité secondaire. La frange la plus importante est celle qui possède un faible niveau d'instruction ou aucun mais qui dépend principalement de la riziculture pour leur subsistance.

### 3-4. Paramètres d'influence sur la production rizicole

La **Figure 6** ci-dessous présente les principaux facteurs susceptibles d'influer sur la productivité du riz dans les aménagements hydro-agricoles.



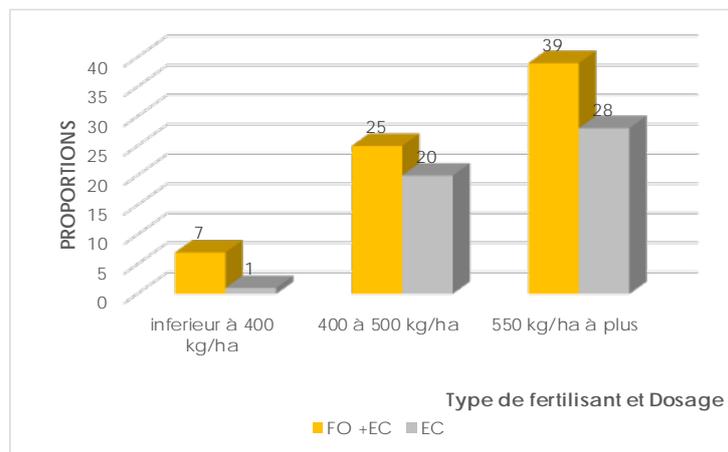
**Figure 6 : Facteurs d'influences**

Il ressort de cette figure que trois principaux facteurs peuvent influencer la production du riz dans les aménagements hydro-agricoles. En effet, les facteurs agronomiques, climatiques et les facteurs environnementaux (autres) constituent les facteurs les plus prépondérants dans la production rizicole. Selon 67 % des enquêtés, les facteurs agronomiques tels que la variété de riz, le cycle végétatif, les techniques

culturelles, les conditions pédologiques conditionnent majoritairement une bonne productivité du riz. Par contre 21 % des répondants pensent que les facteurs climatiques dont l'ensoleillement, l'hygrométrie, l'ETP, le vent, les précipitations, la température sont plus déterminant dans la productivité du riz. En outre, 12 % des répondants considèrent que les facteurs environnementaux influencent dans une moindre mesure la productivité du riz.

### 3-5. Type de fertilisant et Dosage

La *Figure 7* ci-dessous fait état de la répartition des producteurs en fonction du type de fertilisants et des dosages utilisés.

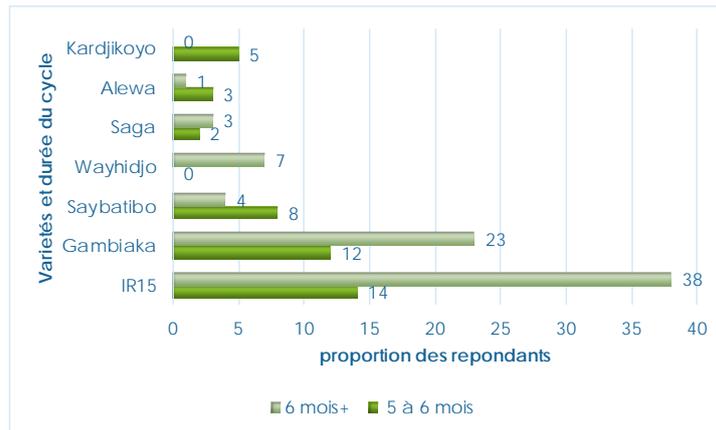


**Figure 7 :** Répartition des producteurs en fonction du type de fertilisant et du dosage utilisé

A travers cette figure, on dénote deux type de fertilisant notamment la fumure organique associée aux engrais inorganiques et les engrais inorganiques simples (NPK/Urée). Pour ce qui est des doses utilisées, trois grands groupes de dosages se distinguent dont : le premier regroupe les doses inférieures à 400 kg, les doses de 450 à 500 kg et enfin le dernier groupe qui englobe les doses de 550 kg à plus. En terme de proportion les producteurs combinant la fumure aux engrais minéraux sont plus nombreux numériquement avec un taux de 32,5 % sur l'ensemble de l'échantillon considéré contre 23,33 % des producteurs qui utilise l'engrais chimique uniquement. En ce qui concerne le dosage, le troisième groupe (550 kg à plus) reste le plus dominant quel que soit le type de fertilisant considéré. Les groupes de 450 à 500 kg et moins de 400kg occupent respectivement les proportions de 20,83 % et 16,66 % des répondants. Ainsi, le premier groupe de dosage (moins de 400 kg) demeure le plus faible numériquement avec respectivement 6 % des producteurs associant la fumure organique aux engrais minéraux et 0,83 % des producteurs qui n'utilise que des engrais minéraux.

### 3-6. Variété cultivée et Cycle végétatif

La *Figure 8* présente la répartition des producteurs enquêtés en fonction de la variété cultivée sur le périmètre rizicole de Toula.



**Figure 8 :** Répartition des producteurs en fonction de la variété cultivée

Au total sept (7) variétés de riz ont été recensés sur le périmètre de Toula dont deux répertoriées dans la base nationale des variétés homologuées. L'analyse de la **Figure 8** ci-dessus montre que la majorité des producteurs enquêtés cultive la variété Gambiaka en saison humide et la variété IR15 en saison sèche. En effet, la variété IR15 est cultivée par 43,33 % des répondants avec un cycle de 5 à 6 mois. Par contre 29,16 % et 10 % des répondants préfèrent respectivement les variétés Gambiaka et Saybatibo dont la durée du cycle est de 6 mois. Quant aux quatre variétés restantes ; elles sont faiblement cultivées avec un taux de préférence de 5,83 %, 5 %, 4,16 % et 3,33 % respectivement pour les variétés Wayhidjo, Saga, Kardjikoyo et Alewa. Pour ce qui est de la durée du cycle végétatif ; elle est de six mois pour les variétés Wayhidjo et Saga et de 5 à 6 mois pour Alewa et Kardjikoyo.

## 4. Discussion

### 4-1. Répartition des répondants par sexe et par classe d'âge

Les résultats ont permis de distinguer un ensemble de paramètres susceptibles d'influencer la production du riz d'une saison à une autre. Ces facteurs sont d'ordre technique, pédoclimatiques, environnementaux et anthropique. Ainsi, les résultats ont montré que l'âge et le sexe des producteurs jouent un rôle important dans la production. En effet, 70,01 % des producteurs enquêtés sont des personnes âgées. Or la riziculture est une activité extrêmement pénible et très exigeante en main d'œuvre. Toutefois, les personnes âgées disposant des moyens financiers conséquents engagent une main d'œuvre forte afin de bien conduire les travaux riziocoles et en un temps record. Cette faible représentativité des jeunes dans la conduite des travaux riziocoles pourrait être due à plusieurs facteurs dont notamment l'exode rural des bras valide, la difficulté d'accès aux parcelles pour les jeunes. Pour ce qui est de la répartition des répondants par sexe, nos résultats ont montré un faible taux de participation des femmes à la conduite des activités riziocoles et que celles qui pratiquent la riziculture sont plus vieilles ou sont veuves chef de familles. Néanmoins, quelques jeunes femmes pratiquent la petite irrigation pour les besoins du maraîchage aux abords du périmètre rizicole de Toula. Cette faible représentativité découle du fait qu'elles ont difficilement accès aux parcelles et qu'elles ne disposent pas de la force physique nécessaire pour conduire elles même les travaux. Par conséquent, elles font appel à la main d'œuvre rarement disponible ou à l'entre aide des hommes. Il en résulte de ce fait, un retard dans l'exécution des différentes activités culturales et une faible production.

#### **4-2. Facteurs déterminants de la production rizicole**

Les résultats ont montré que la superficie mise en valeur et l'emplacement de la parcelle influencent dans une moindre mesure la production rizicole. En effet, dans les conditions de bonne fertilité du sol, plus la superficie mise en valeur est grande, plus le rendement escompté par hectare est élevé. Cependant, les contraintes comme l'accès aux crédits, le coût élevé des transports, l'accessibilité à temps aux intrants compromettent le rendement agricole [7]. Ainsi, les hommes ont l'avantage de cultiver des superficies en moyenne plus grandes que celles utilisées par les femmes [1]. Cela pourrait constituer un obstacle sérieux à la compétitivité des femmes. S'agissant du travail, les hommes utilisent moins la main d'œuvre que les femmes. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les femmes font recours à leur groupe d'entraide dans les différentes étapes de la production [1]. De même les techniques de production manuelles mêmes quand elles sont efficaces limitent les superficies cultivées et exigent une abondante main d'œuvre qui peut manquer dans les zones proches des villes [8]. Par ailleurs, les principaux facteurs d'influence sur la production du riz se classent en trois catégories dont notamment : les facteurs agronomiques, les facteurs environnementaux et les facteurs techniques. En effet, les facteurs comme la variété de riz cultivé en fonction de la saison, le type d'engrais et la quantité apportée par superficie, ainsi que les conditions pédoclimatiques peuvent influencer fortement le rendement du riz [14, 16]. Néanmoins dans la conception paysanne, l'augmentation de la production rizicole serait conditionnée par une utilisation excessive d'engrais de synthèse [17]. Les travaux de [9] ont mis en évidence l'influence positive de quatre facteurs sur la production rizicole dont notamment le travail du sol, l'apport d'engrais, et les semences utilisées. En effet, une augmentation de 1 % de chacune de ces facteurs fait accroître la production respectivement de 0,08 %, 0,09 %, 0,40 % et 0,51 %.

Par contre les chocs aléatoires exogènes ont peu d'influence sur les producteurs. De même, la main d'œuvre, les engrais, les pesticides, les semences, et le système d'irrigation ont été identifiées comme principaux déterminants de la productivité rizicole [10]. Pour ce qui est des facteurs environnementaux, on peut retenir que la fréquence d'arrosage, le degré d'ensoleillement, la capacité de rétention d'eau du sol, l'évapotranspiration et l'humidité relative peuvent favoriser ou compromettre la production rizicole selon les besoins de la culture. Ainsi, la promotion de la riziculture irriguée avec une maîtrise plus ou moins totale de l'eau a eu des impacts considérables sur la production rizicole [18]. En vue de relever les facteurs intervenant dans le rendement de la culture du riz, les facteurs suivants ont été identifiés : l'utilisation des variétés adaptées, la gestion de la fertilité des sols et la gestion de l'eau [17]. Pour ce dernier facteur, on constate que sa gestion est manifestement défaillante sur de nombreux périmètres, ce qui conduit à des distributions inefficaces, aggravées par l'insuffisance de nivellement des parcelles et d'entretien du réseau hydraulique [17, 18]. En effet, la gestion rationnelle de l'eau d'irrigation et la maîtrise du dosage d'engrais sont des paramètres clés pour garantir une bonne production [19, 20]. De plus, les ruptures de stock sont graves pour les riziculteurs qui ont toujours besoin d'engrais pour assurer la production rizicole sur toute l'année. La disponibilité de l'engrais est un facteur déterminant pour le rendement car l'engrais doit être appliqué à temps et en dose suffisante pour que les éléments nutritifs soient à la disposition des cultures pour une bonne croissance [19, 21]. L'intensification de la riziculture et l'amélioration durable de sa production impliquent des solutions aux contraintes techniques et agronomiques de production ainsi que la mise en œuvre de pratiques culturales plus adaptées et qui préservent la fertilité à long terme [22, 23].

#### **4-3. Niveau d'instruction des producteurs**

Comparativement aux autres paramètres comme le sexe, l'âge, le niveau d'instruction a peu ou pas d'influence sur la productivité. En effet la majorité des producteurs enquêtés sont analphabètes mais cela ne les empêche pas d'avoir une production assez satisfaisante tant qu'ils auront accès aux intrants de qualité et

en temps réel. Ainsi, selon [24], le niveau d'instruction n'a aucun effet sur la productivité car les riziculteurs de l'échantillon sont en majorité analphabètes et ceux qui sont instruits ne représentent que 20 % du total de l'échantillon. En effet, la faible représentativité des producteurs instruits permet de constater que l'effet de l'instruction sur la productivité n'est pas significatif. De plus, compte tenu de la pénibilité de la production de riz, très peu de personnes instruites s'adonnent à cette activité [25, 26]. En effet, beaucoup d'auteurs ont montré que la scolarisation n'est pas un moyen efficace pour améliorer la production et la productivité agricoles des ménages ruraux. Cependant, les facteurs déterminants de la production rizicole sont d'ordre technique, financier et social [27]. Parmi les facteurs sociaux, le niveau d'instruction influence fortement la production en ce sens que le riziculteur instruit perçoit mieux l'itinéraire technique ce qui facilite plus l'adoption des technologies innovantes pour améliorer la production.

## 5. Conclusion

L'amélioration de la productivité du riz sur les périmètres irrigués est l'un des défis du secteur agricole que le Niger doit relever afin d'assurer la sécurité alimentaire d'une population majoritairement (80 %) dépendante de ce secteur. En effet, une connaissance parfaite des facteurs influençant la production du riz sur les périmètres irrigués pourrait contribuer à une augmentation significative du rendement à l'hectare et à une meilleure intégration de la riziculture irriguée dans les plans et programmes de développements communautaires. Cette étude a permis d'identifier les principaux facteurs d'influence sur la production rizicole au niveau du périmètre de Toula dans la partie Ouest du Niger. Un diagnostic plus approfondi des contraintes de production sur les périmètres irrigués du Niger pourrait contribuer à booster les rendements sur des petites superficies cultivées par des producteurs pauvres et peu instruits. Par conséquent l'identification des facteurs influençant la productivité du riz dans les zones à forte densité de population constitue un premier pas vers ce diagnostic.

## Références

- [1] - G. I. DANIEL, Analyse des différences d'efficacité entre les sexes des exploitations de riz dans le département de Divo, en Côte d'Ivoire. *IOSR-Journal of Economics and Finance*, 10 (6) (2019) 63 - 69, DOI: 10.9790/5933-1006046369
- [2] - A. LANDRY, Analyse économétrique de l'offre du riz local en Côte d'Ivoire, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 17 (1) (2016) 291 - 305
- [3] - FAO, La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture : le rôle des femmes dans l'agriculture ; combler le fossé entre les hommes et les femmes pour soutenir le développement. Rapport technique Rome, Italie, (2011) 174 p, <http://www.fao.org/3/a-i2050f.pdf> (14/10/2020)
- [4] - C. UDRY, The economics of agriculture in Africa : Notes toward a research program. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 5 (1) (2010) 284 - 99
- [5] - Y. NAZOU MOU, G. FAVREAU, M. MOUSTAPHA ADAMO, I. MAÏNASSARA, La petite irrigation par les eaux souterraines, une solution durable contre la pauvreté et les crises alimentaires au Niger ? *Cah. Agric.*, 25 (1) (2016), 15003. DOI:10.1051/cagri/2016005
- [6] - S. ZHENG, H. BLOCH, Australia's mining productivity decline: Implications for MFP measurement. *J. Product. Anal.*, 41 (2013) 201 - 212
- [7] - FAO, Le riz c'est la vie. Bulletin trimestriel de statistique. Vingt troisième conférences régionales pour l'Afrique, année internationale du riz. 1-5 mars 2004, Johannesburg. FAO, Rome, Italie, (2004)

- [8] - A. O. DAN BAKI et A. S. YACOUBA, Effet de la subvention d'engrais sur le rendement du riz au Niger : Analyse par le modèle d'Heckman à deux étapes. *J. Appl. Biosci.*, 124 (2018) 12489 - 12496, DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v124i1.10>
- [9] - A. COULIBALY, K. SAVADOGO, L. GIAKITE, Les déterminants de L'efficience technique des riziculteurs de l'office du Niger Au Mali, *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 6 (2) (2017) 88 - 97
- [10] - N. HASNAIN, E. HOSSAIN & K. ISLAM, Technical Efficiency of Boro Rice Production in Meherpur District of Bangladesh: A Stochastic Frontier Approach. *American Journal of Agriculture and Forestry*, 3 (2) (2015) 31 - 37
- [11] - E. DUFLO, M. KREMER and J. ROBINSON, Nudging farmers to use fertilizer : Theory and experimental evidence from Kenya. *The American Economic Review*, 101 (2011) 2350 - 90
- [12] - GOLLIN D, LAGAKOS D & WAUGH ME, The agricultural productivity gap. *The Quarterly Journal of Economics*, 129 (2) (2014) 939 - 93
- [13] - G. TENO, K. LEHRER, A. KONE, les facteurs de l'adoption des nouvelles technologies en agriculture en Afrique Subsaharienne : une revue de la littérature, *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 13 (2) (2018) 140 - 151
- [14] - K. SOKVIBOL, LI. HUA, LINVOLAK PICH, Technical Efficiency and Its Determinants of Rice Production in Cambodia, *journals Economies*, 4 (22) (2016), Doi:10.3390/economies4040022
- [15] - H. PAMUK, E. BULTE & A. A. ADEKUNLE, Does decentralized innovation systems promote agricultural technology adoption? Experimental evidence from Africa. *Food Policy*, 44 (2014) 227 - 236
- [16] - A. SAIDOU, K. D. GNAPKPEYOU, I. BALOGOUN, S. HOUNNAHIN, M. ROMAIN, KINDOMIHOU VALENTIN, Effet de l'urée et du NPK 15-15-15 perlés et super granules sur la productivité des variétés de riz IR841 et NERICA-L14 en zone de bas fond au sud-Benin. *J. Appl. Biosci.*, 77 (2014) 6575 - 6589
- [17] - B. KONE, LG. AMADJI, A. SAÏDOU, S. DIATTA, C. AKAKPO, Nutrient constraint and yield potential of rice on upland soil in the south of dahomey gap of west Africa. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 57 (7) (2011) 763 - 774
- [18] - I. MOSSI MAÏGA, A. ALOU HIMADOU, A. HAUGUI, A. SOULEYMANE, G. IBRO, Normes techniques et pratiques locales des producteurs dans les périmètres rizicoles irrigués de Toula et Bonfeba au Niger. *African Crop Science journal*, 25 (4) (2017) 441 - 456
- [19] - B. MEERTENS, La riziculture irriguée dans la vallée de zio region maritime, Togo : contraintes et possibilités. Rapport technique, (2001), DOI : 10.13140/RG.2.2.22154.77765 <https://www.researchgate.net/publication/324482704>
- [20] - M. LIU, D. LI, An Analysis on Total Factor Productivity and Influencing Factors of soybean in China. *J. Agric. Sci.*, 2 (2010) 158 - 163
- [21] - A. AGBOGBLI et K. TETevi, Politique de Sécurité Alimentaire au Togo : Cas de l'Opération de Joint- Venture avec les riziculteurs pour la promotion de la production du riz local compétitif, ITRA, Lomé, Togo, (2004)
- [22] - B. K. HAILU, B. K. ABRHA & K. A. WELDEGIORGIS, Adoption and impact of agricultural technologies on farm income : Evidence from Southern Tigray, Northern Ethiopia. *International Journal of Food and Agricultural Economics*, 2 (4) (2014) 91 - 106
- [23] - I. LAMBRECHT, B. VANLAUWE, R. MERCKX & M. MAERTENS, Understanding the process of agricultural technology adoption: Mineral fertilizer in eastern DR Congo. *World Development*, 59 (2014) 132 - 46
- [24] - E. NUAMA, L'efficacité technique des riziculteurs ivoiriens : la vulgarisation en question, *Économie rurale* [En ligne], 316 | DOI : 10.4000/économie\_rurale.2598, (2010). <http://journals.openedition.org/economierurale/2598> (19/11/2020)
- [25] - H. REGNAULT, X. SARTRE & C. ROGER-REGNAULT, Les révolutions agricoles en perspective, Ed. France Agricole, Paris, (2012)
- [26] - T. SURI, Selection and comparative advantage in technology adoption. *Econometrica* 79(1) (2011) 159 - 209
- [27] - M. GURGAND, Les effets de l'éducation sur la production agricole. Application à la Côte d'Ivoire. *Revue d'Économie du Développement*, Vol. 4, (1993) 37 - 54