



# Effets de la transplantation de jeunes plants sur la croissance et le développement du mil au Niger

## Effects of seedling transplantation on the growth and development of millet in Niger

LAWALI M N<sup>1\*</sup>, ALHASSANE A<sup>2</sup>, TRAORÉ S B<sup>2</sup>, SARR B<sup>2</sup>, SEIDOU O<sup>3</sup>, BALLA A<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculté d'Agronomie, Université Abdou-Moumouni de Niamey, BP : 11011 Niamey Niger, Tél : +227 96995800.

<sup>2</sup>Centre Régional AGRHYMET, BP : 11011 Niamey Niger, Tél : +227 20315316, [b.sarr@agrhyment.ne](mailto:b.sarr@agrhyment.ne), [A.Alhassane@agrhyment.ne](mailto:A.Alhassane@agrhyment.ne), [S.Traore@agrhyment.ne](mailto:S.Traore@agrhyment.ne)

<sup>3</sup>Université d'Ottawa Canada, 75 Laurier Ave E, Ottawa, Canada, +1 613-562-5700  
(Correspondance : [adjibji@yahoo.fr](mailto:adjibji@yahoo.fr), Tél : +227 20315237).

Received July, 2017; revised December, 2017; accepted January, 2018.

### Résumé

Le mil est la plante la plus cultivée dans la zone sahélienne en général et au Niger en particulier. A l'instar des autres céréales pluviales, cette culture reste tributaire des conditions agro-climatiques et phytosanitaires très aléatoires dans la zone. Dans le but de proposer de bonnes techniques d'adaptation du mil face aux variabilités climatiques, les effets de la transplantation (précoce et tardive) de jeunes plants ont été testés sur la croissance et le développement de trois variétés de mil à savoir HKP (cycle de 90 jours), Souinna 3 (cycle de 105 jours) et Somno (photopériodique). Les résultats obtenus ont montré que la transplantation des plants, préalablement cultivés en pépinière, pendant environ un mois avant la date de début de la saison des pluies et transférés au champ dès la première pluie utile ( $\geq 15$ mm), a permis de réduire significativement la durée de la croissance végétative des plants au champ (notamment la durée du stade tallage). Elle a également permis d'augmenter les rendements en pailles et en grains des variétés à cycles courts (HKP et Souinna 3), par rapport au traitement témoin. Quant au traitement de la transplantation tardive de plants issus d'une pépinière mise en place le jour de la première pluie utile, elle a entraîné une réduction des rendements en pailles et en grains de toutes les variétés testées, sans avoir un effet significatif sur la durée des phases phénologiques. De par les résultats obtenus, on peut déduire que cette technique est assez prometteuse pour accroître la production du mil dans le contexte de variabilités climatiques au Sahel.

**Mots clés :** Agriculture, variabilités climatiques, transplantation, mil, Niger

### Abstract

Pearl millet is the most widely grown food crop in the Sahel in general and in Niger in particular. Like other rainfed cereals crops, it remains dependent on the very unpredictable agro-climatic and phytosanitary conditions in the area. In order to propose good millet adaptation strategies to climatic variability, the effects of early and late transplantation of seedlings were tested on the growth and development of three millet varieties, namely HKP (cycle duration of 90 days), Souinna 3 (cycle duration of 105 days) and Somno (photoperiod sensitive). The results showed that, the transplantation of seedlings, initially grown in a nursery for about one month before the start date of the rainy season and transferred to the field after the first useful rainfall event ( $\geq 15$  mm), significantly reduced the duration of vegetative growth period (in particular the duration of the tillering phase). It also increased straw and grain yields of short cycle varieties (HKP and Souinna 3) compared to the control. As for the treatment of late transplantation of seedlings from a nursery set up on the day of the first useful rain, it resulted in a reduction in straw and grain yields of all the varieties tested, without having a significant effect on the duration of the phenological phases. From these results, it can be deduced that, this technique is a promising strategy for adapting the millet to climate variability in the Sahel.

**Keywords:** Agriculture, climate variability, transplantation, millet, Niger

## 1. Introduction

Le Niger est un pays sahélien fortement soumis à l'influence du climat tropical aride de la zone continentale de l'Afrique de l'Ouest. Il bénéficie annuellement d'une saison des pluies inégalement réparties dans le temps et dans l'espace (juin à septembre). Cette saison des pluies est plus longue dans l'extrême sud du pays, où elle peut aller de mai à octobre, et plus courte dans la partie nord en marge du désert, où elle se limite généralement entre juillet et mi-septembre. Cette variation se traduit à travers des isohyètes qui vont d'environ 850 mm (dans l'extrême sud du pays) à 50 mm (vers la limite nord de la zone agropastorale). Ceci rend les cultures très tributaires des conditions pluviométriques et phytosanitaires très aléatoires. Le mil, bien qu'étant l'une des céréales les plus importantes qui s'adaptent le mieux aux conditions agroécologiques des milieux arides et semi-arides (Amusan et al. 2008, Sehgal et al. 2012), a fréquemment des rendements inférieurs à son potentiel en milieu paysan sahélien, du fait des effets de la grande variabilité pluviométrique et du changement climatique (Martin et al. 2016). En effet, les variabilités et le changement observés dans le climat de cette zone concernent particulièrement la pluviométrie qui, depuis plus de trois décennies, est de plus en plus insuffisante et aléatoire pour ne plus permettre de stabiliser la production agricole à des niveaux répondant aux besoins alimentaires de la population. Cette tendance est particulièrement exacerbée par une forte variabilité des paramètres clés de la saison des pluies, tels que les dates de début et de fin de saison, ainsi que les séquences sèches qui ne permettent plus aux céréales pluviales d'achever convenablement leurs cycles de développement (Winkel et al. 1997, Gautier et al. 1998, Salack 2006, Alhassane 2009, Alhassane et al. 2013).

Face à cette situation, plusieurs études ont été menées et d'énormes efforts déployés, notamment en termes de développement de stratégies et techniques d'adaptation aux variabilités et aux changements climatiques, en vue d'améliorer la productivité agricole. C'est ainsi que, dans le cadre de la lutte contre les sécheresses, dont les plus fréquentes surviennent surtout vers la fin des cycles culturaux (Traoré et Vaksman 1990, Annerose et Cornaire 1991, Cournac et al. 1993), des variétés de mil (photopériodiques et/ou de cycle court) mieux adaptées aux conditions de sécheresse ont été mises au point et vulgarisées (John 1989, FAO 2008). D'autres efforts ont porté sur la connaissance des caractères morphologiques et physiologiques de résistance du mil à la sécheresse (Winkel et Do 1992) et sur l'évaluation des effets du climat et des pratiques culturales sur sa croissance et son développement (Ben Mohamed et al. 2002, Alhassane 2009). D'après Alhassane (2009), les résultats obtenus

suite à ces efforts de recherche ont permis aux agriculteurs de cette zone aride de modifier sensiblement leurs pratiques culturales, selon les caractéristiques du milieu local. Cependant, en dépit de ces efforts, l'agriculture sahélienne continue de subir les effets néfastes des variations climatiques. Dans ce contexte, la croissance des cultures céréalières est souvent très problématique en conditions pluviales strictes, du fait particulièrement du caractère aléatoire des événements pluvieux et de l'insuffisance de l'humidité du sol assez fréquente pendant les périodes critiques d'installation et de reproduction des céréales pluviales. Le plus souvent, l'installation d'une culture comme le mil ne dévient effective qu'après un ou plusieurs échecs de semis ; ce qui engendre aux paysans, déjà meurtris par la pauvreté et la rareté des sources de revenu, des pertes énormes en semences et en capitaux. Face à ces échecs des semis, les paysans pratiquent souvent des transplantations tardives de jeunes plants de mil et de sorgho, pour combler les poquets manquants sans pour autant attendre de ces plants transplantés les mêmes performances de rendements que ceux du semis direct.

Les tendances qui s'observent dans les caractéristiques de la saison des pluies au Sahel, exigent donc le développement de nouvelles initiatives, afin de rendre le système de production céréalière plus résilient. C'est dans ce cadre qu'un essai agronomique a été conduit pour tester les comportements du mil vis-à-vis des effets de la transplantation des jeunes plants, préalablement cultivés en pépinière pendant trois à quatre semaines, avant la date normale de début de la saison des pluies dans la zone de Niamey (au Niger). Le travail a pour objectif global de tester les effets de la transplantation précoce et tardive (qui est une technique déjà connue des paysans) sur la croissance et le développement des trois variétés de mil que sont la HKP (cycle de 90 jours), la Sounna 3 (cycle de 105 jours) et la Somno (photopériodique). De façon spécifique, le test a été envisagé pour : i) trouver un moyen de minimiser l'impact de la variabilité de la pluviométrie sur la production du mil et ii) proposer une technique prometteuse d'adaptation et d'augmentation du rendement de la culture du mil dans les conditions climatiques du Sahel.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1. Conditions expérimentales et matériel végétal

Les essais ont été conduits pendant les saisons pluvieuses de 2012 et de 2013, dans le domaine expérimental du Centre Régional AGRHYMET à Niamey, au Niger (13° 29' N, 02° 10' E). Le matériel végétal de l'étude est le mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br), une plante céréalière communément appelée petit mil ou millet

(Figure 2) dont le cycle de développement est très variable selon les variétés : variétés hâtives ou précoces (75 à 90 jours), variétés semi-tardives (100 à 110 jours), variétés tardives (120 à 150 jours) et variétés photopériodiques. Pour tenir compte de cette diversité des cycles variétaux, trois écotypes de mil ont été utilisés dans le cadre de cette étude. Il s'agit de : i) la variété HKP, appelée 'Haini-Kirei Précoce' au Niger (90-95 jours) et qui est particulièrement adaptée à la zone sahélienne du Niger où son rendement potentiel en grains atteint 1,5 à 2,5 t/ha ; ii) la variété 'Somno' qui est fortement photosensible et surtout adaptée à la partie sud du pays où elle a un rendement potentiel de 2 à 3 t/ha, et ; iii) la variété 'Sounna 3', variété précoce (85 à 95 jours) développée par l'IRAT au Sénégal, avec un rendement potentiel en grains atteignant 2,5 à 3,5 t/ha.

## 2.2. Dispositif et traitements expérimentaux

Les essais ont été mis en place le 19 juin 2012 et le 06 juillet 2013, après une pluie utile de plus de 20 mm à chaque fois (Figure 1). Le dispositif expérimental est un plan d'expérience factoriel à 4 répétitions comprenant chacune 9 parcelles élémentaires (3 traitements appliqués x 3 variétés testées) de 12 m x 5 m, soit une superficie de 60 m<sup>2</sup> par parcelle. Les poquets sont équidistants de 1 m x 1 m, soit une densité de semis de 10000 poquets/ha démariés à 3 plants/poquets. Les 3 traitements testés sont : T1 (ou traitement témoin) = Semis direct des grains de mil en poquets à la première pluie utile ( $\geq 20$ mm), T2 = Transplantation précoce des plants issus d'une pépinière mise en place 21 jours avant le semis direct et T3 = Transplantation tardive de plants issus d'une pépinière de 21 jours après le semis direct.

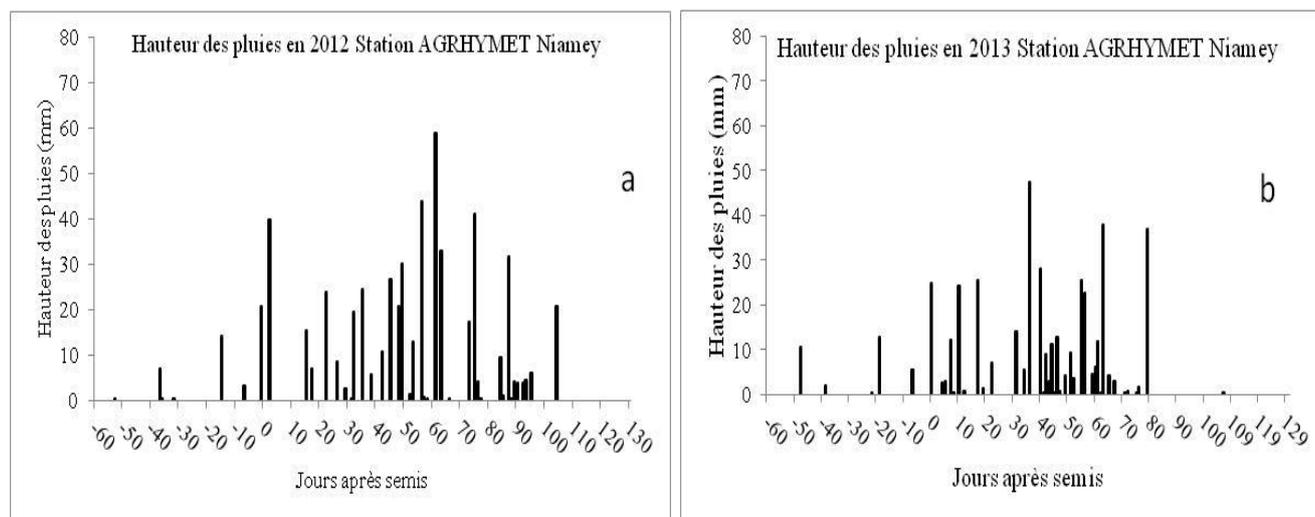
En ce qui concerne le traitement T2, pour avoir des plants âgés d'environ 21 jours à la date de la première

pluie utile, pour chaque variété il a été mis en place 4 petites pépinières de 1 m<sup>2</sup> chacune à différentes dates, à partir de la première décennie du mois de mai. L'installation et l'entretien des pépinières ont nécessité les opérations suivantes : préparation du terrain, labour superficiel (à la houe), apport d'engrais chimique sous forme de NPK (15-15-15) à une dose de 100 kg/ha, irrigations tous les 2 à 3 jours, surveillance et désherbage manuel.

Par ailleurs, juste après l'implantation de l'essai au champ, tous les traitements ont reçu des apports d'engrais chimiques par microdose, sous forme de NPK 15-15-15, à la dose de 100 kg/ha, et sous forme d'urée en deux fractions de 50 kg/ha, au tallage et à la montaison.

## 2.3. Mesures et observations

Les mesures et observations ont été effectuées sur l'essai selon une fréquence de 10 jours, établie sur la durée du cycle de développement de chaque variété, de la levée à la récolte. Elles ont porté sur le suivi des différents paramètres liés à la croissance de la plante (accumulation de la biomasse sèche par les différents organes), à son développement (apparition et développement des talles), à sa phénologie (dates de levée, de tallage, de montaison, d'épiaison, de floraison, de grenaison pâteuse, de grenaison cireuse et de maturité totale), au rendement et à ses composantes à la récolte (rendements en pailles, en épis et en grains). A cet effet, chaque parcelle élémentaire a été divisée en deux parties dont l'une a été réservée aux mesures destructives du suivi de l'accumulation de la biomasse aérienne (biomasses en feuilles, en tiges et en épis) et de la surface foliaire et l'autre aux mesures non destructives du suivi de la phénologie, du tallage et de l'évaluation des composantes du rendement à la récolte.



**Figure 1** : Pluviométries journalières recueillies en 2012 (a) et 2013 (b) au niveau du site expérimental AGRHYMET, Niamey.

## 2.4. Analyse statistique des données

Le tableur Excel a été utilisé pour la saisie des données et le calcul de certaines moyennes et l'élaboration de certains graphiques. Les composantes du rendement

ont été analysées à l'aide du logiciel GENSTAT 12 (analyse de la variance et séparation des moyennes). La séparation des moyennes a été faite par la méthode de la PPDS (Plus Petite Différence Significative) et par l'écart-type moyen pour les illustrations graphiques. Toutes les probabilités ont été appréciées au seuil de 5%.

## 3. Résultats

### 3.1. Effets de la transplantation des plants sur la phénologie

Les transplantations précoce (T2) et tardive (T3) des jeunes plants ont eu un impact sur les dates d'apparition des différentes phases phénologiques des variétés de mil HKP, 'Sounna 3' et 'Somno'. En effet, chez les plants transplantés précocement des variétés de mil HKP et 'Sounna 3', l'apparition du stade montaison a été plus précoce (de 10 à 20 jours) que chez les plants du semis direct des mêmes variétés (Figure 3). Par contre, l'effet de ce traitement a été moindre (4 à 10 jours) chez



Figure 2 : Photo des plans du mil de l'essai de 2013

la variété 'Somno' (tardive et photopériodique), par rapport aux plants du traitement témoin et à ceux de la transplantation tardive (Figure 3). Il ressort de l'analyse des six graphiques de la Figure 3 que les différences observées dans les dates d'apparition des autres stades phénologiques (épiaison, floraison, grenaison et maturité physiologique) sont du même ordre que celles observées sur la montaison. Par ailleurs, compte-tenu de leur précocité génétique, les variétés HKP et 'Sounna 3' ont été les premières à atteindre la maturité physiologique, 20 à 24 jours avant la variété tardive et photopériodique 'Somno'.

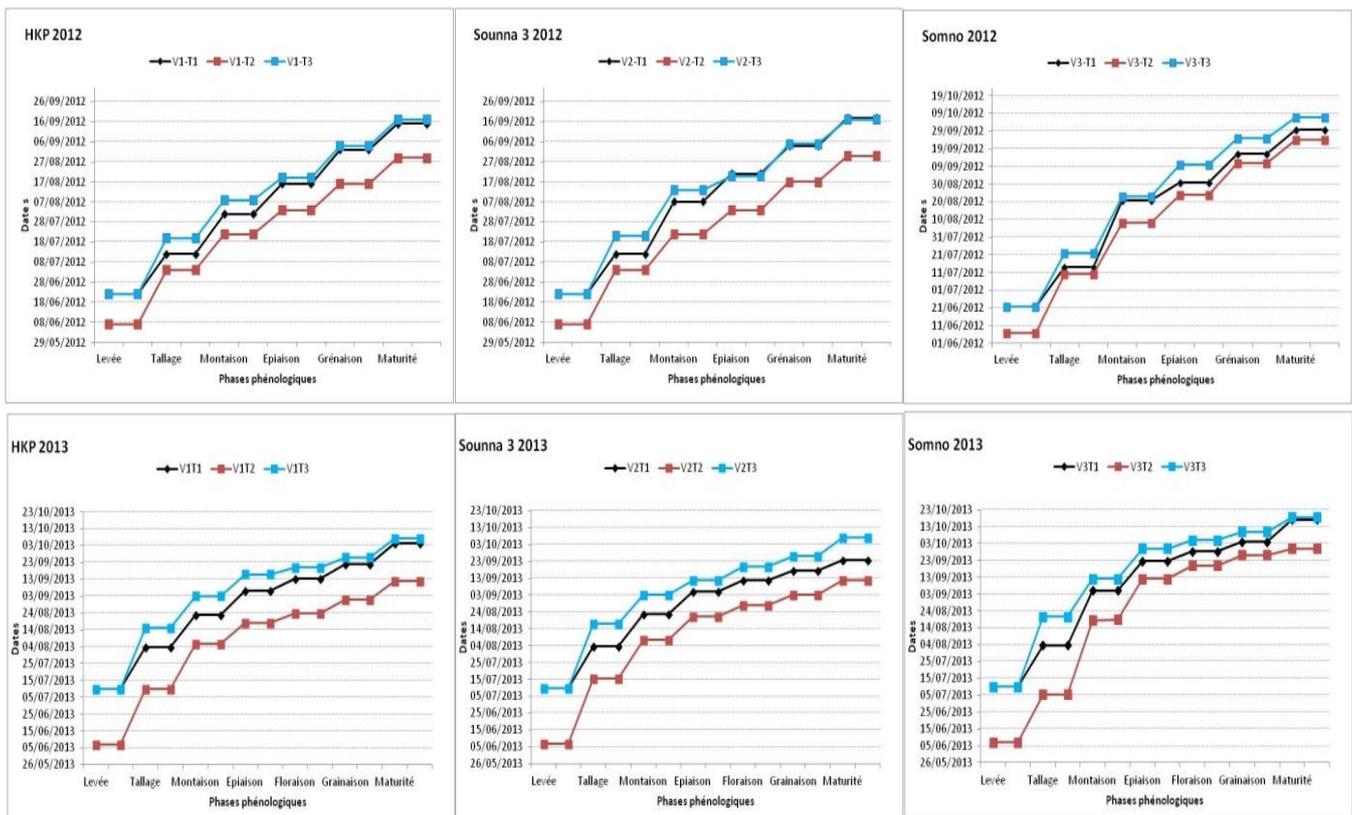


Figure 3 : Stades phénologiques des variétés V1 (HKP), V2 (Sounna 3) et V3 (Somno), en fonction des traitements T1 (Témoin), T2 (Transplantation précoce) et T3 (Transplantation tardive), durant les campagnes agricoles 2012 et 2013.

### 3.2. Effet de la transplantation sur le développement des talles

Chez les variétés de mil à cycles courts, (HKP et Souinna 3) et celle tardive et photopériodique (Somno), les transplantations précoce (T2) et tardive (T3) n'ont pas eu d'effet significativement favorable au développement des talles, par rapport au traitement témoin (Figure 4). Néanmoins, la variété de mil Somno a eu un nombre de talles plus élevé que les variétés Souinna 3 et HKP. La même tendance a été obtenue avec la transplantation tardive, du fait que la variété tardive Somno a naturellement une plus grande capacité de production de talles que celles à cycles plus courts (HKP et Souinna 3).

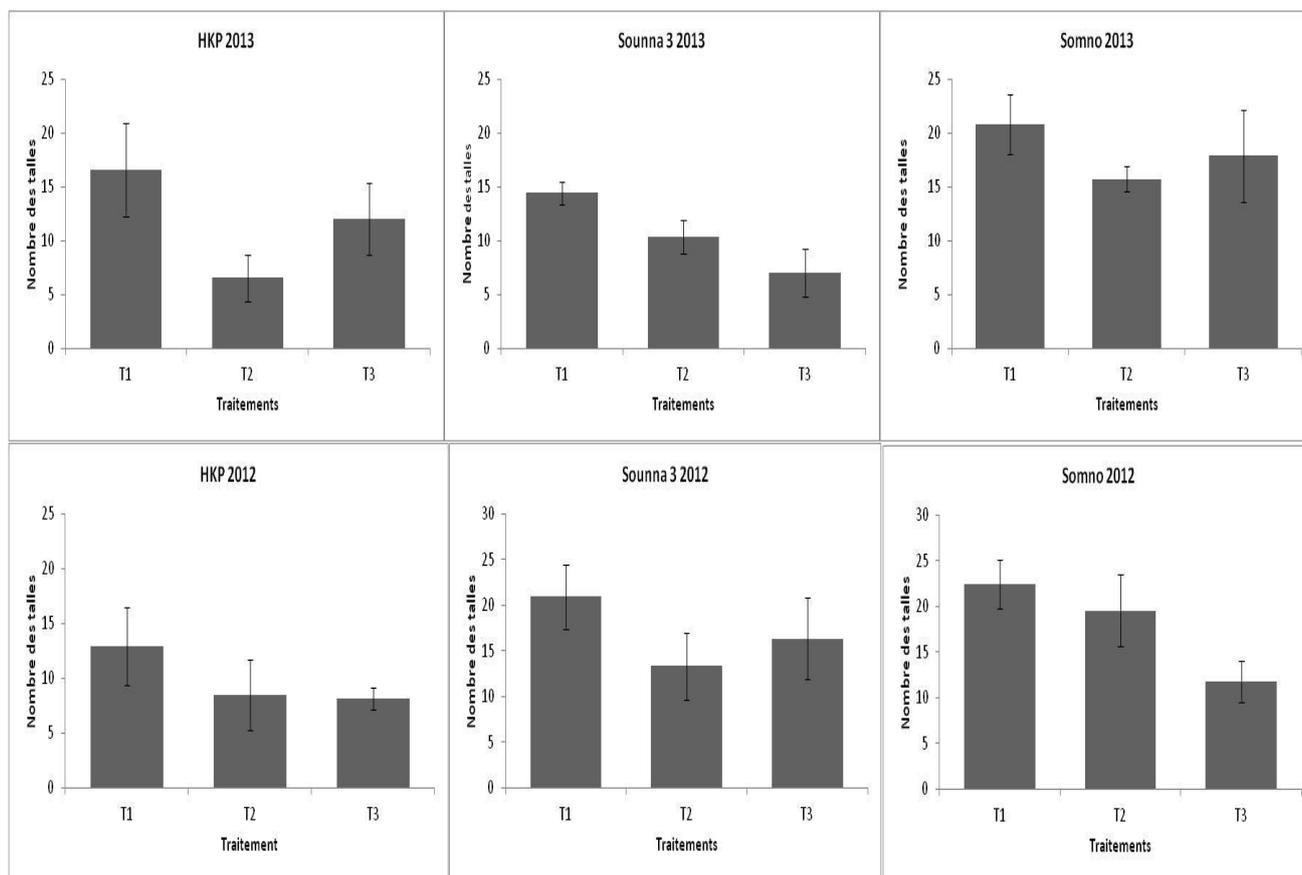
### 3.3. Effet de la transplantation sur la biomasse foliaire

Les biomasses foliaires des trois variétés de mil HKP, Souinna 3 et Somno ont significativement varié durant le cycle, en fonction des traitements testés. En effet, chez toutes les trois variétés (HKP, Souinna 3 et Somno),

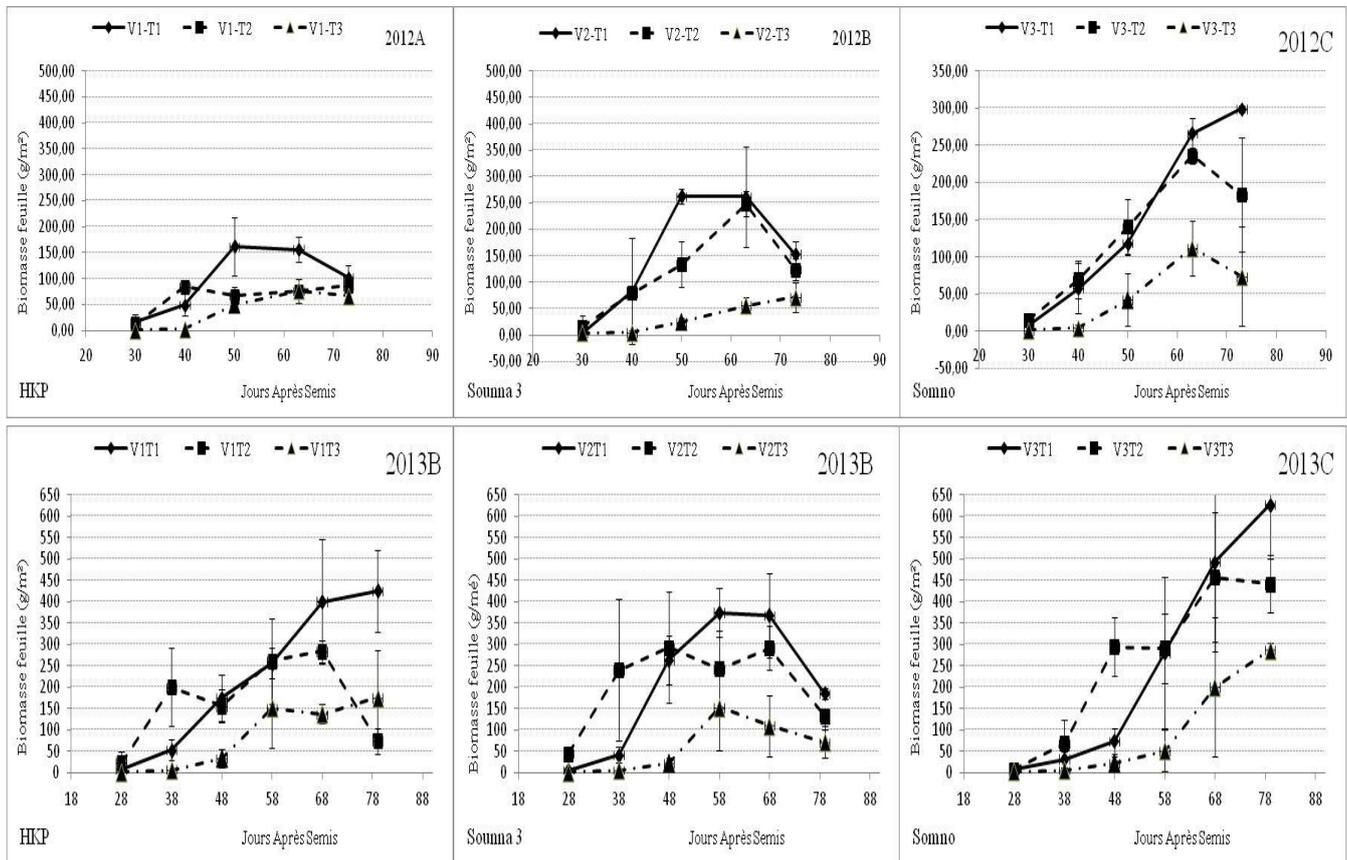
les biomasses foliaires des plants ont été globalement plus élevées avec la transplantation précoce que chez les autres traitements (témoins et transplantation tardive), jusqu'au 50<sup>ème</sup> JAS (Figure 5). Cette figure montre que les plants précocement transplantés (T2) ont eu des biomasses foliaires plus importantes jusqu'au stade épiaison, stade à partir duquel on observe un ralentissement du développement végétatif au profit de la mise en place des organes reproductifs. Quant à la transplantation tardive, elle a eu tendance à réduire significativement la biomasse foliaire, tout au long des cycles des trois variétés.

### 3.4 Effet de la transplantation sur les rendements en grains à la récolte

Les variétés précoces HKP et Souinna 3 ont donné des rendements en grains plus élevés que celui de la variété tardive et photopériodique Somno et, ceci avec tous les traitements appliqués (Tableau 1). L'analyse des effets de ces traitements a en outre montré que les variétés à



**Figure 4** : Variation du nombre de talles vivantes au 70<sup>ème</sup> jours après le semis des variétés V1 (HKP), V2 (Souinna 3) et V3 (Somno), en fonction des traitements T1 (Témoin), T2 (Transplantation précoce) et T3 (Transplantation tardive), testés pendant les campagnes agricoles 2012 et 2013. Les barres verticales représentent les écarts types moyens.



**Figure 5 :** Évolution des poids secs des feuilles des variétés V1 (HKP), V2 (Souma 3) et V3 (Somno), en fonction des traitements T1 (Témoin), T2 (Transplantation précoce) et T3 (Transplantation tardive), pendant les campagnes agricoles 2012 et 2013. Les barres verticales représentent les écarts types moyens.

**Tableau 1 :** Rendements grains (Kg/ha) des variétés du mil HKP, Souma3 et Somno, en fonction des traitements T1, T2 et T3, pendant les campagnes agricoles 2012 et 2013.

Année	Traitements	Variété HKP (Kg/ha)	Variété Souma 3 (Kg/ha)	Variété Somno (Kg/ha)
2012	T1	1325abc	1148abc	671cd
	T2	1448ab	1738a	372d
	T3	1174abc	775bcd	700cd
2013	T1	848bc	1001bc	824bc
	T2	1228ab	1673a	714cd
	T3	493cd	666cd	270d

Variétés du mil : V1=Variété HKP, V2=Souma 3, V3= Variété Somno, T1= Semis direct ou Témoin, T2= Transplantation précoce de jeunes plants, T3= Transplantation tardive de jeunes plants. Les traitements suivis des mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

cycles plus courts (HKP et Souinna 3) ont eu des rendements en grains plus élevés avec la transplantation précoce qu'avec la transplantation tardive et le semis direct (témoins). La différence entre ces traitements a été plus significative en 2013, avec par exemple des rendements en grains de la variété Souinna 3 atteignant 1673 kg/ha, pour le traitement de la transplantation précoce, contre 1001kg/ha, pour le traitement témoin de la même variété (Tableau 1). Aussi, ce tableau montre qu'en 2012 le meilleur rendement en grains (1738 kg/ha) a été obtenu avec le traitement de la transplantation précoce (T2) de la même variété Souinna 3. Chez les variétés de mil précoces HKP et Souinna 3, les rendements donnés par les plants de la transplantation tardive ont été constamment moins élevés que ceux fournis par les traitements de la transplantation précoce et du témoin. Par contre, chez la variété tardive Somno, il n'y a pas eu de différences significatives entre le traitement témoin (T1) et les transplantations T2 et T3, sauf en 2013 où le traitement témoin a produit plus de grains (824 kg/ha) que la transplantation tardive des plants (T3 = 270 kg/ha).

#### 4. Discussion

Il est indiqué dans les différents rapports du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC 2007 et 2013) que le climat a changé et il continuera de changer tant que la tendance actuelle se maintient. Ce changement engendre des fortes variabilités et des impacts qui sont beaucoup plus perceptibles dans les zones déjà fragilisées, comme le Sahel. En effet, depuis la fin des années 1970, le réchauffement a atteint 0,2°C à 0,8°C par décennie en Afrique de l'Ouest, contre 0,13°C au niveau global (GIEC 2007, Bationon 2009). En plus, les projections futures montrent que l'augmentation de la température sera plus importante sur le continent africain qu'ailleurs (Met Office 2010). Ce réchauffement climatique pourrait davantage détériorer la croissance et la productivité des cultures, notamment dans les pays du Sahel où les extrêmes climatiques (sécheresse, inondation, vents violents) connaissent déjà une fréquence fulgurante (Christine et Heike 2011). Le mil est l'une des cultures les plus adaptées aux conditions pluviales de cette zone, mais avec des rendements très aléatoires et limités par l'accentuation de la variabilité pluviométrique et l'essor inquiétant des risques agro-climatiques.

La présente étude doit son importance au fait qu'elle tente de répondre à cette situation, à travers le test de la transplantation de jeunes plants du mil comme une pratique culturale résiliente face aux irrégularités pluviométriques au Niger et au Sahel. Les résultats obtenus ont montré que cette technique permet de réduire l'impact de la variabilité pluviométrique sur l'installation de la culture du mil qui est souvent erratique au Sahel. En effet, cette étude a permis de constater que la

transplantation précoce de jeunes plants de mil au champ, dès la première pluie utile, a permis la réduction de la durée des différentes phases phénologiques des variétés de mil à cycles courts, comme HKP et Souinna 3. Il est en effet important de rappeler que les plants précocement transplantés des variétés de mil HKP et Souinna 3 ont atteint la maturité totale, environ trois semaines avant la date médiane de fin de la saison des pluies, se situant entre la deuxième et la troisième décennie du mois de septembre au Sahel (Alhassane et al. 2013). Ces résultats obtenus pendant deux saisons expérimentales dans les conditions du site de Niamey au Niger, incarneraient une importance agronomique non négligeable, du fait que cette technique de transplantation précoce permet aux plants des variétés précoces de mil comme HKP et Souinna 3 d'éviter les effets des poches de sécheresse qui sont particulièrement plus fréquentes en début et vers la fin de saison des pluies au Sahel.

De tels effets positifs n'ont pas pu être observés chez la variété tardive de mil (Somno), du fait probablement de son comportement photopériodique. En effet, Vaksman et al. (1996), Clerget (2004), Alhassane (2009) et Traoré et al. (2011) ont montré que les variétés photopériodiques de mil et de sorgho prolongent leurs cycles de croissance ; lorsqu'elles sont semées à des dates précoces auxquelles le traitement de la transplantation précoce testé dans cette étude peut être assimilé. Par contre, cette 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. Elle a toutefois permis une légère augmentation du nombre de tiges, donc la matière sèche des feuilles et des tiges, chez la variété de mil Souinna 3. Elle a également permis l'augmentation des rendements en grains et en pailles chez toutes les deux variétés à cycles courts (HKP et Souinna 3). Ceci réitère le caractère prometteur de cette transplantation précoce en termes, non seulement de réduction de la sensibilité des cycles variétaux (les plus répandues au Sahel) à la grande variabilité pluviométrique et à la plus forte fréquence d'épisodes secs en début et vers la fin de la saison agricole (Alhassane et al. 2013), mais aussi d'augmentation des rendements de la culture dans ce contexte climatique incertain.

Quant à la transplantation tardive des jeunes plants de mil (à 21<sup>ème</sup> jour après semis), elle a eu tendance à compromettre le tallage et à retarder la montaison, sans pour autant affecter significativement la durée globale des cycles des différentes variétés de mil testées. Elle a aussi eu un effet négatif sur l'accumulation de la biomasse aérienne (feuilles, tiges et épis), avec toutefois une légère tendance à l'augmentation des rendements en grains de la variété tardive et photopériodique (Somno). Cette petite performance pourrait s'expliquer par une plus grande résistance des plants transplantés de cette

variété aux sécheresses de fin de saison des pluies, par rapport aux plants du semis direct.

Cette transplantation tardive, équivalente à la pratique traditionnelle des paysans pour combler les vides laissés par les poquets manquants dans les champs, a eu tendance à retarder l'apparition des différentes phases phénologiques, à partir de la montaison. Par ailleurs, il est important d'indiquer que la transplantation des jeunes plants, qu'elle soit précoce ou tardive, n'est pas toujours favorable au développement des talles chez les variétés de mil, du fait certainement de la stimulation à la montaison rapide qu'auraient reçus les plants qui sont arrachés d'une pépinière avant d'être transplantés au champ. Ce stress, aurait orienté la réaction des plants à ne plus perdre du temps à développer des talles, en anticipant sur les autres phases phénologiques (montaison, épiaison-floraison et maturation), pour permettre à la plante de boucler son cycle, avant de subir un autre choc. Il est certes connu que la date de semis joue sur la croissance et le développement des variétés de mil sensibles (Vaksmann et al. 1996, Clerget 2004, Alhassane 2009, Traoré et al. 2011), mais l'objectif visé à travers la mise en place de pépinières facilement irrigables et le test de la transplantation précoce et tardive de jeunes plants de mil (par rapport au semis direct) est d'apprécier si cette technique peut servir de stratégie pour réduire les échecs de semis et de récoltes souvent occasionnés par la récurrence des déficits pluviométriques au Sahel, notamment en début et vers la fin de la saison agricole.

Ceci clarifie l'importance des résultats de cette étude qui sont conformes à ceux obtenus par Agbaje et Olofintoye (2002), Young et Mottram, (2003a, 2003b), Assefa et al. (2007), en particulier pour ce qui concerne l'effet de la transplantation sur les rendements. En effet, ces auteurs ont observé un effet positif de la transplantation des jeunes plants sur les rendements, mais en lien avec d'autres facteurs, comme les conditions hydriques (pluviales strictes ou irriguées), la date de la mise en place de la pépinière, la date de la transplantation des plants au champ, la date moyenne de début de la saison des pluies et la sensibilité à la photopériode.

## 5. Conclusion

Les résultats de la présente étude révèlent un intérêt à considérer dans le choix des techniques avantageuses pour l'adaptation de la culture du mil à la variabilité climatique et à l'augmentation des rendements du mil, notamment dans le contexte sahélien caractérisé par une forte variabilité pluviométrique. Le mil a tendance à adopter un comportement particulier favorable à l'amélioration de l'ensemble des paramètres étudiés sur la plante. La transplantation des plants peut constituer une bonne pratique agricole permettant à la culture du mil d'éviter les impacts négatifs liés aux séquences sèches, aux vents de sable et à l'arrêt précoce des pluies, tout en augmentant son rendement par le fait qu'elle permet

l'atteinte de la maturité totale assez tôt vers fin août, à un moment où les conditions hydriques sont encore bonnes au Sahel.

Toutefois, ces résultats méritent d'être évalués par rapport aux tendances climatiques futures (notamment celles liées à l'évolution de la pluviométrie et des températures), à l'aide d'un ou de plusieurs modèles agronomiques utiles pour une étude d'impacts climatiques. Ils devraient aussi être consolidés à travers des tests en milieu paysan. Ceci doit constituer une perspective à court terme pour la présente étude.

## 6. Remerciements

Cet article est rédigé dans le cadre du Projet « faire Face au Changement Ensemble (FACE) », financé par le Centre de recherche pour le Développement International (CRDI), et mis en œuvre par le Centre Régional AGRHYMET de Niamey au Niger, en collaboration avec d'autres institutions partenaires dont l'Université Abdou Moumouni de Niamey.

## 7. Intérêts concurrents

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun intérêt concurrentiel.

## 8. Contributions des auteurs

LMN, AA et SO ont réalisé l'étude. LMN et AA ont écrit le manuscrit. TSB, SB et BA ont supervisé le travail. Tous les auteurs ont lu et approuvé le manuscrit final.

## References

- Agbaje G O and Olofintoye J A (2002). Effects of transplanting on yield and growth of grain sorghum (*sorghum bicolor* (L.) Moench). Technical Notes, Tropicultura 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. *Thèse de Doctorat*, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 236p.
- Alhassane A, Salack S, Ly M, Lona I, Traoré SB and Sarr B (2013). Évolution des risques agro-climatiques associés aux tendances récentes du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne. *Sécheresse* 24, 282–293.
- Amadou M (1994). Analyse et modélisation de l'évaporation-transpiration d'une culture de mil en région aride sahélienne. *Thèse de Doctorat*, Université Paris XI ORSAI, France, 106p.
- Amusan I O, Rich PJ, Menkir A, Housley T and Ejeta G (2008). Resistance to *Striga hermonthica* in a

- maize inbred line derived from *Zea diploperennis*. *New Phytol.* 178, 157-166.
- Annerose D and Cornaire B (1991). Premiers acquis du CERAAS sur la physiologie de l'adaptation à la sécheresse de quelques espèces cultivées, Gestion Agro climatique des précipitations : Une voie de réduction du « gap technologique » de l'agriculture tropicale africaine. Bamako, 9-13 Décembre, 25p.
- Assefa D, Balay M, Diress T and 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*, ISSN: 1503-0601, 49p.
- Bationon DY (2009). Changements climatiques et cultures maraichères au Burkina Faso. Mémoire de Master géographie, Université de Ouagadougou, 61p.
- Ben Mohamed A, Van Duivenbooden N and Abdoussallam S (2002). Impact of climate change on agricultural production in the Sahel-part 1: Methodological approach and case study for millet in Niger. *Climatic Change* 54, 327-348.
- Christine C et Heike H (2011). Adapter l'agriculture africaine au changement climatique ; Plate-forme internationale, 4p.
- Clerget B (2004). Le rôle du photopériodisme dans l'élaboration du rendement de trois variétés de sorgho cultivées en Afrique de l'Ouest. *Thèse de doctorat*, Institut National Agronomique, Paris, France, 96p.
- Cournac I, Do F and Winkel T (1993). Elaboration d'un modèle de réponse de la croissance et du rendement du mil à un déficit hydrique de fin de cycle : mil-stress. *Rapport interne*, Institut des radio-isotopes, Niamey, Niger. 41p.
- FAO (2008). Catalogue Ouest Africain des Espèces et Variétés Végétales. Rome Italie, ISBN : 978-92-5-205965-3, 113 p.
- Gautier F, Lubes-Niel H, Sabatier R, Masson JM, Paturel JE and Servat E (1998). Variabilité du régime pluviométrique de l'Afrique de l'Ouest non sahélienne entre 1950 et 1989. *Hydrological Sciences Journal* 43, 921-935.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC 2013). Résumé à l'intention des décideurs, Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième *Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [sous la direction de Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York (État de New York), États-Unis d'Amérique, 34p.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC 2007). Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième *Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de~)]. GIEC, Genève, Suisse, 103 p.
- John L (1989). Amélioration de la productivité du mil pénicillaire (*Pennisetum americanum*[L.] au Niger. Conditions de travail et principales orientations de la recherche en matière de sélection variétale, *Journal des Plantes Vivrières Tropicales* 9, 83-89.
- Martin KI, Lenny GJB, Joost W, Patricio G, Justin W, Nicolas G, Lieven C, Hugo G, Keith W, Daniel MDC, Haishun Y, Hendrik B, Pepijn AJO, Marloes PL, Kazuki S, Ochieng A, Samuel AN, Alhassane A, Abdullahi B, Regis C, Kayuki K, Mamoutou K, Joachim HJRM, Korodjouma O, Kindie T and Kenneth GC (2016). Can sub-Saharan Africa feed itself? *PNAS Journal*: [www.pnas.org/cgi/](http://www.pnas.org/cgi/).
- Met Office (2010). Climat sahélien : rétrospective et projections. United Kingdom, 20 p.
- Njajou OT, Vaessen N, Joosse M, Berghuis B, van Dongen JWF, Breuning MH, Snijders PJLM, Rutten WPF, Sandkuijl LA, Oostra BA, van Duijn CM and Heutink P (2001). A mutation in SLC11A3 is associated with autosomal dominant hemochromatosis. *Nature Genetics* 28, 214-215.
- Salack S (2006). Impacts des changements climatiques sur la production du mil et du sorgho dans les sites pilotes du plateau central, de Tahoua et de Fakara. *Rapport CILSS*, Niamey, Niger.
- Santens P (1976). Agriculture spéciale : le Mil. IPDR, Kollo, Niger, 54 p.
- Sehgal D, Rajaram V, Armstead, IP, Vadez V, Yadav YP, Hash CT and Yadav RS (2012). Integration of gene-based markers in a pearl millet genetic map for identification of candidate genes underlying drought tolerance quantitative trait loci. *BMC Plant Biology Journal* 12, 9. doi: 10.1186/1471-2229-12-9.
- Traoré SB, Alhassane A, Bertrand M, Mamoutou K, Léopold S, Benjamin S, Pascal O, Ambroise CSL, Safiatou S, Vaksman M, Diop M, Dingkhun M and Baron C (2011). Characterizing and modeling the diversity of cropping situations under climatic constraints in

- West Africa. Atmos. Sci. Let. 12, 1, <http://www.agrhymet.ne>.
- Traoré S.B et Vaksmann M, (1990). Caractérisation des risques de sécheresse en zone soudano-sahélienne. *Communication* au second atelier du 30 avril au 05 mai 1990 ; Résultats du Mali. PF1 et PF2. R3S parcelle, Bamako, Mali.
- Vaksmann M, Traoré S B and Niangado O (1996). Le photopériodisme des sorghos africains. *Agriculture et développement* 9, 13-18.
- Winkel T and DO F (1992). Caractères morphologiques et physiologiques de résistance du mil *Pennisetum glaucum* (L) R.Br.) à la sécheresse. *Agronomie Tropicale* 46, 4, 339-351.
- Winkel T, Renno JF and Payne WA (1997). Effect of the 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.
- Young EM and Mottram MA (2003a). Transplanting sorghum and millet. A key to risk management. <http://www.fao.org>.
- Young EM and Mottram MA (2003b). Transplanting sorghum and millet. A key to risk management. <http://www.fao.org>.