

Effets de la transplantation des plants du mil (*Pennisetum glaucum* (L) R. Br.) et du sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sur des soles récupérées à l'aide des demi-lunes dans la commune de Bagaroua au Niger

Abdoulaye Mayara Aichatou*, Abdou Gado Fanna, Guero Rabo Abdourahamane, Barage Moussa

Université Abdou Moumouni de Niamey. Faculté d'Agronomie. Département de production Végétale et de Science du Sol. BP 10960 Niamey (Niger). Email : aichatouabdoulayemayara@gmail.com

Reçu le 10 août 2022, accepté le 07 octobre 2022, publié en ligne le 29 octobre 2022

RESUME

Description du sujet. Au Sahel, la dégradation des terres menace plus de 65 % de superficie des terres cultivables chaque année, et à cela s'ajoute, l'irrégularité et l'arrêt précoce des pluies. Les conséquences se traduisent par la baisse de la productivité et la pauvreté des ménages. Pour améliorer leur sécurité alimentaire, les ménages s'adonnent aux activités de récupération des terres avec les ouvrages creusés (demi-lunes).

Objectif. La présente étude a pour objectif de tester les comportements du mil et du sorgho vis-à-vis des effets de la transplantation des plants préalablement cultivés en pépinière au niveau des demi-lunes.

Méthodes. La transplantation a été réalisée durant deux campagnes et le semis direct pendant trois campagnes. Les différentes mesures sur les paramètres de production ont été réalisées à l'aide d'un dispositif expérimental randomisé installé au niveau de chaque site. Les paramètres de production tels que le nombre de poquets, le poids de paille, le poids de grains à l'hectare et la durée du cycle de production ont été évalués en fonction des spéculations et selon le type de semis.

Résultats. Les rendements en grains des deux spéculations pour la transplantation étaient nettement supérieurs respectivement pour le mil et le sorgho (1192 kg/ha et 1288 kg/ha) comparativement à ceux du semis direct qui sont de (630 kg/ha et 648 kg/ha). Ce même constat a été observé pour la production en chaume qui était de 3293 kg/ha et 5810kg/ha pour les plants transplantés et de 2658 kg/ha et 3866,602 kg/ha pour le semis direct dans les ouvrages.

Conclusion. La production du mil et du sorgho avec la transplantation des plants au niveau des ouvrages creusés doit être davantage promue au Niger tout en mettant l'accent sur l'utilisation des variétés améliorées qui s'adaptent résilientes au climat local.

Mots-clés : Dégradation des terres, transplantation des plants, sécurité alimentaire, demi-lunes, Niger.

ABSTRACT

Effects of transplanting millet *Pennisetum glaucum* (L) R. Br.) and *Sorghum* (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) plants on soles collected using half-moons in the commune of Bagaroua in Niger

Description of the subject. In a Sahelian context where land degradation threatens more than 65% of the cultivable area each year, irregular and early cessation of rainfall is added to the problem. The consequences are reduced productivity and household poverty. In the quest to improve food security, households are engaged in land reclamation activities with dug-out structures (half-moons).

Objective. The present study aims to test the behaviour of millet and sorghum with respect to the effects of transplanting nursery grown seedlings to the half-moons

Methods. The transplanting was carried out during two seasons and three seasons for direct seeding. The different measurements on production parameters up to yield were carried out using a randomised experimental set-up at each site. Production parameters such as number of bunches, straw weight, grain weight per hectare and duration of the production cycle were evaluated according to the species and the type of sowing.

Results. The results on grain yields of the two crops for transplanting are clearly higher for millet and sorghum respectively (1192 kg/ha and 1288 kg/ha) than for direct seeding (630 kg/ha and 648 kg/ha). The same observation is made for stubble production which is (3293 kg/ha and 5810 kg/ha) for transplanting and (2658 kg/ha and 3866.602 kg/ha) for direct seeding in the structures.

Conclusion. The production with transplanting of seedlings at the level of dug works should be further promoted in Niger while emphasizing the use of improved varieties that are adapted to our climates.

Keywords: Land degradation, transplantation of seedlings, food security, half-moons, Niger.

1. INTRODUCTION

En Afrique, l'exploitation des ressources en terres pour l'agriculture est la principale source alimentaire de la population. Cette activité est pratiquée essentiellement par des petits exploitants en culture pluviale. On estime qu'en Afrique subsaharienne, 95 % des terres cultivées sont sous l'agriculture pluviale Svendsen *et al.* (2009). Cependant, dans cette zone, l'agriculture est tributaire des aléas climatiques et des conditions pédologiques très souvent défavorables (Sawadogo, 2006 ; Roose, 2017). En effet, 65 % des terres en Afrique sont dégradées et le continent voit disparaître chaque année pratiquement trois millions d'hectares de forêts et les pertes de terres et de nutriments amputent son PIB annuel de 3 % (Banque Mondiale, 2016).

Le Niger, pays semi-aride situé au centre du Sahel, est touché de plein fouet par le phénomène de dégradation systématique des actifs productifs naturels à travers la dégradation des terres, l'ensablement des marres et la perte des espèces fourragères à haute valeur nutritive. Ce phénomène conjugué aux effets du changement climatique rend de plus en plus vulnérables les populations. En plus de la sécheresse et de l'érosion, le Niger est un pays qui connaît une croissance démographique galopante de la population qui est estimée à 20.713.201 habitants en 2018 et 25.130.810 habitants en 2022. Le taux d'accroissement naturel est de l'ordre de 3,9 % par an, l'un des plus élevés au monde. A ce rythme, le pays connaîtra un dédoublement de sa population chaque vingt (20) ans (INS, 2016). Cette croissance démographique galopante de la population accentue la dégradation des terres par une surexploitation et un surpâturage.

La problématique fondamentale de la région de Tahoua avec comme caractéristiques physiques des sols de Tahoua (sol dégradé, forte sensibilité à la battance et l'érosion) et leur surexploitation sont les causes principales des phénomènes de dégradation observés dans cette région (Nord-ouest du Niger), l'une des plus touchées par l'érosion éolienne et hydrique en Afrique de l'Ouest. C'est ainsi qu'on assiste d'abord à une dégradation du couvert végétal suivi de la dégradation des sols (soumis à toutes les formes d'érosion) avec notamment la formation des glacis, l'ensablement des mares et le phénomène de ruissellement. Tous ces phénomènes ont un impact négatif sur la production agricole qui est en déclin et la dégradation des terres qui prend de l'ampleur chaque jour. Ainsi, la maîtrise de la dégradation des terres passe à travers la compréhension des processus, des facteurs et des causes de celle-ci BMZ *et al.* (2012).

La restauration écologique est une voie de recours pour limiter l'extension de la dégradation ou atténuer les conséquences (Caswell *et al.*, 2001). Elle est aussi une action intentionnelle permettant d'interrompre les facteurs de dégradation pour permettre au milieu de retrouver naturellement les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols (Daomba *et al.*, 2011). C'est dans cette optique que l'Etat et ses partenaires ont mis en œuvre plusieurs stratégies de lutte contre la dégradation des terres en vue de protéger le potentiel de production sérieusement menacé et améliorer la production et le revenu des producteurs. Ces stratégies pour contrecarrer cette dégradation sont nombreuses, mais la plus utilisée consiste à récupérer les sols dégradés afin d'élargir la base productive et de limiter l'érosion.

Au Niger, il existe plusieurs techniques de CES/DRS utilisées pour réhabiliter les terres dégradées mais la plus utilisée à Bagaroua sont plus précisément les dispositifs physiques (les demi - lunes), qui jouent un rôle très essentiel au déclenchement du processus de régénération (Hien, 1995). En appui aux efforts du gouvernement dans le domaine d'intervention sur la récupération des terres, le Programme Alimentaire Mondial (PAM) à travers son projet Country strategic pour le Niger (2020-2024) intervient dans plusieurs communes de la région de Tahoua, pour réduire la vulnérabilité des populations et les rendre plus résilientes en améliorant leurs conditions de vie. C'est dans cette optique que le présent travail de recherche est conduit dans un essai visant à tester les comportements du mil et du sorgho vis-à-vis des effets de la transplantation des plants préalablement cultivés en pépinière au niveau des demi-lunes.

Ce travail a pour objectif global de tester les effets de la transplantation sur l'amélioration de la production du mil et du sorgho au niveau des ouvrages pour faire face à l'impact du changement climatique ; (retard ; l'irrégularité et l'arrêt précoces des pluies) et de récupérer les terres dégradées incultes à la production ; les rendent exploitables et améliorer la production pour assurer la sécurité alimentaire des ménages.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Site d'étude

L'étude a été menée au sein de la commune de Bagaroua localisée à l'Ouest de la région de Tahoua au Niger et a été conduite à Changnassou (14°52.263' latitude Nord et 005°31.067' longitude Est), à Sahiya (14°15.535' latitude Nord et 004°43.780' longitude Est) et à Gougouhema (14°11.540' latitude Nord et 004°49.402' longitude

Est) qui est situé à 35 km au Nord-est de la commune de Bagaroua. Le climat de la zone est de type sahélien avec une moyenne pluviométrique annuelle durant les dix dernières années estimées à 305 mm. Les différents sites expérimentaux sont des terrains abandonnés sur des glacis à pente faible inférieure à 3 % et est caractérisé par des sols dénudés, encroutés suite aux processus de ruissellement et de l'érosion en nappe. Ce qui empêche l'exploitation agricole de ces terrains.

2.2. Matériel technique

Spécifications utilisées

Deux spécifications ont fait l'objet d'étude :

La spécification mil HKP

C'est une variété améliorée qui a été développée par l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) avec un cycle de production de 75-90 jours. Elle est plus particulièrement adaptée à la zone Nord-sahélienne du Niger entre les isohyètes 350 à 800 mm où son rendement potentiel en grains atteint 1,5 à 2,5 t/ha (MAN, 2012), (figure 1).



Figure 1. Vue de la densité de la variété HKP du mil dans les demi -lunes

Le sorgho variété Motta Maradi

La variété Motta Maradi est produite par le CERRA de Maradi au Niger avec un cycle de production de 75-80 jours (figure 2). Elle s'adapte mieux à la zone Nord-sahélienne du Niger entre les isohyètes 350 à 800 mm, son rendement potentiel en grains est de 2 t/ha (MA, 2012).



Figure 2. Vue de la densité de la variété du sorgho Motta Maradi dans les demi -lunes

Dispositif expérimental

Le champ expérimental avait une superficie d'un hectare subdivisé en quatre parcelles constituées chacune de 4 demi-lunes, soit une superficie de 60 m² chacune. Chaque demi-lune de la parcelle avait une densité de 9 poquets soit 2747 poquet /ha pour le semis direct et 20 poquets /DL démarré à 3 plants/poquets. Le dispositif expérimental est schématisé par la figure 3.

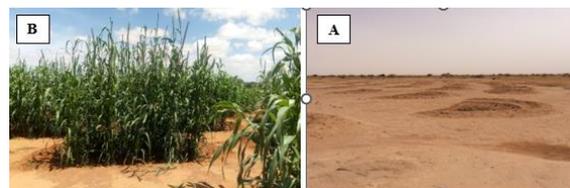


Figure 3 : Récupération des terres « glacis » avec des ouvrages les demi lunes ; **A :** Terre dégradé « glacis » ; **B :** glacis récupéré avec des ouvrages les demi lunes

2.3. Conduite de l'essai

L'essai a été conduit pendant trois campagnes de cultures de mil et sorgho respectivement en 2019, 2020 et 2021 pour le semis direct et durant deux ans (campagne 2020 et 2021) pour la transplantation, pendant les saisons hivernales au Niger période allant de Juillet à Octobre. Après l'installation des ouvrages et avant le semis de la première campagne, la fumure organique a été appliquée uniformément dans les ouvrages selon une dose de 7 kg par ouvrage de demi-lune. En effet, les pépinières d'essais pour la transplantation ont été tout d'abord mises en place pendant 20 à 21 jours de façon à avoir des plants ayant l'âge requis pour la transplantation au champ à la première pluie utile. Huit pépinières de 15 m² chacune ont été installées dans les villages suivant Sahiya et Gougouhema. Pour chaque spécification, les traitements testés dans cet essai sont :

T1= Semis direct dans les demi- lunes, T2= Transplantation des plants (âgées de 20 à 21 jours). Pour mettre les pépinières en place, les opérations suivantes ont été réalisées :

- Préparation des terrains : labour (à la houe) ;
- Suivi-entretien : Irrigations tous (les 2 à 3 jours) et désherbage manuel.

Les mesures et les observations ont été réalisées sur les paramètres de croissance notamment le nombre de talles, la hauteur des plants, pendant les saisons culturales. Les rendements en grains du mil et du sorgho ont été évalués sur les différents traitements à la fin de chaque campagne agricole.

2.4. Méthodes

Indice standardisé de pluviométrie

Le calcul de l'indice pluviométrique (IP) appelé aussi indice standardisé des précipitations (ISP) a

permis de mieux étudier la variabilité pluviométrique et de mettre en évidence les mois et les années sèches et humides. Il a été obtenu en faisant le rapport entre l'écart à la moyenne et l'écart-type des hauteurs pluviométriques annuelles. Il s'écrit de la manière suivante :

$$IP = (xi - x) / \sigma \quad (1)$$

Dans cette formule (1), x correspond à la hauteur moyenne de précipitations, xi correspond à la hauteur de pluies d'un mois ou d'une année (i) et σ représente la déviation standard (écart-type). Les valeurs positives traduisent des excédents pluviométriques tandis que les valeurs négatives indiquent les déficits pluviométriques. Le choix de cet indice tient au fait qu'il est recommandé par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). Ainsi, une séquence est considérée comme sèche lorsque pendant la saison agricole, il s'écoule au moins 10 jours sans pluie. Par contre, une séquence est considérée comme humide lorsque pendant la saison agricole et au cours de la même semaine, trois événements pluvieux d'au moins 30 mm sont enregistrés ou lorsque la pluviométrie hebdomadaire est supérieure ou égale à 100 mm.

Prélèvements des échantillons de sol

Il a consisté à la prise des échantillons du sol dans les parcelles élémentaires au niveau des (demi-lunes) et à les mélanger pour obtenir l'échantillon composite de la parcelle élémentaire. Ainsi, sur chaque demi-lune, cinq points de prélèvement ont été considérés sur une profondeur de 5 à 10 cm environ ensuite bien mélanger pour avoir l'échantillon composite par demi-lune. Pour les champs témoins, le prélèvement consiste à prendre sur une épaisseur d'environ 10 cm des échantillons du sol au niveau des cinq (5) angles et au milieu de la parcelle ensuite à les mélanger pour obtenir un échantillon composite du champ témoin. La disposition des points de prélèvement des échantillons de sol en diagonale, en ligne parallèle et en zigzag sont les plus recommandées pour prendre en compte l'hétérogénéité d'une parcelle (T.T.A., 2004). Des prélèvements au nombre de 5 sont effectués au niveau des parcelles de demi-lune et les témoins. Dans les parcelles de demi-lune, les prélèvements sont faits à l'intérieur de celle-ci. Les échantillons ont été prélevés dans l'horizon 0-20 cm, ils sont mélangés par parcelle dans un seau en plastique pour obtenir l'échantillon composite de 1 kg a ensuite été prélevé pour chaque parcelle et mis dans un sachet fermé. Au total, quatre échantillons composites par site ont été collectés et un autre échantillon composite pour les parcelles témoins sont amenés au Laboratoire des sciences du sol de la Faculté d'Agronomie (FA) pour les analyses.

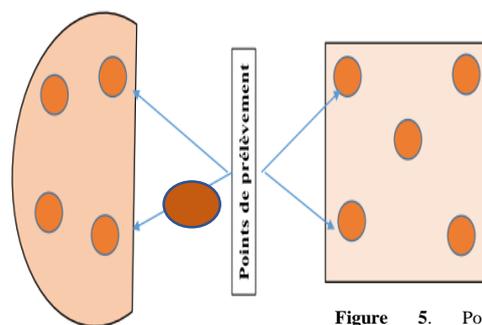


Figure 4. Points de prélèvement des échantillons de sols dans la cuvette des DL

Figure 5. Points de prélèvement des échantillons de sols dans les parcelles témoins

Analyses physico- chimiques des échantillons de sol

Les échantillons composites des sols prélevés ont été analysés au Laboratoire des sols et dynamique de surface de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey. Les analyses ont débuté par le tamisage à l'aide d'un tamis de 2 mm pour séparer la terre fine des particules grossières. Les analyses proprement dites concernent l'acidité du sol, le taux de matière organique, l'azote totale, le phosphore assimilable, le potassium disponible, les bases échangeables et la capacité d'échange cationique.

- L'acidité a été déterminée par la mesure du pH eau à partir d'un mélange de terre avec de l'eau distillée dans un rapport 1 / 2,5 selon la norme de AFNOR, puis le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre.

- Le taux de la matière organique a été déterminé indirectement par le dosage du carbone selon la méthode de Walkey et Black (1934). Le carbone organique est oxydé en milieu sulfurique concentré par le bichromate de potassium en excès. L'excès du bichromate est ensuite titré par une solution de sel de Mohr en présence de diphénylamine. Pour passer du taux de carbone au taux de matières organiques totales, le coefficient multiplicateur qui est de 1,724 a été utilisé.

- L'azote total est déterminé par minéralisation de l'échantillon de sol avec un mélange d'acide sulfurique -Sélénium- acide salicylique en le chauffant progressivement (100 à 340 °C) jusqu'à la minéralisation totale. Après cette minéralisation, la solution aqueuse est mélangée avec du carbone actif et filtrée ensuite. L'azote total a été déterminé directement à l'auto-analyseur (SKALAR).

- Le phosphore assimilable a été déterminé selon la méthode Bray n° 1.

L'Extraction du phosphore a été réalisée avec une solution mixte de fluorure d'ammonium et d'acide chlorhydrique. L'extrait est ensuite passé au spectrophotomètre à 720 nm en utilisant le molybdate d'ammonium.

- Le potassium disponible a été obtenu par extraction dans l'échantillon du sol en utilisant une solution mixte d'acide chlorhydrique (HCL ; (0.1 N)) et oxalique (H₂C₂O₄ ; (0.4 N)). Le potassium a été déterminé au photomètre à flamme par la

comparaison des intensités de radiations émises par les atomes de potassium avec celles de solution standard.

- La capacité d'échange cationique (C.E.C.) est déterminée en utilisant l'Argent thiourée à O, OIM (mélange de AgNO₃ et de Thiourée (H₂NCSNH₂)) pour l'extraction des cations. L'échantillon de sol est agité avec une solution de AgTU pendant 2 heures et est ensuite filtré ou centrifugé. La CEC est déterminée par la quantité d'argent dosée dans le filtrat qui lui représente.

Suivi des stades de développement

Les observations phénologiques des différentes phases ont été faites dans chaque parcelle, huit (8) poquets, dont 2 poquets /DL ont été suivis avec des observations régulières (une fois par semaine). Les phases suivantes ont fait l'objet d'observations : date de semis (semis direct et transplantation), date de levée, date de début tallage, date de début de montaison, date d'épiaison, date d'apparition des grains et la date de maturité. Le rendement pour les deux spéculations (mil et sorgho) s'élabore tout au long du cycle de développement, à partir des composantes suivantes : le nombre de plants par parcelle, le nombre d'épis par demi-lune et par parcelle, le poids en grains par demi-lune et par parcelle puis à l'hectare.

Nombre de poquets levés à l'hectare

Après la pose des différentes parcelles, un comptage a été effectué dans la demi-lune et dans les parcelles, le nombre de poquets présentant au moins un plant à l'intérieur de celle-ci. Ensuite, la moyenne par parcelle et enfin, extrapolé la moyenne par parcelle à l'hectare a été calculée.

Evolution de l'épiaison par traitement

Un suivi sur l'évolution du nombre de talles par semaine a été effectué. Le nombre de talles fertiles (épis émergés des graines foliaires) et non fertiles (épis non émergés des graines foliaires) sont comptés sans tenir compte de leur taille à l'intérieur des parcelles installées et la moyenne par traitement et par semaine pour les deux spéculations a été calculée.

Évaluation des composantes du rendement

Les paramètres de production évalués dans le cas des céréales étudiées sont le nombre de poquets par demi-lune, par parcelle (NP/DL/P) ; le nombre d'épis par demi-lune, par parcelle (NE/DL/P), le poids grain par demi-lune, par parcelle (PG/ DL /P) et enfin, une extrapolation a été faite sur la moyenne par parcelle pour avoir le rendement à l'hectare.

Nombre de poquets et d'épis à l'hectare (ha)

L'évaluation du nombre de poquets et d'épis à l'hectare est fait de la manière suivante qui consistait à compter le nombre total de pieds et d'épis de sorgho et de mil à l'intérieur des parcelles. Nous avons calculé ensuite les moyennes de ces paramètres par parcelle, par traitement et en fin ces résultats sont extrapolés à l'hectare selon la formule suivante : Valeur par hectare du paramètre évalué (VP/ha) = (A : 16) x 313 (A : désigne soit le nombre moyen de plants ou le nombre d'épis total dans les parcelles, 16 demi lunes) données.

Date de maturité

La date de maturité des plants a été effectuée toutes les 48h au niveau des différentes parcelles. Cette date a été prise en compte lorsque la moitié des poquets suivis arrivent aux stades de maturité physiologique.

Estimation des rendements

Les productions en graines des parcelles récoltées sont séchées et pesées. Ensuite, la moyenne par parcelle a été calculée. Ces moyennes par parcelle sont rapportées à l'hectare selon la formule ci-après : Rendement grain (kg/ha) = (Pm/P x 4) : 16 x 313

Traitement et analyse des données

Les données collectées sur les essais ont été saisies sur le tableur Excel qui a été utilisé pour le calcul des moyennes (nombre de poquet, nombre de talles et poids sec des tiges et des grains) et les caractéristiques physico chimiques du sol. Il a également servi à la confection des graphiques. L'analyse statistique de ces valeurs moyennes est réalisée avec le logiciel R pour comparer les paramètres de rendement (nombre de poquets, nombre d'épis, poids paille et poids grains) à l'aide du test de TUKEY et de Kruskal Wallis au seuil de 5 %. Les données obtenues sur la teneur en éléments chimiques des échantillons de sol ont été analysées à l'aide du même logiciel R pour les analyses statistiques de variance et la séparation des moyennes par la méthode de la plus petite différence significative (PPDS). Un test de normalité a été effectué pour faire le choix du test à utiliser afin d'analyser les variables. La valeur du pourcentage (P-value) a permis de vérifier si la normalité est bonne (P-value inférieur à 5 %) ou pas (P-value supérieur à 5 %). La vérification de la normalité a permis de choisir le test à utiliser pour l'analyse statistique, le test de Kruskal Wallis a été utilisé si la normalité n'est pas vérifiée et l'Anova si la normalité est vérifiée.

3. RÉSULTATS

3.1. Caractéristiques des précipitations

La commune est comprise entre les isohyètes 300 et 650 mm avec une moyenne de 324,43 mm de pluies annuelles calculées sur les huit (8) dernières années (2013-2021). L'analyse des indices standardisés des précipitations (ISP) indique que la commune a enregistré des mois de sécheresse variant de modérément sèche à extrêmement sèche ($-1,5 < ISP < 0$). Les figures suivantes présentent l'évolution de l'indice standardisé des précipitations par village.

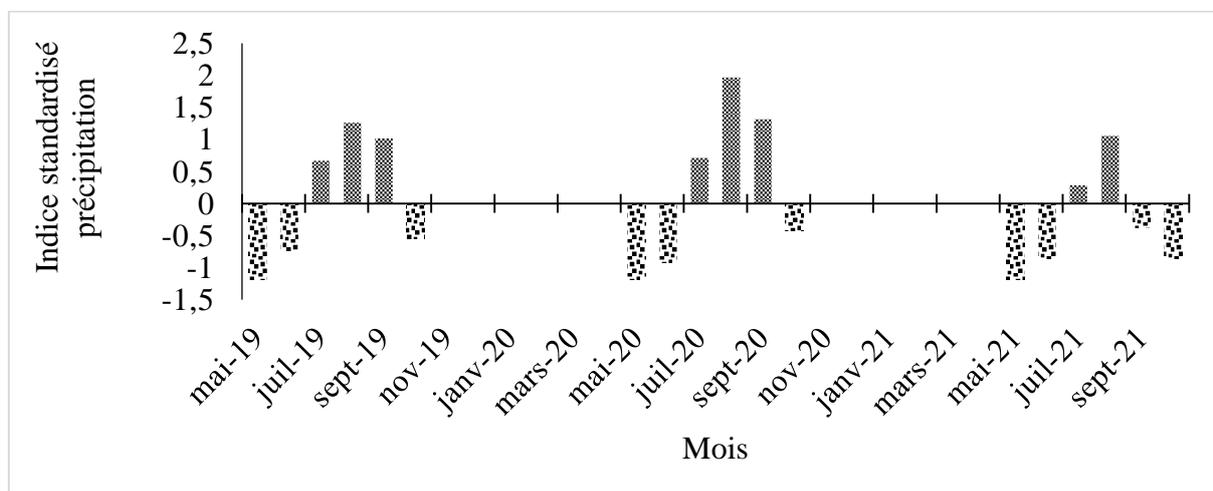


Figure 6. Evolution de l'indice standardisé des précipitations à Sahiya

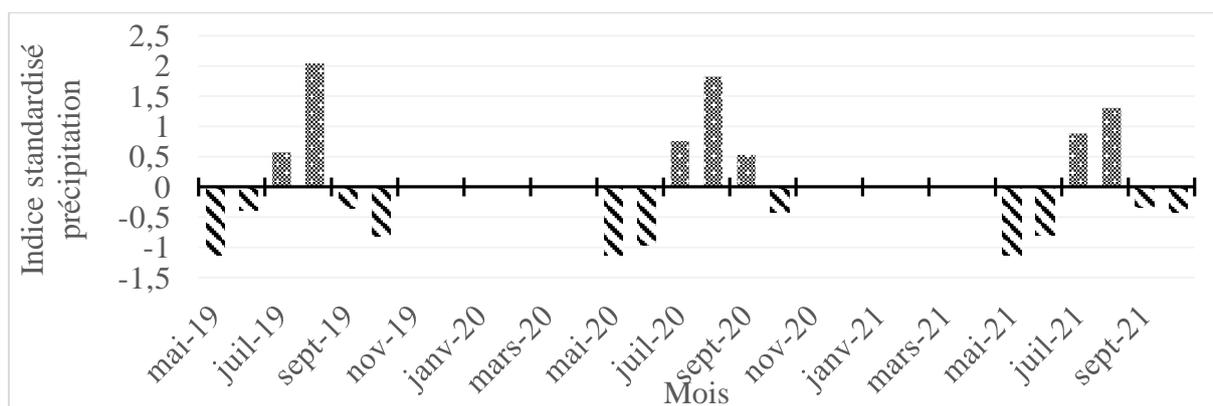


Figure 7. Evolution de l'indice standardisé des précipitations à Gougouhema

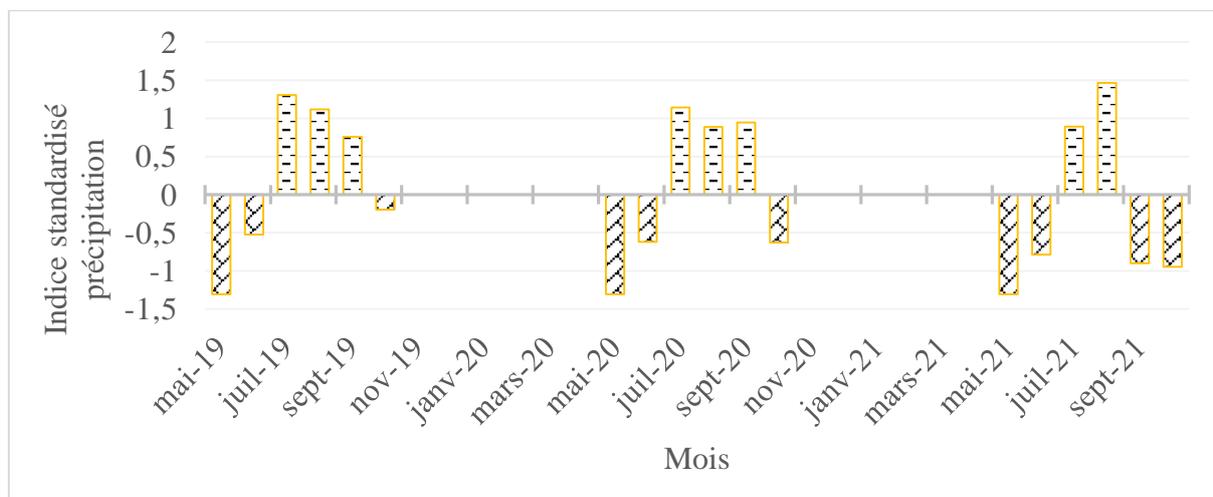


Figure 8. Evolution de l'indice standardisé des précipitations à Changnassou

Il ressort également au moins deux années (2019-2020) excédentaires qui ont variés de précipitations légèrement humides à extrêmement humides ($0 < \text{ISP} < 2$). Pour tous les trois villages sous étude, l'année 2021 est restée déficitaire. Les figures (12 à 14) ont montré une pluviométrie avec une aridité sévère ($-1 < \text{ISP} < -1,5$). Cette pluviométrie pour toutes les trois campagnes est alternée entre aridité en début et fin de campagne et humidité en milieu de campagne (juillet à septembre). Cependant, l'année

2020 a été marquée par des humidités extrêmement fortes.

3.2. Caractéristiques des sols sur les sites expérimentaux

Les sites d'étude présentent des sols de type ferrugineux tropicaux dont les caractéristiques physico-chimiques sont présentées dans le tableau 1. Ce tableau illustre également les impacts des demi-lunes dans l'amélioration de la fertilité des sols sur le temps.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques des sols

Classes des paramètres	Paramètres	Sahiya			Changnassou			Gougouhema		
		DL		Témoin	DL		Témoin	DL		Témoin
		2019	2020	2019	2019	2020	2019	2019	2020	2019
Physiques	Argile (%)	15,09	15,90	9,35	18,30	19,87	9,11	4,43	5,05	1,45
	Limon (%)	12,57	16,41	8,86	14,84	28,13	5,12	8,36	13,33	9,75
	Sable (%)	72,34	67,69	81,79	66,86	52,00	85,77	87,21	81,62	88,8
Chimiques	pH	5,72	5,74	5,65	5,71	6,73	5,55	5,81	6,25	5,80
	MO (%)	0,72	0,82	0,34	0,93	0,89	0,65	0,50	0,79	0,45
	C	0,42	0,48	0,20	0,54	0,52	0,38	0,29	0,46	0,26
	N	0,04	0,05	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03	0,05	0,02
	C/N	10,50	9,60	5,26	9,47	10,40	7,91	9,66	9,20	9,28
	P assim.	8,28	9,24	5,55	7,37	8,63	4,52	8,65	9,44	6,50
	Ca ⁺⁺	4,70	4,65	4,00	5,55	7,90	3,80	5,80	6,40	4,30
	Mg ⁺⁺	2,08	3,05	1,80	3,47	3,23	2,40	2,81	3,02	2,50
	Na ⁺	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02
	K ⁺	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
CEC	7,88	9,06	7,50	10,59	11,40	7,40	10,00	10,75	7,50	

L'analyse du tableau 1 ci-dessus fait remarquée que les ouvrages des demi-lunes présentent des impacts positifs sur la fertilité physique du sol au niveau des trois sites. En effet, les demi-lunes ont permis une augmentation des particules fines du sol. Quant à la fertilité chimique, une amélioration des paramètres chimique entre les témoins et les ouvrages d'un (1) an de réalisation a été constatée. Néanmoins, la fertilité chimique s'est améliorée au niveau des ouvrages de deux ans de réalisation. En outre, il est constaté une amélioration de certains paramètres chimiques (Mg²⁺) par rapport aux autres (Ca²⁺, K⁺ et Na⁺) qui sont restés constant tant au niveau des ouvrages qu'au niveau des témoins en fonction de la durée de la réalisation des ouvrages. Les mêmes

constats de ces analyses sont observés au niveau des trois villages.

3.3. Normalité des paramètres de production

Le test de normalité est utilisé pour vérifier si la normalité est bonne (P-value inférieur à 5 %) ou pas (P-value supérieur à 5 %) pour ensuite choisir le test à utiliser pour l'analyse statistique, ainsi le test de Krystel Wallis a été utilisé si la normalité n'est pas vérifiée et l'Anova si la normalité est vérifiée. Les résultats du test de normalité sont consignés dans le tableau 2.

Tableau 2. Test de normalité des paramètres de productions

Spéculation	Paramètres	P-value	Normalité
Sorgho	Np. ha ⁻¹	0,105	Oui
	NE. ha ⁻¹	0,000	Non
	PG. ha ⁻¹	0,000	Non
Mil	PP. ha ⁻¹	0,084	Oui
	Np. ha ⁻¹	0,105	Oui
	NE. ha ⁻¹	0,051	Non
	PG. ha ⁻¹	0,000	Non
	PP. ha ⁻¹	0,000	Non

Légende : Np. ha⁻¹ = Nombres de poquets à l'hectare, NE .ha⁻¹ = Nombre d'épis à l'hectare, PG. ha⁻¹ = Poids grains à l'hectare et PP. ha⁻¹= Poids paille à l'hectare

L'analyse du tableau 2 montre que la normalité est vérifiée pour les paramètres nombre de poquet pour toutes les deux spéculations et le poids paille pour le sorgho donc le test d'Anova est utilisé. Pour les autres paramètres de production (nombre d'épis et Poids grain) pour les deux spéculations et le poids paille pour le mil la normalité n'est pas vérifiée donc le test de Krystel Wallis est utilisé.

3.4. Transplantation des jeunes plants du mil et du sorgho comme innovation sur des soles de mil et du sorgho dans les demi - lunes

Le mil et le sorgho sont les deux plantes alimentaires les plus cultivées dans la zone sahélienne du Niger

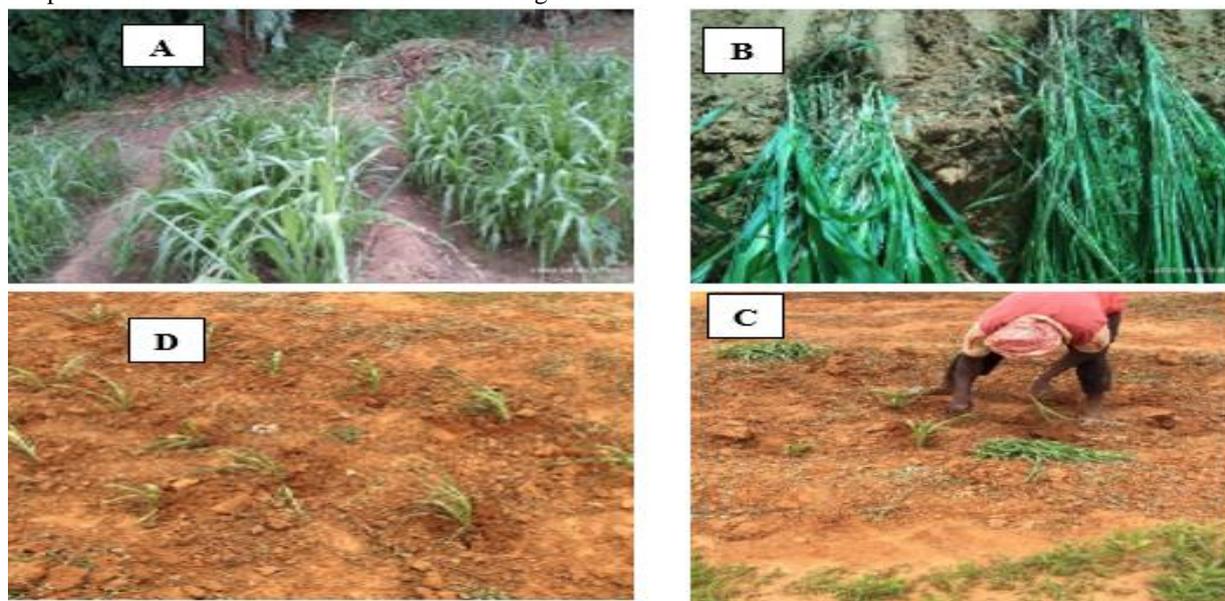


Figure 9. Etape de la transplantation des plants de mil dans les demi-lunes A. Pépinière de mil, B. Plants de mil pour repiquage, C. Repiquage des plants dans l'ouvrage et D. reprise des plants repiqués après 5

Toutes les deux variétés (HKPet Motta Maradi) ont été soumises aux effets de la transplantation des jeunes plants issus d'une pépinière anticipée d'environ 20 jours par rapport à la première pluie utile de 20 mm en 2020 et 22 mm en 2021, dont les pépinières ont été mises en place respectivement (le 21/6/2020 et le 25/6/2021) et le repiquage a eu lieu respectivement à ces dates (le 12/7/2020 et le 15/7/2021).

Avantages et inconvénients de la transplantation

Quelques avantages et inconvénients de la transplantation des plants au niveau des ouvrages sont énumérés au niveau du tableau 3.

Tableau 3. Quelques avantages et inconvénients de la transplantation des plants

Avantages	Inconvénients
Comblent les vides laissés par les poquets manquants	Nécessité d'eau pour irriguer la pépinière
Rattraper le retard lié à la tombée des premières pluies utiles	Nécessité de clôturer le jardin contre l'intrusion des animaux
	Disposer des moyens financiers pour couvrir les coûts de l'entretien de la pépinière et le repiquage
	Besoin d'un suivi permanent pour la réussite de la pépinière
Plants puissent boucler leur cycle de production.	Nécessité d'avoir une bonne pluie au début du repiquage au cas contraire on risque de perdre beaucoup de poquets.

qui, à l'instar des autres céréales pluviales, reste tributaire aux aléas climatiques et au phénomène de dégradation. Dans le but de proposer des stratégies d'adaptation du mil et du sorgho face à la dégradation des terres, nous avons testé les effets de la transplantation tardive de deux spéculations mil (HKP) et sorgho (Motta Maradi). Les résultats obtenus ont montré que la transplantation des plants dès la première pluie utile a permis de réduire de façon significative la durée des différentes phases phénologiques tout en augmentant les rendements paille et grains par rapport au traitement semis direct. La figure 9 présente les différentes étapes de la transplantation des plants.

Etude de l'effet de la transplantation sur les composantes du rendement

Effet de la transplantation des plants sur le nombre de poquets

L'analyse du tableau 4, le nombre de poquets à l'hectare en fonction des modalités montre qu'il y'a une différence significative du nombre de poquets concernant les deux spéculations mil et sorgho entre les villages et en fonction des traitements. L'analyse statistique a aussi montré pour les deux spéculations qu'il n'ya pas de différence significative en fonction des années.

Tableau 4. Analyse statistique du nombre de poquets en fonction des modalités

Spéculation	NP.ha ¹	Modalité	Moyenne et Ecart-type	P-value
Mil	Village	Gougouhema	4098 ± 574 b	0,000
		Sahiya	5294 ± 792 a	
		Changnassou	6054 ± 337 a	
Sorgho	Village	Gougouhema	4022±1368 a	0,000
		Sahiya	2521±236 b	
Mil	Années	2019	5129± 1065 a	0,863
		2020	5317 ± 951 a	
		2021	5109 ± 895 a	
Sorgho	Années	2019	3071 ± 456a	0,501
		2020	3645 ±1493 a	
		2021	3531 ±1519 a	
Mil	Traitements	Semis direct	4980 ± 861 b	0,000
		Transplantation	6370 ± 216 a	
Sorgho	Traitements	Semis direct	2747±423 a	0,000
		Transplantation	5595±201 b	

Les chiffres dans les colonnes suivies de mêmes lettres ne sont pas significativement différents selon le test de la Plus Petite Différence Significative (PPDS) à 5% de probabilité

Densité de semis dans les demi-lunes en fonction des traitements

L'analyse du nombre de poquets à l'hectare en fonction des modalités montre qu'il y'a une différence significative de la densité des semis concernant les deux spéculations mil et sorgho entre les villages et en fonction des traitements. La densité de semis varie selon les producteurs pour toutes les deux spéculations, pour le mil elle est comprise entre 4098 poquets/ha (13 poquets/DL) à 6054 poquets/ha (19poquets/DL). Par contre, elle est de l'ordre de 11450 poquets/ha au niveau de parcelles témoins pour le mil. S'agissant du sorgho, cette densité varie de 8100 à 11000 au niveau des parcelles témoin et de 2521 à 4022 poquets/ha au niveau des demi lunes. La densité de semis est importante au niveau des sites transplantés, elle est comprise entre 5595 à 6370 poquets/ha respectivement pour le sorgho et pour le mil. L'analyse statistique a aussi montré pour les deux spéculations qu'il n'ya pas de différence significative en fonction des années. A titre illustratif la figure 10 présente les vues de la densité de semis dans les demi-lunes en fonction des traitements.

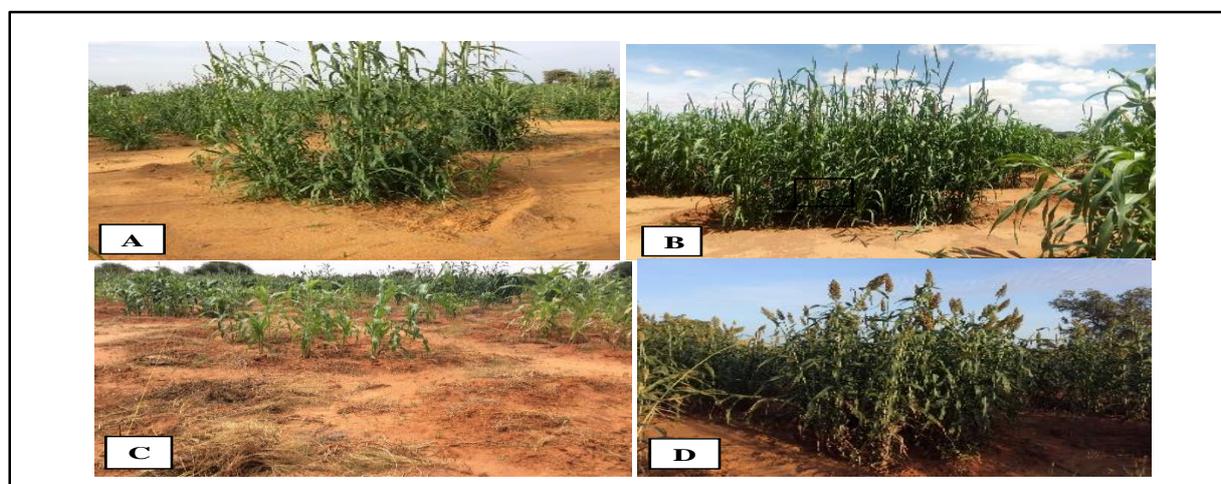


Figure 10. A. Site semis direct du mil, B. Site transplanté avec des plants de mil, C. Site semis direct du sorgho et D. Site transplanté avec des plants de sorgho

Corrélation entre le nombre de poquets (NP) et le rendement en grains (PG) dans les demi-lunes

La figure 11 suivante présente la corrélation entre le nombre de poquets et le rendement en grains dans les demi-lunes.

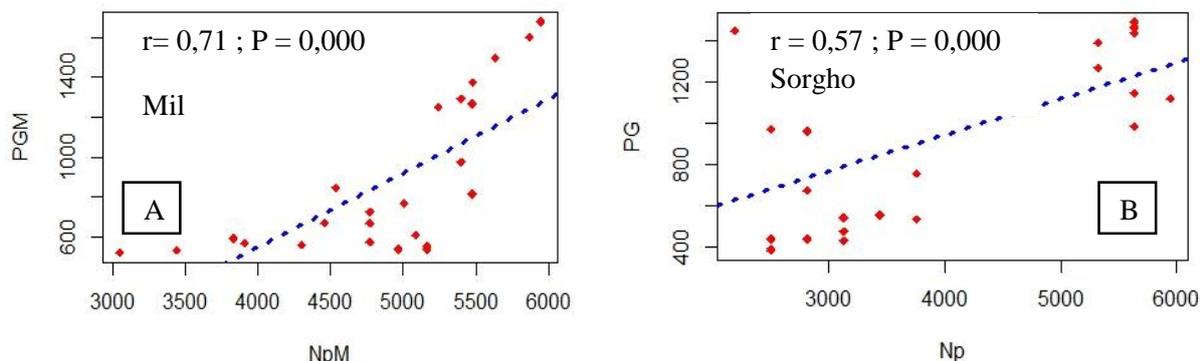


Figure 11. A : Analyse statistique du nombre de poquet (Np) sur le rendement grains (PG) spéculation (Mil)
B : Analyse statistique du nombre de poquets sur le rendement grains (PG) spéculation (Sorgho)

L'analyse statistique montre qu'il y a une relation très forte entre le nombre de poquets dans les demi-lunes à l'hectare et le poids en grains (PG) au niveau des sites récupérés pour toutes les deux spéculations. Ainsi, plus le nombre de poquets est important, plus la production (PG) croît positivement pour les deux spéculations (mil et sorgho) jusqu'au seuil de 20 poquets par DL.

Effets de la transplantation des plants sur la phénologie

La transplantation des jeunes plants (20 JAS) a eu un impact sur les dates d'apparition des différentes phases phénologiques des variétés de mil HKP et du sorgho Motta Maradi. En effet, chez les plants transplantés des deux spéculations mil et du sorgho, l'apparition de la phase de montaison a été plus précoce durant les deux campagnes de suivi (2020 et 2021) successivement (de 10 à 15 jours) à comparer aux plants du semis direct des mêmes variétés mil et sorgho pour les deux campagnes de suivi. Les figures 12 et 13 présentent les Phases phénologiques par spéculation et par campagne de production.

✚ Variété MIL

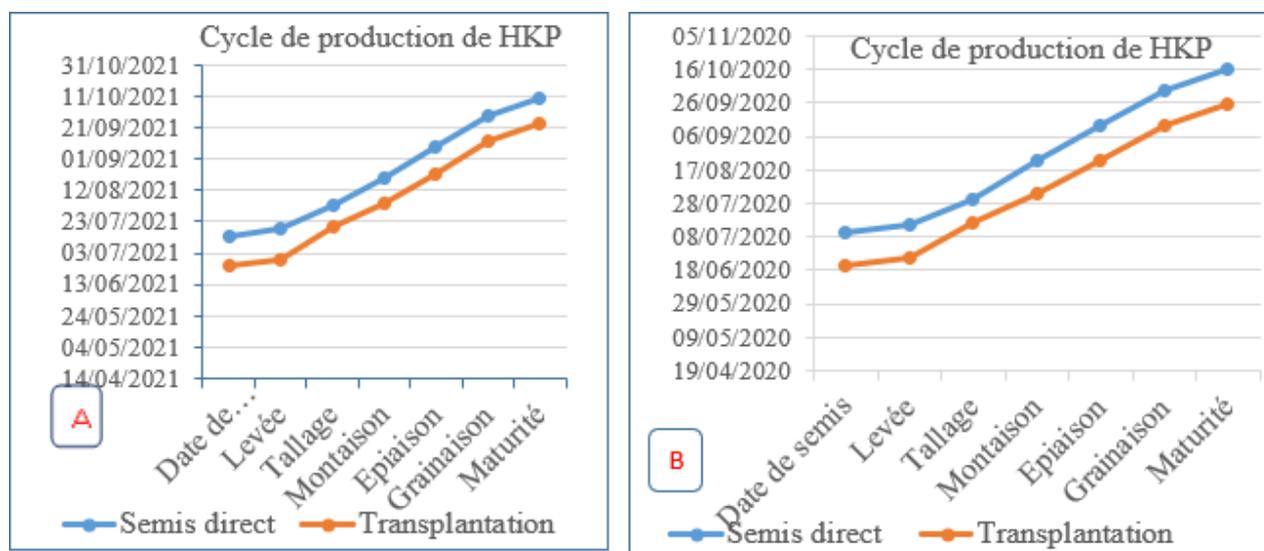


Figure 12 A. Phase phénologique du mil HKP campagne 2020 ; B : Phase phénologique du mil HKP campagne 2021

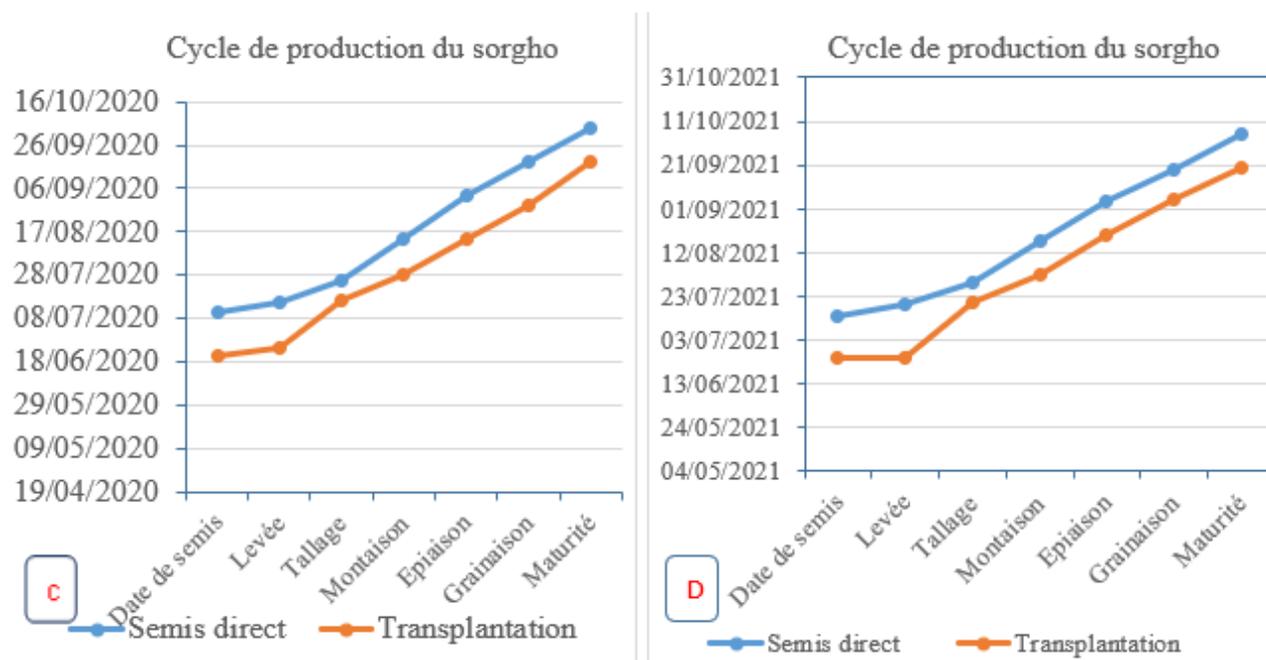


Figure 13. C : Phase phénologique du sorgho variété Motta Maradi campagne 2020 D : Phase phénologique du sorgho variété Motta Maradi campagne 2021

Il ressort de l'analyse des graphiques ci-dessus que les différences observées dans les dates d'apparition des autres phases phénologiques (épiaison, grainaison et maturité physiologique) sont presque identiques à celle observée à la montaison (10 jours). Par ailleurs, les variétés HKP et Motta Maradi pour la transplantation ont été les premières à atteindre la maturité physiologique, deux semaines avant la maturité pour le traitement semis direct.

Effets de la transplantation des plants sur les rendements grain

La campagne 2020 s'est avérée la plus productive pour tous les trois villages durant les trois années de suivi. Ainsi, le site du village de Changnassou, a enregistré le meilleur rendement du mil avec le semis direct (793 kg/ha), et le meilleur résultat est obtenu au niveau du site du village de Sahiya concernant le sorgho (810 kg/ha). Le tableau 4 présente les résultats de l'analyse statistique du poids grains des spéculations en fonction des villages, de l'année et du type de semis.

Tableau 5. Analyse statistique du poids grains en fonction des modalités

Spéculation	Modalité PG/ha	Moyenne	P-value
Poids grains par village			
Mil	Gougouhema	552 ±111 b	0.006
	Sahiya	756±296 a	
	Changnassou	793± 163 a	
Sorgho	Gougouhema	807±426 a	0.008
	Sahiya	810±367 a	
Poids grains selon les années			
Mil	2019	589 ± 117 a	0.146
	2020	795± 275 a	
	2021	716 ± 264 a	
Sorgho	2019	737±252 a	0.818
	2020	887±471 a	
	2021	778 ±419 a	
Poids grains en fonction du traitement			
Mil	Semis direct	631± 150 b	0.000
	Transplantation	1192 ±136a	
Sorgho	Semis direct	648 ±312 b	0.000
	Transplantation	1288 ±187 a	

Les chiffres dans les colonnes suivis de mêmes lettres ne sont pas significativement différents selon le test de la Plus Petite Différence Significative (PPDS) à 5 % de probabilité

L'analyse statistique des moyennes au seuil de 5 % (tableau 5) montre que la différence est significative entre les rendements en grains des deux spéculations mil et sorgho en fonction des traitements. Cela montre une variabilité des moyennes non seulement entre les deux traitements mais aussi entre les sites des villages d'une même localité. Ces moyennes obtenues au niveau des sites issus de la transplantation des plants dépassent très largement celles du semis direct. Pour les deux spéculations, l'analyse a montré qu'il n'y a pas de différence significative en fonction des années. Les résultats montrent que les meilleurs rendements en grains sont obtenus chez les deux spéculations (mil et sorgho) transplantées (1192 t/ha à 1288 t/ha) comparativement aux résultats du semis direct qui sont inférieurs à ces derniers qui sont respectivement de 631 à 648 t/ha pour toutes les deux spéculations. Les rendements issus de la transplantation sont presque le double de celui du semis direct.

4. DISCUSSION

Les ouvrages creusés (les demi-lunes) sont opérationnels dans la région de Tahoua au Niger et permettent la croissance et le développement des cultures du mil et du sorgho sur un terrain dégradé, encrouté et inculte. En effet, pendant trois campagnes agricoles pour le semis direct et deux campagnes agricoles pour la transplantation s'est effectué le suivi en saison des pluies au Niger, des cultures du mil et du sorgho dans les ouvrages les demi-lunes. Ainsi, l'analyse des résultats des indices standardisés des précipitations (ISP) ont montré une pluviométrie avec une aridité sévère ($-1 < \text{ISP} < -1,5$), la commune de Bagaroua a enregistré des mois de sécheresse variant de modérément sèche à extrêmement sèche ($-1,5 < \text{ISP} < 0$). Sur la même période, il ressort également au moins deux années (2019-2020) excédentaires qui ont variées de précipitations légèrement humides à extrêmement humides ($0 < \text{ISP} < 2$) pour tous les trois villages (Changnassou, Sahiya et Gougouhema). L'année 2021 est une année déficitaire pour tous les trois villages et reste l'année la moins productive parmi les trois années de suivi. Ceci se justifie par le fait d'irrégularité et de l'insuffisance des pluies qui freinent le développement des plants et font baisser la production. Ces résultats corroborent ceux de Winkel *et al.* (1997) et Alhassane (2009). En effet, la pluviométrie est depuis plus de trois décennies, de plus en plus insuffisante et aléatoire dans la zone sahélienne. Cette tendance est exacerbée par une forte variabilité des paramètres clés de la saison des pluies tels que les dates de début et de fin de saison et les séquences sèches qui, de plus en plus souvent ne permettent plus aux céréales cultivées en

conditions pluviales strictes d'achever correctement leurs cycles de développement.

La baisse du rendement pour la campagne 2021 est liée à la faible pluviométrie enregistrée durant cette campagne 2021 qui a été déficitaire dans la zone. Ce résultat est en phase avec ceux de Guibert *et al.* (2010) ; Bambara *et al.* (2013), qui ont démontré que la pluviométrie serait la cause directe de la baisse de la production. Selon ces derniers, lorsque les pluies sont insuffisantes, les conséquences se reflètent sur les cultures au travers de leur mauvais développement, le flétrissement des feuilles, la brûlure des cultures suite à l'augmentation de la température. Cette baisse de rendement est aussi observée au niveau des sites de demi-lunes transplantées en dernière année (2021), ainsi la pluviométrie a aussi un impact très capital sur la productivité au niveau des sites issus de la transplantation des plants. Ce résultat reste conforme à ceux obtenus par Assefa *et al.* (2007) ; Agbaje *et al.* (2002), qui affirme que les rendements des sites transplantés dépendraient aussi des conditions hydriques (pluviales strictes ou irriguées). Le taux au niveau du témoin en argile, en limon et en sable varie respectivement de 1,45 à 9,35 %, de 5,12 à 9,75 % et de 74,8 à 85,77 % et est de 5,05 à 15,9 %, de 11,36 à 16,33 % et de 72,34 à 87,21 % au niveau des ouvrages aménagés. De ces valeurs, on peut dire que le sol du site expérimental est de type ferrugineux peu lessivé (sols rouge sableux) et à texture sableuse pour le témoin et sableux-limoneuse pour les ouvrages. Et ce sont les argiles et les limons fins qui ont un taux très faible au niveau du témoin qui assurent la cohésion des différents constituants des sols. Ce qui démontre que le sol au niveau du témoin a une faible capacité de rétention en eau.

Selon Piéri (1989), la teneur minimale de matières organiques du sol requis pour maintenir la structure du sol dépend de la teneur en argile et en limon, d'où les faibles niveaux de rendement observés avec le témoin (92 à 98 kg/ha) respectivement pour les deux spéculations mil et sorgho. Ce taux est de 6 à 12 fois plus faible dans les sites témoins dégradés sans ouvrages que dans les ouvrages de demi-lune conventionnelle semis direct ou des sites issus de la transplantation des plants. Ce résultat pourrait s'expliquer par la faible fertilité des sols causés par le manque d'apport en quantité suffisante et l'effet du niveau de la dégradation des terres favorisant le ruissellement. Ces résultats corroborent ceux de Sawadogo *et al.* (2006) et Ouédraogo *et al.* (2014) qui avaient montré que les rendements étaient faibles sans apport de fertilisants. De même, les travaux de l'ICRISAT en 2002 au Mali et au Niger ont montré que la mise en pratique des technologies de gestion de la fertilité des sols en milieu paysan, basées sur

des sources de matières organiques localement disponibles combinées aux engrais minéraux, permet d'augmenter de façon significative la production du mil et du sorgho. A Koulikoro au Mali, la combinaison de la fumure et du phosphate naturel de Tilemsi (une source locale de phosphore) a augmenté la production du sorgho de 62 %. A Ségou au Mali, l'utilisation de la fumure ajoutée au DAP (di-ammonium phosphate) a augmenté la production de sorgho et de mil de 40 %.

A Tillabéry au Niger, l'utilisation de la fumure a permis une augmentation de la production du sorgho de 80 %. Ce meilleur résultat obtenu au niveau des sites aménagés ne peut s'expliquer que par le rôle très imminent que jouent les ouvrages avec la disponibilité en eau dans le sol, le maintien de l'humidité dans le sol et l'amélioration de la fertilité du sol grâce aux différents apports organiques. Ce résultat corrobore ceux de Traoré *et al.* (2012) sur les effets de l'aménagement des courbes de niveau ont montré qu'elles permettent une augmentation du rendement des cultures de 30 % en moyenne, une augmentation de l'effet du fumier et des engrais, une réduction du ruissellement de 20 à 50 %, donc de l'érosion et une amélioration du front d'humectation des sols. En effet, les ouvrages demi lunes semblent être plus favorables à optimiser l'utilisation des nutriments et des eaux de ruissellement collectées par les cultures par rapport au site dégradé non récupéré, la matière organique issue de la décomposition de la fumure organique est significative sur la culture du sorgho et du mil.

Les résultats du rendement en grains obtenus sur les différents sites sont croissants en fonction des années. Ces résultats seraient expliqués par l'effet du reliquat de la matière organique issue de la décomposition des résidus des cultures de la première campagne qui aurait amélioré la structure du sol et augmenté la disponibilité en eau et en éléments nutritifs pour les cultures pendant la campagne suivante. Ce résultat corrobore celui de Ganry *et al.* (2017) qui affirment que la production est croissante en deuxième campagne si la pluviométrie est bonne à cause de l'effet de la matière organique issue de la décomposition des résidus des cultures de la première campagne qui aurait amélioré la structure du sol et a augmenté la disponibilité en eau et en éléments nutritifs pour les cultures. La densité de semis de 18 à 20 poquets au niveau des demi-lunes transplantés contre 9 à 12 poquets dans les demi-lunes en semis direct. Cette nette différence du nombre de poquet observé entre le semis direct et la transplantation ne serait s'expliquée que par l'impact de la transplantation des plants qui permet de réduire le nombre de poquets manquant qui est un problème freinant la production au niveau de ces demi-lunes par le phénomène d'engorgement, le manque de levée des poquets lors du semis direct qui est causé soit par

l'ensablement soit par la pourriture ou par des attaques des ennemis de culture.

La différence du nombre de poquet très faible observé au niveau des sites de semis direct comparé à ceux issus de la transplantation des plants qui est presque le double est lié à l'effet des différentes poches de sécheresse très longues observées en début de campagne qui provoquent la sénescence des plantes, à la fonte des semis, à l'ensablement causé par les vents en début de saison et la pourriture des semences. A ce titre, Ozer *et al.* (2010) soulignent que la sécheresse figure parmi les variables climatiques au Sahel qui jouent un rôle très important dans le processus de dégradation des terres. A cela s'ajoute aussi le rôle important de la transplantation celui de permettre à la plante d'éviter les périodes de stress hydrique intenses observé en début de campagne dont font face le semis direct impactant négativement le nombre de poquets. Ces résultats sont aussi en phase avec ceux obtenus par Alhassane *et al.* (2009) qui indiquent que les risques de ressemis sont devenus plus fréquents au cours de ces dernières années. Ce qui s'explique par le fait que la pluviométrie est le facteur climatique le plus important puisqu'elle influence fortement la productivité vivrière dans les conditions de climat de type sahélien et sahélo soudanien (Ali et Jouve, 2010).

La transplantation des plants a eu un impact sur les dates d'apparition des différentes phases phénologiques des variétés de mil HKP et sorgho Motta Maradi. En effet, chez les plants transplantés des variétés de mil HKP et sorgho Motta Maradi, l'apparition de la phase de montaison a été plus précoce (de 10 à 14 jours) que chez les plants du semis direct des mêmes variétés (Figure 12 et 13). Il ressort de l'analyse de ces mêmes figures que les différences observées dans les dates d'apparition des autres phases phénologiques telles que l'épiaison, la floraison, la grenaison et la maturité physiologique sont presque identiques à celles observées à la montaison.

Ainsi, les variétés de mil HKP et sorgho Motta Maradi transplantées ont été les premières à atteindre la maturité physiologique, 15 à 18 jours avant la date de fin de la saison agricole dans les demi-lunes pour le semis direct. Ainsi, il a été constaté que la transplantation de jeunes plants du mil et du sorgho, dès la première pluie utile, a permis de réduire la durée des différentes phases phénologiques des variétés à cycle court comme HKP et Motta Maradi. Ce résultat ne peut s'expliquer que par le fait que les plants transplantés ont échappé au stress hydrique liés aux poches de sécheresse qui sont particulièrement plus fréquents vers la fin de la saison de pluies au Sahel et ont pu réaliser leurs cycles de développement en pleine période pluies. Cette maturité précoce a permis aux paysans de

surmonté la phase critique qui est la non disponibilité et la hausse du prix des denrées alimentaires en cette période de fin de saison. De ce fait on peut affirmer que cette technique de transplantation des plants issus d'une pépinière anticipée de 3 semaines par rapport à la date de la première pluie utile, est une bonne stratégie d'adaptation des céréales pluviales à la variabilité et à l'arrêt précoce des pluies en fin de campagnes au Sahel. Ces résultats sont en phase avec ceux de Lawali (2017) sur les stratégies d'adaptation du Mil face à la variabilité et au changement climatique au Niger qui a montré que les plants transplantés des variétés des mil à cycle court (HKP et Souna 3) ont pu atteindre la maturité 2 à 3 semaines avant la fin de la saison des pluies.

Par ailleurs, concernant les rendements en grains des plants issus de la transplantation dans les ouvrages demi-lunes étaient de 1192 à 1288 kg/ha, respectivement pour le mil et le sorgho comparativement aux résultats du semis direct pour les deux spéculations qui sont nettement supérieurs à ceux obtenus sur les sites de semis direct. Ces rendements en grains sont presque deux fois plus élevés dans les ouvrages de demi-lunes transplantées que dans les ouvrages du semis direct pour toutes les deux campagnes. Le rendement en grains obtenu dans les ouvrages de demi lunes transplantées notamment pour la deuxième campagne est un peu comparable à celui indiqué dans le catalogue national des espèces végétales au Niger pour cette variété de sorgho Mota-Maradi (2000 kg/ha) (MA, 2012) malgré que l'année ait été excédentaire en pluviométrie. Ces résultats sont en déphasage avec ceux trouvés par Ambouta et Bouzou (2004) qui indiquent que l'engorgement des parcelles, suite aux pluviosités abondantes qui malheureusement ne sont pas prévisibles, serait une des contraintes de la réussite de cette technique (demi-lunes) liée à l'engorgements temporaires.

Les rendements des sites de demi-lunes transplantées pour les deux spéculations (sorgho et mil) sont nettement supérieurs pour les deux campagnes de suivi. Ce rendement en grains est presque deux fois plus élevé dans les ouvrages de demi-lunes transplantées que dans les ouvrages du semis direct pour toutes les deux campagnes. Ces résultats restent conformes à ceux obtenus par Agbaje *et al.* (2002) ; Assefa *et al.* (2007) particulièrement en ce qui concerne l'effet de la transplantation sur les rendements. En effet, ces auteurs ont plutôt observé un effet positif de la transplantation des plants sur les rendements, mais cet effet dépendrait aussi des dates de mise en place des pépinières et de transplantation des plants au champ en lien avec la date moyenne de début de la saison sous la latitude considérée, particulièrement lorsqu'il s'agit de variétés sensibles à la photopériode. En outre, l'analyse des résultats montre que la transplantation des plants, n'a pas été favorable au développement des talles, chez la

variété de mil HKP, mais a été un peu légèrement favorable pour la variété de sorgho Motta Maradi. Ce résultat peut être lié au choc temporaire de la transplantation suite à l'arrachage des plants de la pépinière et leur repiquage au champ. Ce résultat corrobore ceux de Lawali (2017) qui affirme que la technique de transplantation n'a globalement pas eu d'effet significatif sur le tallage et l'accumulation de la biomasse aérienne chez les variétés précoces HKP et SOMNO, comparativement au traitement du semis direct au champ. S'agissant du rendement en paille, la transplantation des jeunes plants au 20ème Jours Après Semis (JAS), a eu tendance à favoriser l'augmentation des rendements en grains des deux spéculations mil (HKP), sorgho (Motta Maradi).

En effet, les rendements en biomasses sont significativement plus élevés dans les ouvrages des demi-lunes transplantés que dans les ouvrages à semis direct pendant les deux à trois campagnes successives. Ces résultats corroborent ceux de Lawali (2017) qui affirme que l'un des avantages de la transplantation et la coupe des feuilles des jeunes plants est l'augmentation des rendements en grains et en pailles de ces variétés (HKP, Souna 3 et Somno). La réussite du nombre élevé de poquets est très capitale pour booster la production dans les demi- lunes car comme le montre les résultats de la figure 10, le nombre de poquets et le rendement en grains sont liés par une forte corrélation, plus ce nombre est important plus le rendement l'est aussi, et plus le nombre de poquets est faible ainsi le rendement en grains sera faible. Ces résultats sont en phase avec ceux obtenu par Lawali (2017) avec la technique de transplantation des plants de HKP âgés de 21 jours dans un champ paysan, à montrer que la production est importante en fonction du nombre de poquets. La transplantation des jeunes plants au 20ème Jours Après Semis (JAS), a tendance à freiner les impacts des séquences sèches, au vent en début de saison et surtout à la fin précoce des pluies pour en fin d'assurer l'augmentation des rendements. Ces résultats sont en phase avec ceux Winkel *et al.* (1997).

5. CONCLUSION

Cette étude a permis d'évaluer les effets de la transplantation au niveau des demi-lunes en comparaison avec le semis direct dans des demi-lunes conventionnelles sur la production du mil et du sorgho. En effet, il ressort de cette étude que la réalisation des demi-lunes conventionnelles a permis de restaurer les terres dégradées et rehausser la production du mil et du sorgho dans la région sahélienne de Tahoua, commune de Bagaroua au Niger. Ainsi, tout comme le semis direct et la transplantation au niveau des demi-lunes conventionnelles, les ouvrages ont permis la croissance et le développement des cultures du mil

et du sorgho sur des sites auparavant incultes mais récupérés à nos jours.

Toutefois, la transplantation des plants a permis une nette augmentation du nombre de poquets dans les demi-lunes et a également permis une augmentation significative des rendements en grains et en pailles chez les deux variétés HKP respectivement (1192 kg /ha) et Motta Maradi (1287 kg /ha) qui sont toutes des variétés à cycles courts comparativement au semis direct HKP (630 kg /ha) et Motta Maradi (648 kg /ha). Les résultats de cette étude permettent de dire que les demi-lunes sont des ouvrages de récupération des terres qui s'adaptent au contexte local sahélien du département de Tahoua au Niger et la transplantation dans ces ouvrages permettent d'améliorer la production agricole de manière très significative. Ceci réitère le caractère prometteur de la transplantation des plants dans les ouvrages de récupération des terres en terme, non seulement de la réduction du nombre de poquets manquant au niveau de semis direct, du retard du semis et à la plus forte fréquence d'épisodes secs en début et vers la fin de la campagne agricole, mais aussi à cela s'ajoute l'augmentation des rendements de la culture au niveau des sites récupérés, un paramètre très capital surtout dans un contexte climatique sahélien incertain de crises alimentaires répétitives.

Références

- Agbaje GO. & Olofintoye JA., 2002. Effet de la transplantation sur la croissance et le rendement du sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Tropicicultura*, 20(4), 217-220.
- Alhassane A., 2009. *Effets du climat et des pratiques culturales sur la croissance et le développement du mil (Pennisetum glaucum [L.] R.Br.) au sahel : contribution à l'amélioration du modèle SARRA-H de prévision des rendements*. UFR Biosciences-Laboratoire de physiologie végétale-Université de Cocody-Abidjan, 236 p.
- Ali A. & Jouve P., 2010. *Pratiques et stratégies d'adaptation des agriculteurs aux aléas climatiques en Afrique subsaharienne*, 49 p.
- Ambouta J.M.K. & Bouzou M.I., 2004. Expériences de récupération des sols sahéliens dégradés grâce à l'incorporation de doses variables de fumier et d'un hydro rétenteur fertilisant. *Sécheresse*, 15(1), 49-55 p.
- Assefa D., Balay M., Diress T. & Mitiku H., 2007. *Transplanting sorghum as a means of ensuring food security in low rainfall sorghum growing Areas of Northern Ethiopia*. Dry lands coordination group (DCG), report No.48 (03, 2007). ISSN : 1503-0601, 49 p.
- Bambara D., Bilgo A., Hien E., Masse D., Thiombiano A. & Hien V., 2013. Perceptions paysannes des changements climatiques et leurs conséquences socio à Tougou et Donsin, climats sahélien et sahélo soudanien du Burkina Faso. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, 74 p.
- Banque Mondiale, 2016. *L'Afrique compte restaurer 100 millions d'hectares de terres dégradées d'ici 2030*. <https://www.banquemondiale.org/fr/news/feature/2016/1/14/africas-bold-and-ambitious-endeavor-restoring-100m-hectares-of-land-by-2030>
- BMZ et al., 2012. *Bonnes pratiques de conservations des eaux et des sols : Contribution à l'adaptation au changement climatique et à la résilience des producteurs sahéliens*, 60 p.
- Caswell M., Fuglie K., Ingram C., Jans S. & Kascak C., 2001. *Adoption of agricultural production practices: lessons learned from the U.S. Department of Agriculture Area Studies Project*. Agricultural Economic Report n° 792. United State of America: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
- Daomba Hb., Nacro A. Sanon M. & Sedogo, 2011. *Effet des cordons pierreux sur l'activité biologique d'un sol ferrugineux tropical lessivé (Province du Kouitenga au Burkina Faso)*, 111 p.
- Ganry F & Thuriès L., 2017. *Intérêt des fumiers pour restaurer la fertilité des sols en zone semi-aride d'Afrique*. In : *Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens : contribution à l'agroécologie*. Roose, Eric (ed.). Marseille : IRD, pp. 179-195 p.
- Guibert H., Ulrich C. A., Dimon R. O., Dedehouanou H., Vissoh P. V., Vodouche S. D. Tossou R. C & Agbossou E. K., 2010. *Correspondance entre savoirs locaux et scientifiques : perceptions des changements climatiques et adaptations, ISDA, 2010, Montpellier 28-30 Juin, 2010*.
- Hien F.G., 1995. *La régénération de l'espace Sylvopastoral du sahel : une étude de l'effet de mesures de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso*. Thèse de l'université Agronomique Wageningen, 219 p.
- INS, 2016. *Annuaire Statistique du Niger*. http://www.statniger.org/statistique/file/Annuaire_Statistiques/Annuaire_ins_2011/agriculture.pdf
- Lawali M.N., 2017. *Stratégies d'adaptation du Mil (Pennisetum glaucum [L.] R.Br) face à la variabilité et au changement climatique au Niger*, 185 p.
- MA/DS, 2012. *Évaluation des récoltes de la Campagne agricole d'hivernage 2012 et résultats définitifs 2012-2013*. République du Niger, Ministère de l'Agriculture, Direction des Statistiques, Rapport National de Synthèse, 39 p.
- Ouédraogo M., Dembélé Y. & Somé L., 2014. Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations : cas des paysans du Burkina Faso. *Sécheresse*, 21(2), 87-96p.
- Ozer P., Hountondji Y-C. & Laminou Manzo O., 2010. Evolution des caractéristiques pluviométriques dans l'est du Niger de 1940 à 2007. *Geo-Eco-Trop*, 33, 11-30.
- Pieri C., 1989. *Fertilité des terres de savanes. Bilan de 30 ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara*. CIRAD/Ministère de la Coopération et du Développement, Paris, 444 p.
- Roose E., 2017. *Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens. Contribution à l'agroécologie*. Edition IRD, 711 p.
- Sawadogo H., 2006. *Fertilisation organique et phosphatée en système de culture zaï en milieu soudano-sahélien du*

Burkina Faso. Thèse de doctorat : Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux (Belgique), 94 p.

Svendsen M., Ewing M. & Msangi S., 2009. *Measuring irrigation performance in Africa*. IFPRI Discussion Paper, IFPRI, Washington, 189 p.

Traoré Y., Ouattara K., Yéo D., Doumbia I. & Coulibaly A., 2012. Recherche des activités antifongique et antibactérienne des feuilles d'*Annona senegalensis* Pers. (Annonaceae). *Journal of Applied Biosciences*, 58, 4234–4242.

Walkley A.J. & Black I.A., 1934. Estimation du carbone organique du sol par la méthode de titrage de l'acide chromique. *Soil Sci.*, 37, 29-38.

Winkel T., Renno J.F. & Payne WA., 1997. Effect of timing of water deficit on growth, phenology and yield of pearl millet *Pennisetum Glaucum* (L)R. Br grown in Sahelian conditions. *Journal of Experimental Botany*, 48, 1001-1009.