

Caractérisation agro-morphologique de 18 accessions de fonio pour leur adaptation saisonnière au Burkina Faso

Mandinatou NIAONE^{22,2}, Abdourasmane KONATE¹,
Issa WONNI¹, Adama ZONGO²³, Elizabeth ZIDA¹,
Mahamoudou SAWADOGO²⁴

Résumé

Dans le contexte actuel de changement climatique, la production du fonio à toutes les saisons pourrait contribuer à faire face à l'insécurité alimentaire. C'est dans cette optique, que la présente étude a été initiée afin de comparer les caractères agro-morphologiques de 18 accessions de fonio en saison sèche et humide sur la station expérimentale de Farako-Bâ. Deux essais ont été implantés respectivement en août 2020 (saison humide) et février 2021 (saison sèche) selon un dispositif en blocs incomplets en trois répétitions. Au total, neuf caractères dont huit caractères quantitatifs et un qualitatif ont été collectés. Des 18 accessions, quatre n'ont pas épiées. Les résultats ont montré des différences hautement significatives entre les accessions pour tous les caractères au cours de la saison humide, contrairement à la saison sèche. Les accessions sont organisées en trois groupes quelle que soit la saison de culture, avec un groupe constitué de géotypes très performants ayant un rendement moyen de 1800 kg/ha et un cycle semis 50 % floraison un peu long (55 jours). De façon remarquable, l'accession CBF60 a exprimé le rendement le plus élevé au cours des deux saisons (1771,2 kg/ha en saison humide et 1905,3 kg/ha en saison sèche). Ces résultats prouvent que la culture du fonio pourrait se faire à toutes les saisons pour peu qu'on dispose de variétés adaptées.

Mots clés : Fonio, variabilité agromorphologique, accession, rendement, saison

Agro-morphological characterization of 18 fonio accessions for their seasonal adaptation in Burkina Faso

Abstract

In the current context of climate change, fonio production in all seasons could contribute to reduce food insecurity. Our study was initiated to compare the agro-morphological performance of 18 fonio accessions in the dry and wet seasons at the Farako-Bâ experimental station. Two trials were set up respectively in august 2020 (rainy season) and february 2021 (dry season) according to an α -design. A total of eight quantitative and one qualitative were collected. Among the 18 accessions, four did not spike. ANOVA showed highly significant differences among accessions for all traits in the wet season, in contrast to the dry season. The CAH classified the accessions into three groups regardless of the growing season, with a group of high performing genotypes having an average yield of 1800 Kg/ha and a slightly long semi- heading cycle (55 days). Interestingly, CBF60 accession had the highest yield in both seasons (1771,2 Kg/ha in rainy season and 1905,3 Kg/ha in dry season). These results show that fonio can be grown in all seasons provided that suitable varieties are available.

Keywords: Fonio, variability agromorphological, accessions, yield, season

²² Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP 910 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

²³ Université de Dédougou, BP 176 Dédougou, Burkina Faso

²⁴ Université Joseph Ki-Zerbo, Ecole Doctorale Sciences et technologies, Laboratoire Biosciences, Equipe Génétique et Amélioration des Plantes (EGAP), Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

*Auteur correspondant : Email : kadougoudiou@gmail.com

Introduction

Le fonio (*Digitaria exilis*), herbacée monoïque annuelle est une céréale mineure originaire de l'Afrique de l'Ouest (CRUZ,2001). Plus de la moitié de la superficie mondiale de sa culture se trouve en Afrique. Sa zone de culture s'étend du lac Tchad jusqu'au Fouta Djallon. La Guinée Conakry occupait la 1^{ère} place avec une production de 250 000 t en 2004 (CRUZ,2007). Au Burkina Faso, le fonio occupe le 5^{ème} rang des céréales après le sorgho, le mil, le maïs et le riz. Mais sa production annuelle est très variable et était estimée à 11 270 t pour la campagne agricole 2019. Au regard de son faible rendement (797Kg/ha en moyenne) et les contraintes d'ordre biotique et même abiotique (peu d'attention par la recherche) liées à sa production, le fonio demeure une céréale négligée malgré sa rentabilité économique (PARAÏSO *et al.*, 2011). La production du fonio présente une marge nette de 88 000 FCFA à l'hectare de fonio paddy (USAID, 2008). Selon PORTERES (1955), le fonio est considéré comme un briseur de faim périodique, donc une céréale de soudure par excellence. Avec une composition proche de celle du riz, le fonio est moins riche en protéines, mais il est réputé pour ses fortes teneurs en acides aminés indispensables comme la méthionine et la cystine (FLIEDEL *et al.*, 2004). Il est également la deuxième céréale la plus riche en fer (8,5mg/100g) après le sorgho (11mg/100g). Avec un indice glycémique bas, il peut être utilisé comme un bon régime pour les personnes diabétiques (SAGBADJA *et al.*, 2006 ; VODOUHE *et al.*, 2006). Il est également conseillé pour les personnes ayant une intolérance au gluten, car dépourvu de gluten. Riche en fibres, le fonio est très digeste et convient à l'alimentation des enfants et des personnes âgées. Il est habituellement consommé sous forme de couscous ou de bouillie (ASSAMOI, 1998) ; mais de nombreuses autres préparations culinaires sont possibles (salades, gâteaux, beignets...). En pharmacopée locale, il est utilisé dans les régimes amaigrissants pour traiter les cas d'obésité (AFFOKPE, 2015) et les diabétiques (SAGBADJA *et al.*, 2006 ; VODOUHE *et al.*, 2006).

De plus, le fonio résiste à la sécheresse grâce à son métabolisme en C4 et participe au maintien de l'environnement en assurant une couverture végétale sur des sols écologiquement fragiles et peu valorisés (CRUZ, 2004 ; CRUZ *et al.*, 2011 ; VALL *et al.*, 2011). Dans le contexte de changement climatique avec les sols devenant de plus en plus pauvres, le fonio serait un atout pour les producteurs. Bien que des efforts aient été faits dans la création variétale et la production de semences, seulement trois variétés de fonio ont été inscrites dans le catalogue national des semences végétales. Les rendements sont relativement faibles (600 à 700 kg/ha) en comparaison avec les autres céréales. La sensibilité au photopériodisme, un caractère agronomique d'intérêt pour les variétés locales, donne une large gamme d'adaptation aux changements climatiques (VAKSMANN *et al.*, 1996). De plus, dans le cadre d'une agriculture intensive, la culture en toute saison procurait une disponibilité permanente. C'est dans cette optique que cette étude a été initiée. Elle a pour objectif général de contribuer à l'augmentation durable de la production du fonio au Burkina Faso. De façon spécifique il s'agira (i) d'évaluer les caractères agronomiques des accessions locales et de variétés exotiques au cours des saisons humide et sèche ; (ii) de déterminer les accessions photopériodiques et (iii) comparer leurs performances au cours des deux saisons.

I. Matériel et Méthodes

1.1. Site d'étude

L'étude a été conduite à la station expérimentale de Farako-Bâ située à 10 km de la ville de Bobo-Dioulasso sur la Route Nationale numéro 7 de l'axe Bobo-Banfora. Ses coordonnées géographiques sont 04°20' de longitude ouest, 11°06' de latitude nord (I.G.B., 2004). Le climat est de type sud soudanien et est caractérisé par une pluviométrie qui varie de 900 à 1100 mm

(TANKAONO, 2017). Le sol est de type ferrugineux tropical, pauvre en argile (7,8%) et en matière organique (0,8%) avec une faible capacité d'échange cationique. La station possède une savane herbeuse à arborée assez dense par endroit. Au cours de notre expérience, la pluviométrie était de 1221 mm et 857 mm en fin août respectivement en 2020 et 2021.

1.2. Matériel végétal

Au cours de l'étude, 18 accessions dont 11 provenant du Burkina Faso, trois du Sénégal et quatre du Mali ont été évalués. Ces accessions ont été obtenues grâce à la collaboration de ces pays dans le cadre du projet ABEE (West Africa Breeding networks and Extension Empowerment). Les provenances des accessions sont consignées dans le tableau I.

Tableau I : Liste du matériel végétal et leur origine

Noms variétés / accessions	Code accession	Origine géographique
CVF109	E1	Burkina Faso
CVF186	E2	Burkina Faso
CVF234	E3	Burkina Faso
CVF318	E4	Burkina Faso
CVF416	E5	Burkina Faso
CVF424	E6	Burkina Faso
CBF43	E7	Burkina Faso
CBF56	E8	Burkina Faso
CBF59	E9	Burkina Faso
CBF60	E10	Burkina Faso
CBF61	E11	Burkina Faso
Ech01	E12	Sénégal
Ech03	E13	Sénégal
Niata	E14	Sénégal
Solosso	E15	Mali
Bankokokountré	E16	Mali
Tongo	E17	Mali
Peazo	E18	Mali

1.3. Dispositif et pratiques culturales

Les essais ont été conduits de juillet 2020 à juillet 2021. Le dispositif utilisé est un bloc incomplet, comportant trois sous-blocs de six accessions chacun en trois répétitions. Chaque accession a été semée en ligne continue sur six lignes de 4 m. Les écartements entre les lignes et parcelles élémentaires sont de 0,8 m, entre les sous-blocs et les répétitions de 1,5 m. La superficie de chaque parcelle élémentaire est de 16 m² (4 m x 4 m). Le sarclage a été effectué au besoin (pour le 1^{er} sarclage environ deux semaines après semis). L'arrosage au cours de la saison sèche a été effectué par un système d'irrigation par aspersion tous les trois jours. L'engrais NPK 14-23-14 a été appliqué à la dose de 100 kg/ha deux semaines après les semis et l'urée à la dose de 50 kg/ha respectivement à 30 jours après les semis et au stade tallage.

1.4. Collecte de données

La collecte des données a commencé au stade de 50% floraison de chaque accession par parcelle élémentaire. Au total neuf caractères agro-morphologiques ont été collectés dont huit caractères quantitatifs parmi lesquels six ont été collectés au cours de la croissance et deux après la récolte et un seul caractère qualitatif.

Les caractères mesurés sont :

- la date 50% floraison (CSE). C'est le nombre de jours après semis pour voir apparaître 50 % des plants fleuris sur une parcelle ;
- la date 50% maturité (CSM). Elle est évaluée en nombre de jours après semis pour que 50% des plants d'une parcelle possèdent des graines de couleur marron ou pourpre ;
- la hauteur des plantes (HP). Mesure de la moyenne de trois plantes par parcelle effectuée à 50% floraison de la base à l'extrémité de la dernière panicule à l'aide d'une règle graduée en centimètres ;
- le rendement grains (Rdt). C'est le poids des graines d'une superficie de 4 lignes centrales d'une parcelle ramené en un hectare.
- le nombre de talle par plante (NT). Il est obtenu par la moyenne du nombre de talle de trois plantes par parcelle.
- la longueur de la feuille paniculaire (LOD). Elle est mesurée en centimètre (cm) à l'aide d'une règle graduée en faisant la moyenne des longueurs des feuilles d'une panicule de trois plantes par parcelle.
- la Largeur de la feuille paniculaire (LAD). Elle est mesurée en millimètre (mm) à l'aide d'une règle graduée en faisant la moyenne des largeurs des feuilles d'une panicule de trois plantes par parcelle.
- le poids 1000 grains (P1000Gr). Elle est réalisée après la récolte. Elle correspond au poids de 1000 grains par parcelle en grammes ;
- la photopériode a été observée sur l'ensemble des variétés évaluées au cours de notre étude. Toutes les variétés qui ont présenté des épis sont considérées comme non photosensibles et celles qui n'ont pas épié sont considérées comme photosensibles.

1.5. Analyse de données

Le tableur EXCEL a été utilisé pour apprécier la variabilité agro morphologique des accessions à travers les analyses descriptives des caractères quantitatifs. Le logiciel XLSTAT 2018 a servi pour les analyses bivariée et multivariée. Il s'agit de l'analyse de variance (ANOVA) avec les caractères quantitatifs pour identifier les caractères qui discriminent les accessions étudiées ; du test de séparation des moyennes par le test de Fisher au seuil de probabilité de 5% ; la matrice de corrélation de Pearson, l'analyse en composantes principales (ACP) pour étudier les relations entre les caractères quantitatifs et la classification ascendante hiérarchique (CAH) pour établir la structuration des accessions étudiées. L'héritabilité au sens large (H^2) a été calculée avec le logiciel ARIS.

II. Résultats

A l'issue de l'essai en saison sèche, quatre accessions notamment CVF186, CVF318, CVF416 et CVF424 n'ont pas épié. Par conséquent, l'analyse des données quantitatives a porté sur 14 accessions.

2.1. ANOVA des caractères agro-morphologiques

Le tableau II représente les résultats de l'analyse de variance des 14 accessions testées en saison humide et sèche par rapport aux caractères mesurés. Dans ce tableau, nous notons qu'il n'y a pas de différence significative entre les caractères largeur de la feuille paniculaire (LAD) et longueur de la feuille paniculaire (LOD) en saison sèche. Leurs moyennes respectives sont 4,1 mm et 11,2 cm. Cependant, des différences significatives existent entre les accessions pour les autres caractères.

Pour le caractère cycle semis 50 % floraison (CSE), l'analyse de variance a montré une différence hautement significative ($P < 0,0001$) entre les accessions au cours des deux saisons. L'accession CVF109, avec un cycle de 68 jours (seul affecté par la lettre minuscule « a ») au cours de la saison humide est statistiquement différente des autres. L'accession Solosso a présenté le plus court cycle de 45 jours. Au cours de la saison sèche, Ech03 détient le cycle le plus long avec 96 jours. Il est statistiquement équivalent aux accessions CVF109, CVF234, Niata et Ech01 tous affectés par la lettre minuscule « a » avec respectivement 96, 88, 86 et 78 jours. Peazo a obtenu le cycle le plus court avec 66 jours. Il est statistiquement équivalent à onze autres accessions ayant des valeurs comprises entre 66 jours et 88 jours toutes affectées par la lettre minuscule « b ». L'héritabilité au sens large est très élevée, avec 0,98 et 0,88 respectivement en saisons humide et sèche.

Pour ce qui est du caractère cycle semis maturité (CSM), nous notons qu'en saison humide, l'accession CVF109 avec une longueur de 101 jours (seul possédant la lettre minuscule « a »), est statistiquement différent des autres. L'accession Solosso a présenté le plus court cycle qui est de 78 jours. Tandis qu'au cours de la saison sèche, les accessions Ech03, CVF109 et CVF234 avec respectivement 117 et 113 et 113 jours, toutes marquées par la lettre minuscule « a », se détachent du lot avec un cycle le plus long. L'héritabilité au sens large est de 0,98 et 0,84 respectivement en saisons humide et sèche.

Au regard des résultats de la largeur des feuilles paniculaires (LAD), en saison humide, nous constatons une variation de 3 à 4,4 mm. L'héritabilité au sens large est élevée (0,61) en saison humide, alors qu'elle reste faible en saison sèche.

Pour ce qui est de la longueur de la feuille paniculaire (LOD), en saison humide, l'accession CVF109 a présenté la plus grande valeur de 12,4 cm. L'accession Peazo a présenté la plus petite valeur de 6,0 cm. L'héritabilité au sens large est élevée (0,61) en saison humide, alors qu'elle reste faible en saison sèche.

Des analyses de variance du nombre de talle (NT), nous remarquons qu'en saison humide, l'accession Ech03 vient seule en tête avec une valeur de 120 talles. Il est statistiquement supérieur aux autres avec une variation de 52 à 83 talles. En saison sèche, nous constatons une baisse considérable du nombre de talle, avec l'accession CBF43 qui se détache du lot avec 34 talles. Il est cependant statistiquement équivalent à quatre autres accessions dont CVF234 (33 talles), CBF60 (30 talles), CBF61 (32 talles), CBF59 (32 talles). L'accession Niata a obtenu le plus faible nombre de talle (11 talles). L'héritabilité au sens large, très élevée, est de 0,90 en saison humide et 0,99 en saison sèche.

Quant à la hauteur des plants (HP), l'analyse de variance a montré une différence hautement significative ($P < 0,001$) entre les accessions en saison humide et une différence significative en saison sèche. En saison humide, la plus grande hauteur a été notée chez l'accession CVF234 avec une valeur de 99,5 cm et la plus petite hauteur a été observée chez l'accession CBF59 (67,9 cm). En saison sèche, la plus grande hauteur a été notée chez l'accession CVF109 (93,7 cm) et la plus petite hauteur a été notée chez l'accession Ech03 avec 75 cm. L'héritabilité au sens large est de 0,96 en saison humide et de 0,46 en saison sèche.

S'agissant du rendement grains (Rdt), les résultats montrent que le rendement grains discrimine les accessions aussi bien en saison humide qu'en saison sèche. En saison humide, l'accession CBF59, avec un rendement de 1885,6 kg/ha est le meilleur pour ce caractère. Il est cependant statistiquement équivalent à cinq autres accessions à savoir CVF234 (1488,7 Kg/ha), CBF60 (1771,2 Kg/ha), CBF61 (1837,5 Kg/ha), CBF43 (1525,4 Kg/ha) et CBF56 (1425,0 Kg/ha). L'accession Ech01 a obtenu le plus faible rendement de l'ordre de 580,5 Kg/ha. En saison sèche, l'accession CBF60 a obtenu le meilleur rendement (1905,3 Kg/ha). Il est équivalent statistiquement à neuf autres accessions dont le rendement varie de 1144,4 à 1870,1 Kg/ha. L'héritabilité au sens large est élevée (0,93) en saison humide et faible (0,45) en saison sèche.

Aux vues des résultats du poids 1000 grains (P1000g), on s'aperçoit qu'en saison humide, c'est l'accession CBF60 qui obtient la plus grande valeur (0,9 g). Elle est statistiquement supérieure aux poids des autres accessions. En saison sèche par contre, l'accession Ech03 obtient le meilleur poids de 1000 grains avec 0,6 g. Ce résultat est sensiblement égal aux poids de 1000 grains des autres accessions. L'héritabilité au sens large est très élevée (0,82) en saison humide qu'en saison sèche (0,50).

Tableau II : Résultats de l'analyse de variance des caractères agromorphologiques pour les saisons humide et sèche

Variables	CSE		CSM		LAD		LOD		NT		HP		Rdt		P1000g	
Saison	SH	SS	SH	SS	SH	SS	SH	SS	SH	SS	SH	SS	SH	SS	SH	SS
Ech03	62b	96a	94b	117a	4,0ab	4,5	8,7bcd	11,9	120a	14d	90,7b	75c	1208,8cdef	893,0bc	0,5b	0,6a
CVF109	68a	96a	101a	113ab	4,4a	3,9	12,4a	9,7	62bc	12d	89,7b	93,7a	695,9fg	1529,9abc	0,5b	0,4abc
CVF234	56c	88ab	88c	113ab	3,9ab	4,1	10,7ab	13,2	64bc	33ab	99,5a	86,6abc	1488,7abc	873,3c	0,5b	0,5a
Niata	50d	86ab	82d	96c	3,7ab	4,2	9,7bc	11,0	63bc	11d	89,7b	82,9 abc	1285,8bcd	1155,7abc	0,6b	0,3c
Ech01	48d	78ab	81d	101bc	3,3ab	4,2	8,7bcd	12,7	73bc	27c	78,3cd	80,0bc	580,5g	621,9c	0,5b	0,4abc
CBF60	55c	72b	87c	96c	3,7ab	3,9	8,3bcd	10,5	52c	30abc	71,4cd	91,8ab	1771,2ab	1905,3a	0,9a	0,5a
Bankokokountré	54c	71b	87c	96c	3,7ab	4,5	11,0ab	13,0	83b	13d	88,7b	89,2ab	952,7defg	1602,8abc	0,5b	0,4abc
CBF61	55c	70b	87c	94c	3,7ab	3,8	8,0bcd	10,3	62bc	32ab	71,2cd	86,2abc	1837,5a	1431,1abc	0,6b	0,5ab
Tongo	49d	70b	82d	92c	3,0b	4,2	6,3d	11,0	65bc	13d	79,0c	89,3ab	906,0efg	1373,0abc	0,5b	0,4abc
CBF43	54c	70b	87c	94c	3,5ab	4,0	7,3cd	10,1	68bc	34a	72,9cd	92,1a	1525,4abc	1144,4abc	0,6b	0,4abc
CBF56	51d	67b	84d	93c	3,1ab	3,8	7,0cd	9,9	64bc	29bc	71,1cd	89,1ab	1425,0abcd	1274,8abc	0,6b	0,3c
Solosso	45e	66b	78 ^e	92c	3,7ab	4,5	9,0bcd	12,2	60bc	14d	87,3b	90,8ab	1020,0cdefg	732,0c	0,7b	0,4abc
CBF59	55c	66b	88c	92c	3,9ab	4,1	9,0bcd	10,7	67bc	32ab	67,9d	88,4ab	1885,6a	1307,1abc	0,6b	0,4abc
Peazo	49d	66b	82d	92c	3,0b	3,9	6,0d	10,4	67bc	16d	68,0d	90,2ab	857,2efg	1870,1 ab	0,5b	0,5a
Moyenne	54	76	87	99	3,6	4,1	8,8	11,2	71	22	80,7	87,6	1244,1	1265,5	0,6	0,4
Ecartype	6,73	9,14	6,73	7,1	0,43	0,22	1,99	1,01	19,08	8,66	10,86	3,94	447,77	311,96	0,12	0,05
Pvalue	<0,0000	<0,0002	<0,0000	<0,0002	0,03	0,79	<0,0000	0,63	<0,0000	<0,0000	<0,0000	0,01	<0,0000	0,03	<0,0000	0,02
Signification	***	***	***	***	*	NS	***	NS	***	***	***	*	***	*	***	*
Héritabilité	0,98	0,88	0,98	0,84	0,61	0,15	0,86	0,2	0,9	0,99	0,96	0,46	0,93	0,45	0,82	0,5

Légende : CSE : cycle semi-épiaison, CSM : Cycle semi-maturité, LAD : largeur de feuille paniculaire, LOD : longueur de feuille paniculaire, NT : nombre de talle, HP : Hauteur des plantes, Rdt : rendement grains, P1000g : poids 1000 grains, * : significatif, ** : hautement significatif, *** : très hautement significatif, NS : non significatif.

2.2. Corrélation entre les traits

Le tableau III représente la matrice de corrélation des caractères au cours de la saison humide. Des corrélations positives et très hautement significatives ont été observées entre la largeur de la feuille paniculaire (LAD) et le cycle semis 50% floraison (CSE) ($r= 0,75$). Entre la largeur de la feuille paniculaire (LAD) et la longueur de la feuille paniculaire (LOD), il existe une corrélation très hautement significative ($r= 0,82$). Des corrélations positives hautement significatives sont observées entre le cycle semis 50% floraison (CSE) et la longueur de la feuille paniculaire (LOD) d'une part ($r= 0,57$), d'autre part entre la hauteur de plants (HP) et la longueur de la feuille paniculaire (LOD) ($r= 0,71$). Cependant des corrélations négatives et significatives ont été observées entre le nombre de talle (NT) et le poids 1000 grains (P1000g) ($r= -0,57$) d'une part, le Poids1000 grains (P1000g) et la hauteur de plants (HP) ($r= -0,40$) d'autre part.

Tableau III : Matrice de corrélation pour la saison humide

	LAD	Rdt	CSE	NT	P1000g	HP	CSM	LOD
LAD								
Rdt	0.202							
CSE	0.756	0.072						
NT	0.165	-0.213	0.320					
P1000g	-0.074	0.573	-0.292	-0.572				
HP	0.507	-0.365	0.286	0.340	-0.405			
CSM	0.756	0.072	0.998	0.320	-0.292	0.286		
LOD	0.829	-0.152	0.570	0.063	-0.255	0.711	0.570	

Légende : LAD : largeur de feuille paniculaire, **LOD** : longueur de feuille paniculaire, **Rdt** : rendement grains, **CSE** : cycle semi-épiaison, **CSM** : Cycle semi-maturité, **NT** : nombre de talle, **HP** : Hauteur des plantes, **P1000g** : poids 1000 grains.

De même, le tableau IV représente la matrice de corrélation des caractères au cours de la saison sèche, des corrélations positives et très hautement significatives ont été observées entre les traits largeur (LAD) et longueur (LOD) de la feuille paniculaire ($r= 0,73$) ; entre la hauteur des plants (HP) et le rendement (Rdt) ($r=0,56$) et enfin entre les cycles semi épiaison (CSE) et maturité (CSM) ($r= 0,92$). Cependant une corrélation négative et significative a été observée entre la largeur de la feuille paniculaire (LAD) et le rendement (Rdt) ($r= -0,49$). Une corrélation négative et significative entre le rendement (Rdt) et la longueur de la feuille paniculaire (LOD) ($r= -0,53$) a été également notée.

Tableau IV : Matrice de corrélation pour la saison sèche

	LAD	Rdt	CSE	NT	P1000g	HP	CSM	LOD
LAD								
Rdt	-0.493							
CSE	0.208	-0.285						
NT	-0.534	-0.069	-0.281					
P1000g	-0.028	0.037	0.182	0.229				
HP	-0.446	0.568	-0.502	0.123	-0.084			
CSM	0.203	-0.314	0.923	-0.140	0.422	-0.446		
LOD	0.739	-0.532	0.144	-0.134	0.132	-0.436	0.271	

Légende : LAD : largeur de feuille paniculaire, LOD : longueur de feuille paniculaire, Rdt : rendement grains, CSE : cycle semi-épiaison, CSM : Cycle semi-maturité, NT : nombre de talle, HP : Hauteur des plantes, P1000g : poids 1000 grains.

2.3. Association entre les traits en fonction des génotypes

L'analyse en composante principale est représentée par la figure 1.

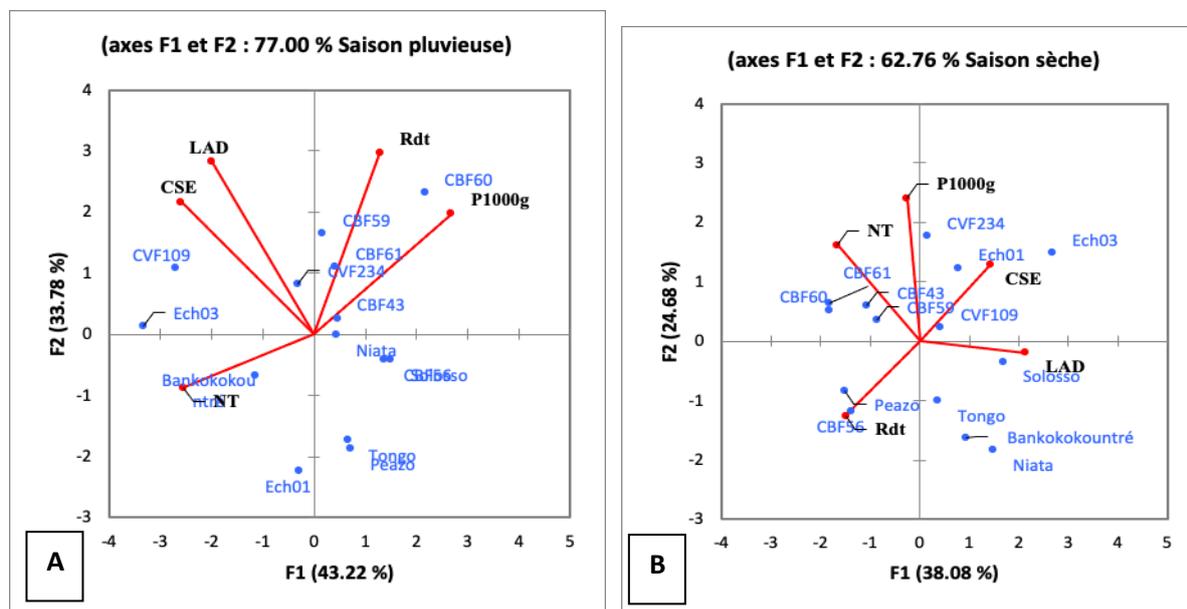


Figure 1 : L'analyse en composante principale des saisons humide (A) et sèche (B)

En saison humide, les deux premiers axes expliquent la variabilité à 77%. Le trait nombre de talle (NT) est négativement corrélé à l'axe F1, tandis que le cycle semi 50% floraison (CSE) et le poids de 1000 grains (P1000g) sont positivement corrélés à l'axe F1. Huit génotypes (CBF43, CBF59, CBF60, CBF61, CVF109, CVF234, Echo3 et Niata) sont positivement corrélés à l'axe F1. L'axe F1 contribue à 42,22% de l'inertie totale, peut être considéré comme l'axe de croissance. Le rendement est positivement corrélé à l'axe F2 contrairement à la largeur de la dernière feuille (LAD). Dix génotypes (CBF43, CBF56, CBF59, CBF60, CBF61, CVF234,

Niata, Solosso, Tongo et Peazo) sont positivement corrélés à l'axe F2 qui contribue pour 33,78%, et peut être considéré comme l'axe de la productivité.

En saison sèche, l'analyse en composante principale explique la variabilité sur les deux premiers axes à 62,76%. Le nombre de talle (NT) et le cycle semi-floraison 50% sont positivement corrélés à l'axe F1 tandis que la largeur de la dernière feuille (LAD) et le rendement grains sont négativement corrélés à F1. Huit génotypes (CBF43, CBF59, CBF60, CBF61, CVF109, CVF234, Echo1 et Echo3) sont positivement corrélés à l'axe F1. Par contre six génotypes (CBF56, Peazo, Tongo, Solosso, Niata et Bankokokountre) sont négativement corrélés à l'axe F2. Seul le poids de 1000 grains (P1000g) est négativement corrélé à l'axe F2. L'axe F2 contribue pour 24,68%. F1 peut être considéré comme l'axe de la productivité.

2.4. Regroupement des accessions selon leur performance

La classification ascendante hiérarchique réalisée à partir des caractères (à savoir le rendement grains, le cycle semis 50% floraison, le poids 1000 grains et la hauteur de la plante) qui discriminent les accessions en considérant ceux qui sont peu corrélés entre eux, nous a permis d'obtenir une variabilité structurée en trois groupes en saisons humide et sèche (figure 2 et figure 3).

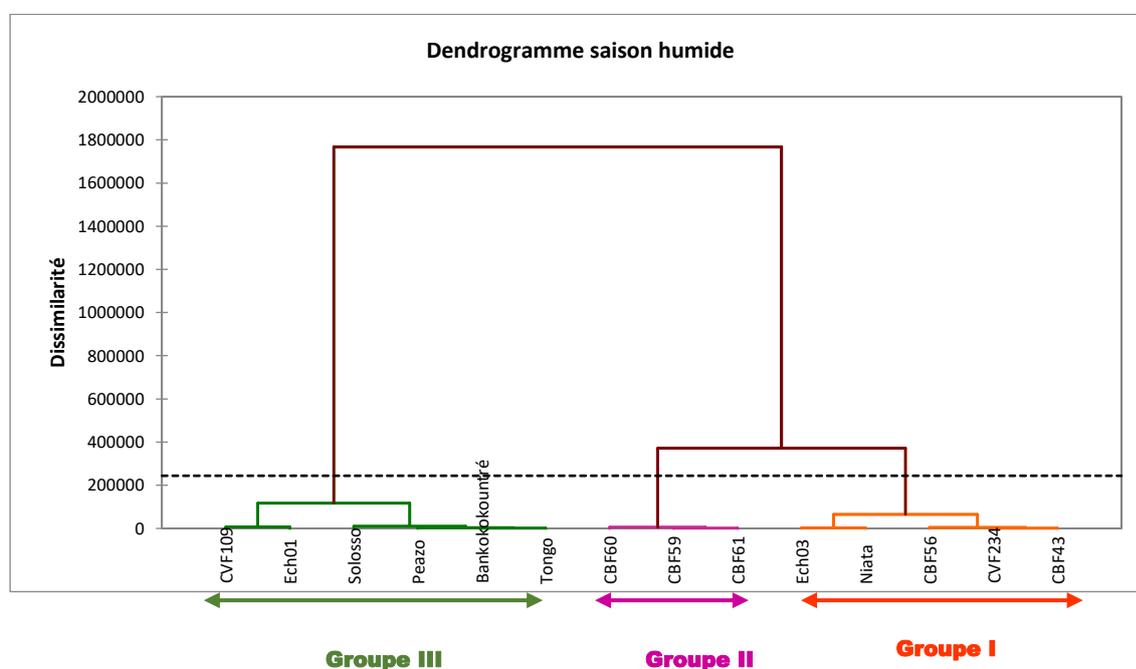


Figure 2 : La classification ascendante hiérarchique des accessions à la saison humide

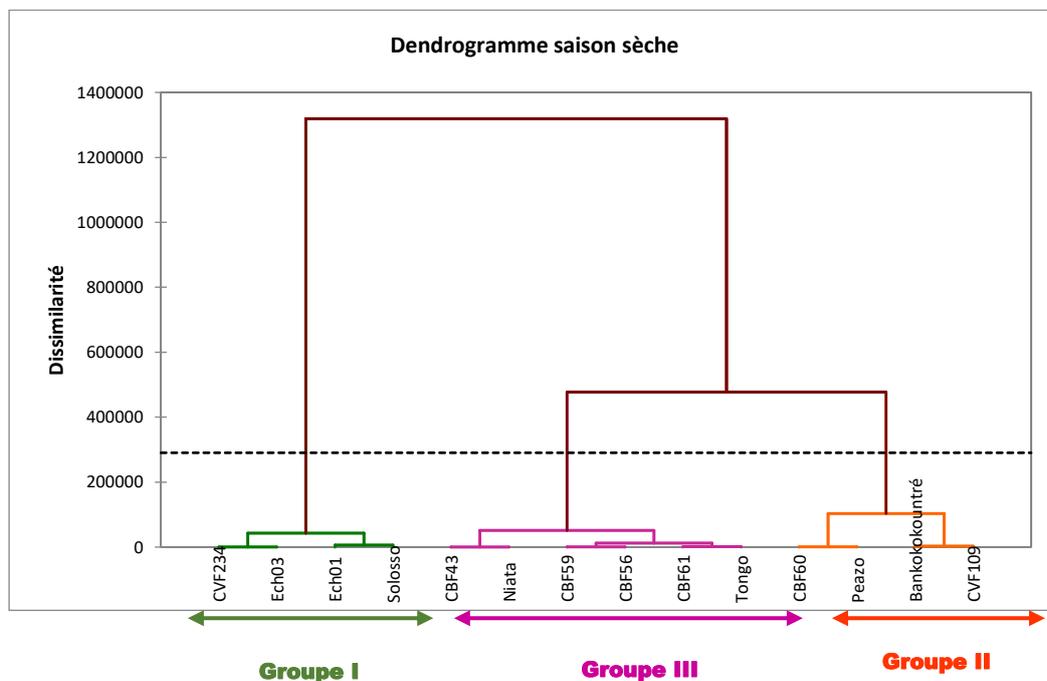


Figure 3 : La classification ascendante hiérarchique des accessions à la saison sèche

En saison humide, le groupe III comporte six accessions à savoir CVF109, Ech01, Peazo, Tongo, Bankokokountré et Solosso. Ce groupe est caractérisé par des accessions qui ont présenté un rendement grains faible inférieur à 1000 kg/ha, avec un cycle semis 50 % floraison assez précoce de 52 jours en moyenne, un poids de 1000 grains égale à 0,5 g et une hauteur moyenne intermédiaire de 82 cm. Le groupe II est représenté par trois accessions à savoir CBF59, CBF60 et CBF61. Le groupe II est caractérisé par un rendement grains supérieur à 1800 g/ha, avec un cycle semis 50 % floraison de 55 jours, un poids 1000 g moyen de 0,7 g et une hauteur moyenne de 70 cm. Le groupe I comporte cinq accessions CBF56, CBF43, CVF234, Ech03 et Niata. Il est caractérisé par un rendement grains moyen de 1300 kg/ha, un cycle semis 50 % floraison un peu long (54 jours), un poids 1000grains de 0,6 g en moyenne et une haute taille de 85 cm.

En saison sèche, le groupe I comporte quatre accessions à savoir CVF234, Ech01, Ech03 et Solosso. Il est caractérisé par des accessions ayant un rendement grains moyens de 780 kg/ha, avec un cycle semis-épiaison de 82 jours en moyenne et une hauteur moyenne de 83 cm. Le groupe III regroupe six accessions CBF43, Niata, CBF56, CBF59, CBF61 et Tongo. Il présente un rendement grains de 1300 kg/ha, avec un cycle semis-épiaison de 71 jours en moyenne et une hauteur moyenne de 88 cm. Le deuxième groupe compte quatre accessions à savoir CBF60, Peazo, Bankokokountré et CVF109. Celui-ci est caractérisé par des rendements grains élevés en moyenne de 1700 kg/ha, avec un cycle sémis-épiaison de 76 jours en moyenne et une hauteur moyenne de 91cm.

III. Discussion

Des 18 accessions testées, quatre accessions, à savoir CVF186, CVF318, CVF416 et CVF424 n'ont pas fleuri au cours de l'évaluation en saison sèche. Ces quatre accessions pourraient être considérés comme photopériodiques ou plantes de jours courts. Selon VAKSMANN *et al.* (1996), la plupart des plantes d'origine tropicale sont de type « jours courts » tandis que la majorité de plantes d'origines méditerranéenne et tempérée sont de type « jours longs ». Par ailleurs, ALIERO *et al.* (2005) ont montré que la croissance de *Digitaria exilis* est

proportionnelle à la température, à la longueur du jour et au cycle de maturation, donc doté d'une réaction photopériodique.

La variabilité des caractères dont la longueur des cycles semi-épiaison et maturité a été remarquable en saison sèche plus qu'en saison humide. Le rayonnement solaire et la température en saison sèche sont plus intenses, ce qui pourrait favoriser le développement végétatif et allonger le cycle. ALIERO *et al.* (2005) ont trouvé que la croissance de *Digitaria exilis* est proportionnelle à la température, à la longueur du jour, à la température et à l'humidité relative. Ces facteurs entraînent des effets variables sur le développement végétatif et physiologique du fonio. De même, MANDRET *et al.* (1990) ont trouvé que la hausse de température accroît la production de fourrage. MONTEICH *et al.* (1972) ont étudié l'influence du rayonnement sur la photosynthèse et l'accumulation de matière sèche dans les cultures. Cette étude a permis aux écologistes et aux agronomes de comparer la productivité végétale sous différents systèmes d'utilisation et de gestion de la terre. ALHASSANE *et al.* (2013) ont trouvé que la croissance du coton risque d'être compromise avec les changements de température et de précipitation. Un constat a été fait chez le sorgho d'Afrique soudano-sahélienne dont la durée du cycle a varié, pour une même variété, de 90 à 190 jours selon VAKSMANN *et al.* (1996) en fonction de la date de semis.

L'absence de différences significatives entre les accessions pour les caractères longueur et largeur de la feuille paniculaire en saison sèche contrairement à la saison humide pourrait traduire une faible influence de la période de culture sur l'expression de ces caractères. Des résultats similaires ont été rapportés par SANI *et al.* (2017) sur l'effet de l'environnement sur les paramètres de croissance et de rendement du fonio.

Au cours de l'étude, les accessions évaluées ont présenté des cycles semi-maturité compris entre 78 et 118 jours durant les deux saisons de culture. Selon la classification des paysans rencontrés lors de l'étude de SYLLA *et al.* (2009) ; VALL *et al.* (2011), ces accessions sont considérées comme précoces pour ceux qui ont un cycle compris entre 70 et 100 jours et intermédiaires pour ceux qui présentent un cycle compris entre 100 et 120 jours. Les accessions qui ont présenté un cycle court pourraient être vulgarisés dans les zones moins arrosées du pays. Selon DANSI *et al.* (2010), le cycle court est un important caractère pour l'adaptation à plusieurs environnements surtout les zones moins arrosées où même une adaptation aux poches de sécheresse pour les zones où la pluviométrie est suffisante. D'autres auteurs tels que SEKLOKA *et al.* (2015) ont trouvé que les cultivars très précoces arrivent à maturité en période de pluies et posent aux producteurs des problèmes de séchage. De même, les géotypes tardifs n'arrivent pas à boucler leur cycle dans de bonnes conditions.

Des corrélations positives ont été notées entre le cycle semis 50 % floraison et le cycle semis maturité d'une part et d'autre part entre la longueur de la feuille paniculaire et la largeur de la feuille paniculaire au cours des deux saisons. Cela voudrait dire que plus le cycle semis 50% floraison augmente, plus le cycle semis 50% maturité augmente. SEKLOKA *et al.* (2016) a trouvé lors de ces travaux une corrélation positive entre le cycle semis 50% floraison et le cycle semis 50% maturité. Cela s'expliquerait par le fait que la sélection de l'une implique la sélection de l'autre et qu'au lieu de faire deux mesures, une seule mesure suffit et on retiendra donc le caractère le plus facile à réaliser. Les corrélations guident le sélectionneur sur le choix de traits à améliorer. Selon SANI *et al.* (2017), les corrélations constituent un outil indispensable pour les améliorateurs dans le choix des caractères à intégrer dans les programmes de sélection.

En saison humide, le pourcentage de variance cumulé par les deux premiers axes de l'analyse en composante principale est assez élevé (77%) et celui de la saison sèche est de 62,76%. Des résultats de l'analyse en composante principale (ACP), le trait rendement est positivement corrélé à l'axe F2 contrairement à la largeur de la dernière feuille (LAD) qui est négativement corrélée à F2. L'axe de croissance et celui de la productivité sont différents. Ce même constat

a été noté avec l'auteur DO et *al.* (2020) lors de leurs travaux sur les accessions collectées au Nord de la Côte d'Ivoire. Ainsi en saison humide, les sélectionneurs doivent travailler à sélectionner des géotypes dans le quart supérieur droit qui sont caractérisés par des poids de 1000 grains élevés et de bons rendement grains. En saison sèche, les sélectionneurs doivent travailler à développer les géotypes dans le quart inférieur gauche caractérisés par de bons rendements.

La classification ascendante hiérarchique montre la répartition en trois groupes des accessions testés selon la saison de culture. L'accession CBF60 est restée stable pour les caractères agro morphologiques, mais avec un rendement plus élevé en saison sèche qu'en saison humide. Pour les deux saisons, les trois groupes ont été établis selon des valeurs approximatives de rendement grains. DO et *al.* (2020), lors de leur étude, ont trouvé quatre groupes où deux groupes présentent des caractéristiques architecturales et de productivité similaire, noté au cours de notre expérimentation. Pour la saison humide, la plupart des géotypes précoces ont présenté un rendement grains faible par rapport à ceux un peu tardives. Des résultats similaires ont été trouvés par SEKLOKA et *al.* (2016) lors de la caractérisation des accessions de fonio collectées au nord du Bénin.

Conclusion

Notre étude a porté sur la caractérisation de 18 accessions pour leur adaptation saisonnière dont l'objectif général est de contribuer à l'augmentation durable de la production du fonio au Burkina Faso. Au terme de cette étude, les principaux résultats suivants peuvent être retenus : en considérant l'évaluation des caractères agronomiques des accessions locales et des variétés exotiques, nous pouvons noter qu'en saison humide, l'accession CVF234 a obtenu la plus grande taille (99,5 cm) tandis qu'en saison sèche l'accession CVF109 a obtenu la plus grande valeur (93,7 cm). Aussi, pour ce qui est du rendement en saison humide, l'accession CBF59 a obtenu le meilleur rendement (1885,6 kg/ha) et en saison sèche, l'accession CBF60 a obtenu 1905,3 Kg/ha comme meilleur rendement. De plus, on remarque que les cycles s'allongent en saison sèche (68 à 96 jours) avec un gain de rendement.

Concernant la détermination des accessions photopériodiques, nous notons que CVF186, CVF318, CVF416 et CVF424 ont été photopériodiques et n'ont pas fleuri.

Quant à la comparaison de leurs performances au cours des deux saisons, on constate que l'accession CBF60 a été remarquable pour sa performance au cours des deux saisons respectivement avec des rendements de 1771,2 Kg/ha et 1905,3 Kg/ha pour la saison humide et sèche.

A la suite de cette étude, une évaluation de ces accessions sur d'autres sites à travers les zones de production du fonio au Burkina Faso, permettra de sélectionner les plus performants. Cependant, les quatre accessions photopériodiques pourront être utilisées comme accession fourragère pour l'alimentation du bétail.

Remerciements

Nous remercions le projet ABEE pour son apport financier et la mise à disposition du matériel végétal testé.

Références bibliographiques

AFFOKPE C., 2015. Le fonio une céréale africaine de demain, In « Innovation environnement et Développement Afrique », revaloriser les espèces agricoles traditionnelles AGRIDAPE

ALHASSANE A., 2013. Evolution des risques agroclimatiques associées aux tendances récentes du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne In Sécheresse ; 24 : 282 –93 doi : 10.1684/sec.2013.0400

ALIERO A., 2005. Photoperiodism in *Digitaria exilis* (Kipp), Stapf accession. African journal of biotechnology Vol. 4 (3). Nigeria, pp. 241-243 - 243

ASSAMOÏ A., 1998. Le fonio en Côte d'Ivoire In : S. R. Vodouhe, A. Zannou et E. Achigan Dako (Eds). Actes du premier atelier sur la diversité génétique du fonio (*Digitaria exilis* Stapf.) en Afrique de l'Ouest. Conakry, Guinée : pp 15-16.

CRUZ J., 2001. Le fonio. Montpellier, cirad, 24p.

CRUZ J., 2004. Fonio: a small grain with potential. LEISA Magazine. 20 (1) : 16 - 17.

CRUZ J., 2007. Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio en Afrique de l'Ouest. Rapport d'activité première année. Projet n°015403. Montpellier: CIRAD, 41p

CRUZ J., 2011. Le fonio, une céréale africaine. Collection : Agricultures tropicales en poche. Presses agronomiques de Gembloux, Versailles, France, 175p

DANSI A., 2010. Diversity, conservation and related wild species of Fonio millet (*Digitaria* spp.) in the northwest of Benin, *Genet Resour Crop Evol* , Bénin, 57:827–839 .

DO A., 2020 : Caractérisation agro-morphologique des accessions de fonio (*digitaria exilis*) collectées au nord de la côte d'ivoire, *Agronomie Africaine* 32 (2) : 169 - 182

FLIEDEL, 2004. Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest. In: Brouwer et al. (ed.) Presses universitaires de Ouagadougou, 599-614.

MANDRET G. 1990. Effet des facteurs température et nutrition azotée sur la croissance des plantes fourragères tropicales. I. Variation saisonnière de la croissance d'une graminée tropicale, *Brachiaria mutica*, au Sénégal », *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 43(1), p. 119-124. doi: 10.19182/remvt.8879

MONTEITH J., 1972. Solar Radiation and Productivity in Tropical Ecosystems, *Journal of Applied Ecology*, Vol. 9, No. 3 (Dec., 1972), pp. 747-766

PARAÏSO A., 2011. Analyse de la rentabilité de la production du fonio (*digitaria exilis* s.) dans la commune de Boukombe au Bénin, *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, Série A, 13(1) : 27-37

PORTERES R., 1955. Les Céréales mineures du genre *Digitaria* en Afrique et en Europe (suite et fin). In: *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée*, vol. 2, n°12, décembre 1955. pp. 620-675

SAGBADJA A., 2006. Savoirs autochtones et conservation traditionnelle du fonio millet (*Digitaria exilis*, *Digitaria iburua*) au Togo. *Biodiv. & Conserv.*, 15 (8) : 2379-2395

SANI S., 2017. Effet de l'environnement sur les paramètres de croissance et de rendement des accessions du fonio [*digitaria exilis* (kippist.) Stapf.] Au niger *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 29 (2017) 87 – 106

SEKLOKA E., 2016. Agro-morphological characterization of Fonio millet accessions (*Digitaria exilis* Stapf.) collected from Boukoumbé, Northwest of Benin, *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 212-222p

SEKLOKA E., 2015. Evolution de la diversité des cultivars de fonio pratiqués dans la commune de Boukoumbé au Nord-Ouest du Bénin / *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(5): 2446-2458,

SYLLA, 2009. High resolution simulations of West African climate using Regional Climate Model (RegCM3) with different lateral boundary conditions. *Theoretical and Applied Climatology* 98 : 293-314. doi: 10.1007/s00704-009-0110-4

TANKAONO B., 2017. Contribution de la télédétection et des systèmes d'informations

géographiques à l'évaluation de l'impact des activités humaines sur la couverture végétale du parc national des deux Balé (PNDB) à l'Ouest du Burkina Faso. Thèse de Doctorat de l'Université Nazi Boni en production forestière et de l'Université Félix Houphouët BOIGNY, 135 p.

USAID 2008. La chaîne de valeur de la filière fonio au Sénégal 1 : Analyse et cadre stratégique d'initiative pour la croissance de la filière. (SAGIC IQC No. 685-I-01-06-00005-00).

VAKSMANN M., 1996. Le photopériodisme des sorghos africains, In Agriculture et développement n° 9, 13-18

VALL E., 2011. Les cultures de soudure comme stratégie de lutte contre l'insécurité alimentaire saisonnière en Afrique de l'Ouest le cas du fonio (*Digitaria exilis Stapf*). *Cah. Agric.* 20 (4) 294 – 300

VODOUHE S., 2006. *Digitaria exilis* (Kippist) Stapf. In: Brink M. & Belay G., eds. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays-Bas, [http://uses.plantnetproject.org/f/index.PROTA\)&oldid=95268](http://uses.plantnetproject.org/f/index.PROTA)&oldid=95268), (9/07/2018).