

ETUDE DU PHOTOPERIODISME DES ECOTYPES DE SORGHU DU BURKINA FASO

[STUDY OF THE PHOTOPERIODISM OF ECOTYPES OF SORGHUM OF BURKINA FASO]

GAPILI Naoura¹⁻², Mahamadou SAWADOGO², NANEMA K. Romaric², NEBIE Baloua³, SAWADOGO Nerbéwendé², and Jean-Didier ZONGO²

¹Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD), BP 5400, N'Djaména, Tchad

²Equipe Génétique et Amélioration des Plantes, Université de Ouagadougou 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

³ICRISAT-Bamako, BP 320 Bamako, Mali

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The climatic changes and the irregularity of the seasons of rain involved the adoption by the farmers of the varieties more plastic and adapted in their zone of culture that the improved varieties. In the objective to measure the response of the ecotypes to photoperiodism, a study of the sensitivity of 120 ecotypes of sorghum of Burkina Faso to the photoperiod was made using a test comprising two dates of sowing. These ecotypes come from the germplasm of the University of Ouagadougou, made up between 1984 and 1986 within the framework of the safeguarding of the diversity of the sorghum. It comes out from this study that all the studied ecotypes are photoperiodic and systematically reduce their cycle at the time of a delay the semi one. Also let us note that 46 % of the ecotypes showed a sensitivity moderate to the photoperiod ($0 < K \leq 0,3$), 38% a relatively significant sensitivity ($0,3 < K \leq 0,6$) and 16 % a strong sensitivity ($0,6 < K \leq 0,9$). The flowering of the ecotypes occurred in the 25 days which preceded the average date by end of the rain season and floral initiation started and finished during the time to which the day is shorter than the night. We retain as this study as at the time of a delay of 3 weeks sowing the ecotypes lose 10 to 96% their seeds with an average of 66%.

KEYWORDS: Burkina Faso, sorghum, photoperiodism, diversity, ecotypes.

RESUME: Les changements climatiques et l'irrégularité des saisons de pluie ont entraîné l'adoption par les producteurs des variétés plus plastiques et adaptées dans leur zone de culture que les variétés améliorées. Dans l'objectif de mesurer la réponse des écotypes au photopériodisme, une étude de la sensibilité de 120 écotypes de sorgho du Burkina Faso à la photopériode a été faite à l'aide d'un essai comportant deux dates de semis. Ces écotypes proviennent du germoplasme de l'Université de Ouagadougou, constitué entre 1984 et 1986 dans le cadre de la préservation de la diversité du sorgho. Il ressort de cette étude que tous les écotypes étudiés sont photopériodiques et réduisent systématiquement leur cycle lors d'un retard de semis. Notons aussi que 46 % des écotypes ont montré une sensibilité modérée à la photopériode ($0 < K \leq 0,3$), 38% une sensibilité relativement importante ($0,3 < K \leq 0,6$) et 16 % une sensibilité forte ($0,6 < K \leq 0,9$). La floraison des écotypes s'est produite dans les 25 jours qui ont précédé la date moyenne de fin de la saison des pluies et l'initiation florale a commencée et fini dans la période à laquelle le jour est plus court que la nuit. Nous retenons aussi de cette étude que lors d'un retard de semis de 3 semaines les écotypes perdent 10 à 96% de leurs graines avec une moyenne de 66%.

MOTS-CLEFS: Burkina Faso, sorgho, photopériodisme, diversité, écotypes.

1 INTRODUCTION

Au Burkina Faso, le sorgho –*Sorghum bicolor* (L) Moench– constitue la principale céréale cultivée. Sa production est estimée à 1,7 millions de tonnes, représentant 44% de la production totale céréalière [1]. Les producteurs utilisent des variétés traditionnelles qui, quoiqu'elles ne soient pas très productives, sont spécifiquement adaptées à leur environnement et leur permettent de minimiser les risques et de répondre aux utilisations variées [2]. Ces sorghos sont très photopériodiques [3], caractéristique qui leur confère un important avantage évolutif en raison du climat continental de la zone, caractérisé par de fortes variations interannuelles du régime pluviométrique [4]. Ainsi les sorghos ont tendance à fleurir plus rapidement vers la fin de la saison de pluies, lorsque la longueur du jour diminue [5].

Les écotypes traditionnels de sorgho fournissent une production élevée de paille et ne répondent pas à une intensification des techniques. C'est pourquoi les programmes d'amélioration des plantes ont consacré beaucoup d'efforts à la mise au point de variétés à développement plus rapide et au port moins exubérant que les écotypes traditionnels. L'obtention de variétés insensibles à la photopériode a été un des principaux critères de sélection. Pourtant, l'évaluation de l'impact de la recherche sur le développement rural montre que les variétés améliorées obtenues sont peu adaptées aux systèmes de production d'Afrique de l'Ouest en raison, notamment, de manque de souplesse face à la variabilité de l'environnement [5] ; [6]. L'élimination des qualités propres aux variétés locales a rendu le matériel amélioré instable face aux contraintes environnementales [7].

On considère souvent qu'il existe une corrélation négative entre les performances de la plante et la stabilité du rendement. Pourtant, la rusticité des variétés locales n'est pas inconciliable avec l'augmentation de la productivité [7]. Les caractères comme le photopériodisme ou l'aptitude au tallage sont positivement corrélés à la productivité. Le photopériodisme permet d'allonger la période végétative et donc d'augmenter la production de la biomasse et certaines composantes du rendement.

L'objectif de cette étude est de permettre une bonne connaissance des réactions photopériodiques des différents écotypes et l'effet de la photopériode dans l'expression de caractères aussi bien ceux liés à la production de la biomasse que ceux liés aux rendements.

2 MATERIELS ET METHODE

2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal utilisé provient de la collection de l'Université de Ouagadougou. Celle-ci a été constituée entre 1984-1986, dans le cadre de la préservation de la biodiversité des sorghos du Burkina Faso, et caractérisée en 1991.

120 écotypes ont été échantillonnés dans la collection, constitués de façon aléatoire en respectant le principe de neutralité et évalués. Afin que tous les territoires soient représentés le tirage s'est effectué par région et la représentation de chaque écotype dans l'échantillon étudié est proportionnelle à sa représentativité dans la collection de base (Tableau 1).

Tableau 1. Répartition par région des écotypes caractérisés

Provenance des écotypes	Nombres
Nord	9
Nord-Ouest	52
Centre-Nord	13
Est	15
Centre-Sud	14
Centre-Ouest	2
Sud-ouest	5
Ouest	10

2.2 SITE EXPÉRIMENTAL

L'évaluation agromorphologique s'est déroulée sur la station expérimentale de Gampéla, située à une vingtaine de kilomètres à l'Est de Ouagadougou, à 12°25' de latitude Nord et à 1°12' de longitude Ouest. Au cours de la campagne, une pluviométrie de 832,7 mm avec une température variant entre 23 et 35°C ont été enregistrées.

2.3 COLLECTE DES DONNÉS

Quelques caractères quantitatifs ont été mesurés pour déterminer le cycle et l'effet de retard de semi sur la production. Il s'agit des cycles semi apparition de la ligule des feuilles drapeaux (NJL) et semi-floraison (NJF) ; des poids des grains de la panicule principale (GPA) et des grains de la plante entière (GPL), obtenus sur quatre poquets récoltés en entier dont l'ensemble des panicules sont battues et pesés ; du poids de cent grains (PCG), déterminé à partir de quatre échantillons aléatoirement pris dans le lot de grains ayant servi à la détermination de GPL ; et le nombre de grains perdu par écotype (NGEp), calculé en faisant la différence entre le nombre de grains de la première date de semi et le nombre de grains de la deuxième date.

Le coefficient K de photopériodisme est calculé en faisant le rapport de la différence des durées semis-apparition de la ligule de la feuille drapeau entre la première (SFD₁) et la deuxième (SFD₂) date de semis sur l'écart entre les deux dates de semis (d1-d2)

$$K = ((SFD_1 - SFD_2) / (|d1 - d2|))$$

Le coefficient K varie de 0 à 1. Pour les variétés insensibles à la durée du jour, k=0 car la durée du cycle n'est pas influencée par la date de semis (SFD₁ = SFD₂). Pour les variétés très photosensibles ce coefficient est proche de 1 car le raccourcissement de la période végétative compense l'écart de semis en groupant la floraison à la même date.

2.4 ANALYSE DES DONNÉES

Pour tous les caractères quantitatifs étudiés, nous avons comparés les moyennes par l'analyse de la variance (ANOVA) avec le logiciel GenStat version 10.3 au seuil de 5%, pour savoir s'il existe des différences significatives entre les écotypes et entre les différentes zones de collecte. Les coefficients de variation (CV) ont été calculés, à l'aide du logiciel Xlstat pro version 7.1 et EXCEL, pour permettre d'apprécier les niveaux de variation des moyennes observées entre les différents écotypes pour chaque caractère.

3 RÉSULTATS

3.1 LES VALEURS MOYENNES

Le tableau 2 présente les performances moyennes des coefficients du photopériodisme (K) par région. Les écart-types sont très faibles pour toutes les régions. L'analyse des coefficients de variations montre de grandes variations du coefficient de photopériodisme pour toutes les régions avec de très fortes valeurs pour le Centre-nord, le Sud-ouest, le Centre-ouest, l'Est et le Nord-ouest qui sont respectivement 86,242% ; 71,274% ; 62,922% 62,446% et 60,939%. L'écotype le moins photopériodique est dans la région du Centre-Nord avec une valeur de coefficient K de 0,006 et le plus photopériodique est à l'Est avec 0,823.

Tableau 2. Variation et valeurs moyennes des coefficients de photopériodisme (K) par région

K par zone	Moyenne	Minima	Maxima	Ecart-type	CV (%)
Nord	0,27	0,066	0,456	0,138	51,29
Nord-Ouest	0,309	0,026	0,691	0,188	60,939
Centre-Nord	0,271	0,006	0,682	0,234	86,242
Est	0,395	0,029	0,823	0,246	62,446
Centre-Sud	0,3	0,02	0,611	0,180	59,871
Centre-Ouest	0,339	0,188	0,49	0,213	62,922
Sud-ouest	0,348	0,057	0,649	0,248	71,274
Ouest	0,501	0,221	0,761	0,167	33,379

K : coefficient de photopériodisme ; CV : coefficient de variation

L'analyse des coefficients de variations du tableau 3 montre de faibles valeurs dans les 2 dates pour les cycles, mais on note cependant, des grandes variations pour le coefficient de photopériodisme (61,324%). La détermination du coefficient du

photopériodisme (K) à partir de l'apparition de la feuille drapeau donne une valeur moyenne de 0,33. Les valeurs du coefficient de photopériodisme varient de 0,006 à 0,823.

Tableau 3. Variations et valeurs moyennes du coefficient K par années

	SDF I (j)	SDF II (j)	K	RDC/mois
Moyenne	76,56	69,60	0,332	9,9
Minima	60,65	58,43	0,006	0,18
Maxima	100,91	87,88	0,823	24,6
Ecart-type	10,055	7,210	0,203	--
CV (%)	9,964	8,204	61,324	--

RDC : réduction du cycle ; SDF : nombre de jours semis-apparition des feuilles drapeau ; K : coefficient du photopériodisme ; I : 1^{er} champ ; II : 2^e champ ; j : jour

3.2 VARIATION DU CYCLE ENTRE LES DEUX CHAMPS

La figure 1, montre la variation de cycle entre les deux champs pour les mêmes écotypes. Il y a une évolue quasi-similaire entre les deux essais pour les mêmes écotypes avec quelques rares variations. Ainsi la plus part des écotypes semés à des dates différentes réduisent leur cycle, quelques rares écotypes tendent à maintenir leur cycle, ce qui se caractérise par les points de jonction entre les deux courbes.

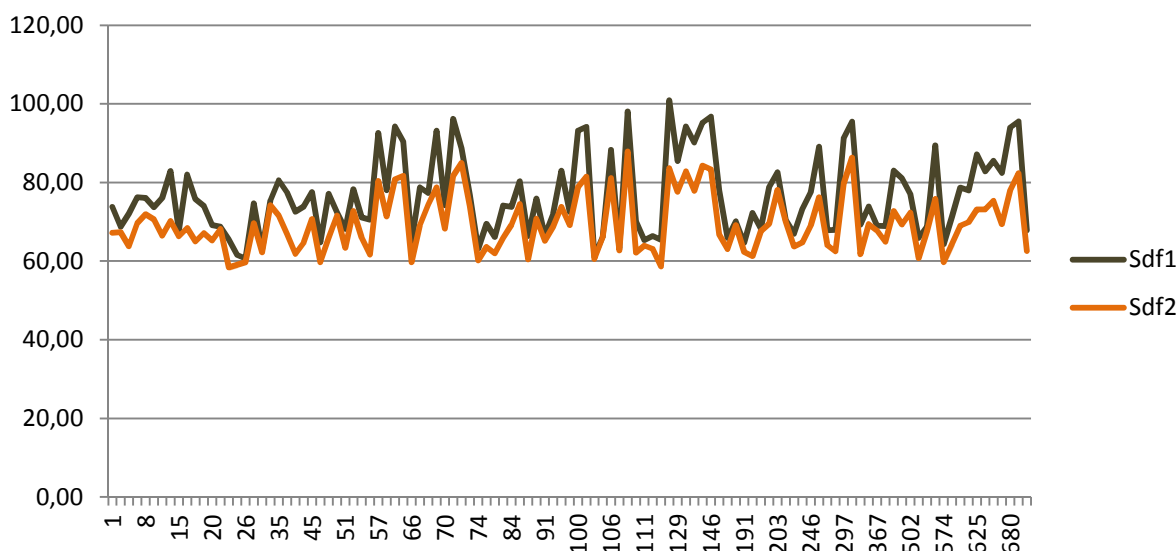


Figure 1. Variation de la durée du cycle en fonction du retard de la date de semis

3.3 EFFETS DE QUELQUES FACTEURS DANS LA REPONSE PHOTOPERIODIQUE

La figure 2 présente la courbe d'évolution de la floraison des 2 dates de semis en fonction du temps. Pour la 1^{ere} date, la floraison débute le 05 septembre puis s'intensifie le 10 septembre et se maintien jusqu'au 20 septembre. Pour la 2^e date de semis, la floraison commence le 25 septembre pour atteindre son optimum le 5 octobre, et chute très rapidement à partir du 10 octobre.

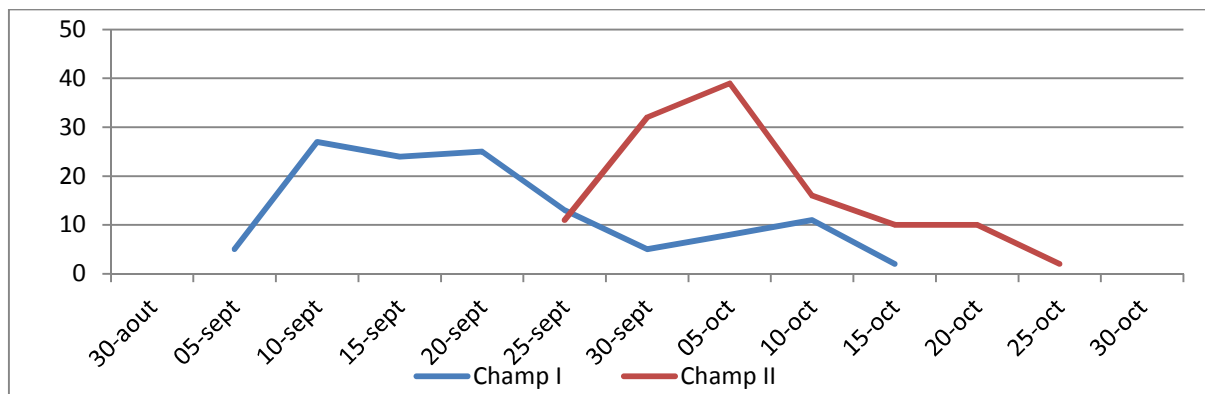


Figure 2. Les courbes d'évolution de la floraison par rapport temps

La Figure 3 montre les courbes des précipitations. Les pluies atteignent leur pic en septembre pour se réduire drastiquement en octobre et s'arrêter en novembre. Ces périodes coïncident avec la floraison. En effet, la floraison est très intense (figure 5) entre fin septembre et 10 octobre.

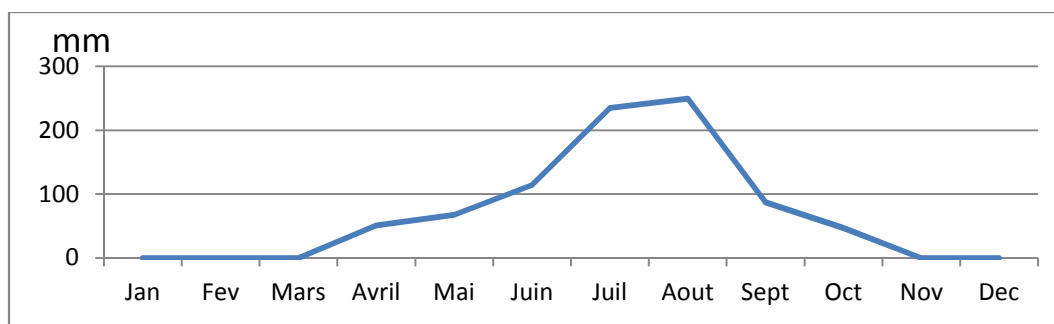


Figure 3. Courbe de la pluviométrie

La figure 4 montre les courbes d'insolation qui correspond à la durée du jour dans une journée de 24 heures. En effet, de février à novembre, la durée du jour est inférieure à 12 heures.

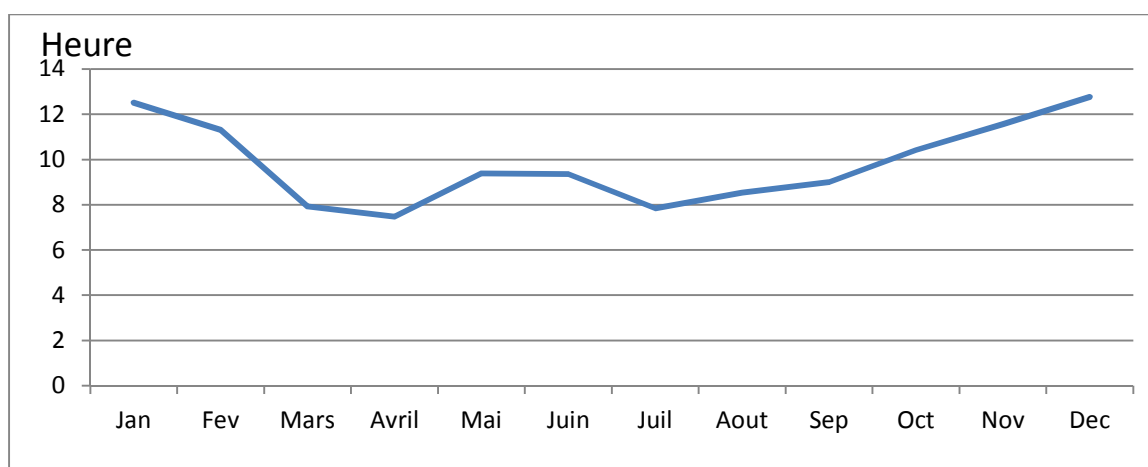


Tableau 4. Courbe d'insolation pour les 2009 et 2010

La figure 5 montre l'évolution des dates de floraison en fonction du temps, des deux dates cumulés. Il apparait une distribution normale de la courbe avec une intense floraison le 05 octobre. En effet, 45 écotypes ont fleuri en cette date représentant autours de 1/5 de l'ensemble des 2 essais.

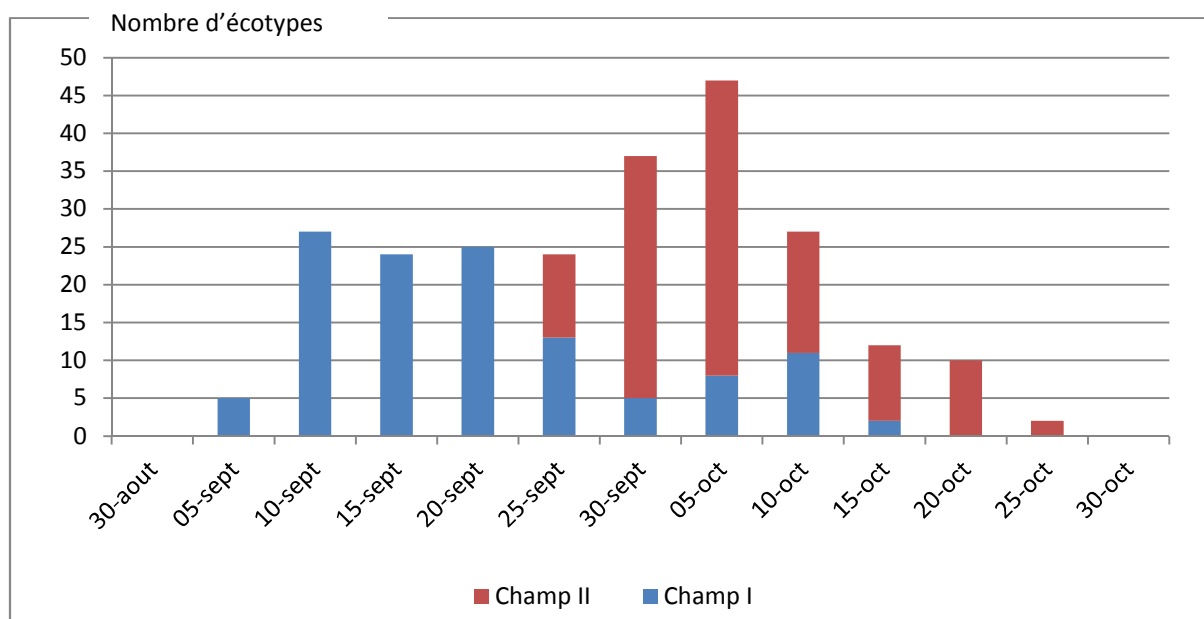


Figure 5. Courbe des dates de floraison cumulée pour les deux essais

3.4 VARIATION DU COEFFICIENT DE PHOTOPÉRIODISME

La répartition des coefficients de photopériodisme en classe (figure 6) montre une distribution non normale. En effet, la classe de K variant entre 0,2 et 0,3 est représentée par 17% d'écotypes et les autres classes ont une représentation variant entre 15% à 11%, seules les classes de K variant entre 0,7 et 0,9 ; et K variant entre 0,8 et 0,9 sont représentées chacune par moins de 2% des écotypes.

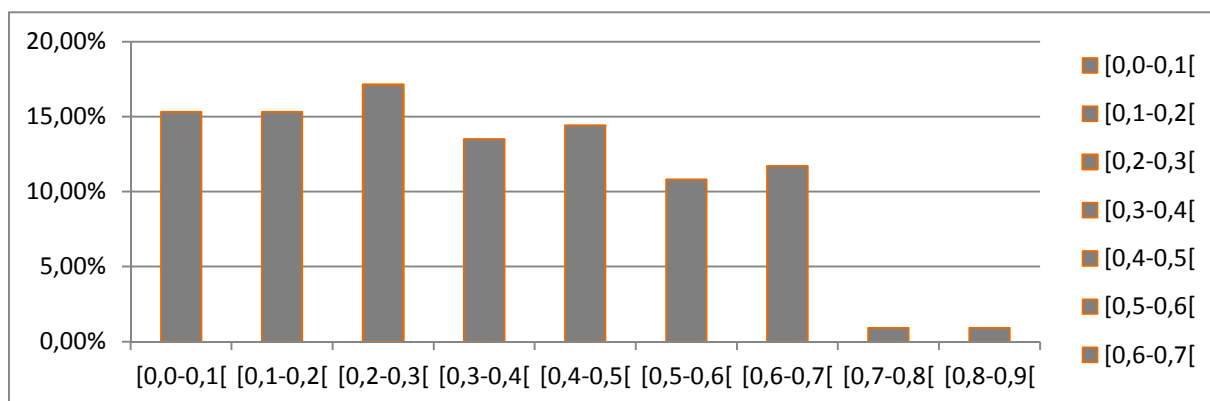


Figure 6. Répartition de K en classe

3.5 INFLUENCE DE LA DATE DE SEMIS SUR LE RENDEMENT

Le tableau 4 montre l'existence de grands coefficients de variation traduisant une importante variabilité entre les écotypes pour ces différentes variables dans les deux essais. Ces variables sont des indicateurs de production et de

productivité, ce qui nous permet de voir l'importance en perte lorsqu'un retard de semis est connu. Ce tableau montre une diminution considérable des performances des écotypes.

Tableau 4. Performances des écotypes dans les deux dates de semis

	PPP (g)		PPE (g)		PGP (g)		PGE (g)		NGEp %	NGPp %
	Chp I	Chp II	Chp I	Chp II	Chp I	Chp II	Chp I	Chp II		
Moy	74,90	32,95	85,83	33,98	53,57	19,56	60,42	19,97	66,06	63,38
Min	21,55	15,37	23,34	17,31	3,56	1,668	3,838	1,69	9,68	9,69
Max	120,10	77,77	152,17	77,77	91,56	55,62	107,49	55,62	95,72	94,54
Ecart-type	18,11	10,55	24,96	10,55	16,65	9,22	21,11	9,33	15,04	14,82
CV %	24,18	32,01	29,08	31,06	31,08	47,14	34,94	46,74	22,76	23,4

PPP : poids de la panicule principale ; PPE : poids de la panicule entière ; PGP : poids des grains de la panicule principale ; PGE : poids des grains de la plante entière ; NGEp : nombre de grains perdus pour l'écotype ; Chp : champs ; g : gramme

4 DISCUSSION

4.1 VARIABILITÉ DU COEFFICIENT DE PHOTOPÉRIODISME

L'analyse des coefficients de variations montre de grandes variations du coefficient de photopériodisme pour toutes les régions. En effet, une valeur élevée du coefficient de variation ($CV > 30\%$) traduit une grande variabilité du caractère [8]. Cela indique une très forte hétérogénéité entre les différentes régions pour la sensibilité des écotypes à la photopériode, constituant un avantage majeur car la diversité des durées de cycle et de sensibilité à la photopériode confère aux variétés traditionnelles de sorgho une remarquable adaptation aux milieux et au climat sahélien [9]. Ainsi un retard de semis de 30 jours entraîne un raccourcissement du cycle de moins d'un jour (autour de 4h) pour l'écotype le moins photopériodique et de 24 jours 16 heures et 33 minutes pour le plus photopériodique.

Les écotypes de la région de l'Ouest sont les plus photopériodiques puisqu'ils ont la meilleure moyenne, la grande valeur en minima et un maxima proche de la valeur maximale. Ainsi un retard de semis de 30 jours dans cette région, fait raccourcir le cycle des écotypes de 7 à 23 jours, avec une moyenne de 15 jours. Ce qui corrobore les travaux réalisés au Mali, qui ont montré que toutes les variétés traditionnelles sont photopériodiques et la valeur moyenne du coefficient de photopériodisme passe de 0,81 à 0,41 [10].

L'étude permet de montrer aussi que tous les écotypes semés à des dates différentes réduisent systématiquement leur cycle.

4.2 INFLUENCE DE QUELQUES FACTEURS DANS LA RÉPONSE PHOTOPÉRIODIQUE

La floraison démarre le 05 septembre et s'achève le 15 octobre dans la première date et début le 25 septembre dans la 2^e date pour finir le 25 octobre. On note un décalage de 20 jours entre le début des floraisons pour les 2 dates et de 10 jours entre la fin des floraisons. Ce qui coïncide avec la fin de la saison de pluie qui commence le 15 octobre avec une diminution drastique des pluies (autours de 20 mm). Selon [10], la floraison des variétés se produit dans les 20 jours qui précèdent la date moyenne de fin de la saison des pluies. De plus, le caractère de photopériodisme conservé dans les écotypes locaux de sorgho favorise le synchronisme entre la longueur du cycle cultural et les limites de la saison des pluies [12].

En effet, sont dits photopériodiques les phénomènes dans lesquels l'éclaircissement intervient non par son intensité mais par sa durée au cours du cycle des 24 heures. Dans cette étude, de février à novembre, la durée du jour est inférieure à 12 heures, alors que l'initiation florale a commencée le 05 septembre pour s'achever le 25 octobre, période pendant laquelle le jour est plus court que la nuit. Ce qui corrobore les résultats de [5], selon lesquels les sorghos ont tendance à fleurir plus rapidement vers la fin de la saison de pluies, lorsque la longueur du jour diminue.

4.3 VARIATION DU COEFFICIENT DE PHOTOPÉRIODISME AU BURKINA FASO

Le coefficient de photopériodisme est un indicateur de réduction de cycle. Ainsi lors d'un retard de semis de 30 jours, 17% des écotypes réduisent leur cycle de 6 à 9 jours, moins de 2% réduisent leur cycle de 21 à 24 jours ou de 24 à 27 jours. Une étude sur le sorgho du Burkina Faso a montré que 12,1 % des variétés ont une sensibilité modérée à la photopériode

($0,4 \leq K \leq 0,5$), 81,5% une sensibilité relativement importante ($0,5 < K \leq 0,8$) et 6,4 % une sensibilité plus forte ($0,8 < K \leq 1$) [13].

4.4 INFLUENCE DE LA DATE DE SEMIS SUR LE RENDEMENT

Lors ce qu'un retard de semi de 21 jours est accusé, les performances des écotypes diminuent considérablement. Ce qui se traduit par la perte les graines des panicules principales des écotypes autours de 9,68 à 94,54% avec une moyenne de 63,378% et une perte de rendement par plant de 10 à 96% avec une moyenne de 66%. Au Mali, les sorghos sensibles à la photopériode réduisent le nombre de leurs grains par panicule de l'ordre de 34% à 58% suite à un retard de semis de 15 à 30 jours [14]. Ces variables sont des indicateurs de production et de productivité.

5 CONCLUSION

L'étude du photopériodisme des écotypes de sorgho du Burkina Faso a permis de déterminer une importante diversité de réaction. Tous les écotypes étudiés sont photopériodiques et réduisent, lors d'un retard de semis de 30 jours, leur cycle autours de 4h à 24 jours 16 heures. Les écotypes de la région de l'Ouest sont les plus sensibles à la photopériode car lorsqu'on effectue un retard de semis de 30 jours en cette région, les écotypes raccourcissent leur cycle entre 7 et 23 jours, avec une moyenne de 15 jours. Notons aussi que 46 % des écotypes ont montré une sensibilité modérée à la photopériode ($0 < K \leq 0,3$), 38% une sensibilité relativement importante ($0,3 < K \leq 0,6$) et seulement 16 % une sensibilité forte ($0,6 < K \leq 0,9$).

Il existe un décalage de 20 jours entre le début de floraison des deux essais et de 10 jours entre la fin de la floraison. La fin de la floraison coïncide avec la fin de la saison de pluie qui commence le 15 octobre avec une diminution drastique des pluies pour prendre fin le 20 novembre. La floraison des écotypes se produit dans les 25 jours qui précèdent la date moyenne de fin de la saison des pluies. L'initiation florale a commencée pendant la période à laquelle le jour est plus court que la nuit pour finir dans cette période.

Aussi, cette étude a permis de montrer que lors d'un retard de semis de 3 semaines les écotypes perdent 10 à 96% de leurs graines avec une moyenne de 66%.

Ce travail est certes une ébauche dans la valorisation des écotypes du germoplasme de l'Université de Ouagadougou, mais pourrait permettre de guider les sélectionneurs à définir des idéotypes spécifiques et adaptés à la gamme d'environnements climatiques de cette zone.

REMERCIEMENT

Nous adressons nos remerciements à la direction générale de l'Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD_TCHAD), qui a assuré le financement pour ce travail.

REFERENCES

- [1] Faostat. 2012. [Online] Disponible : <http://faostat.fao.org> (février 2012).
- [2] Vaksmann M., Kouressey M., Chantereau J., Bazile D., Sangard F., Toure A., Sanogo O., Diawara G. et Dante A., Utilisation de la diversité génétique des sorghos locaux du Mali, *Cahiers d'études et de recherches francophones/ Agricultures*, Vol. 17, Num. 2, 140-5, 2008.
- [3] Dingkuhn M., Kouressey M., Vaksmann M., Clerget B. et Chantereau J., A model of sorghum photoperiodism using the concept of threshold-lowering during prolonged appetite, *Europ. J. Agronomy* 28 (2008) 74–89. 2007.
- [4] Clerget B., Dingkuhn M., Chantereau J., Hemberger J., Louarn G., Vaksmann M., Does panicle initiation in tropical sorghum depend on day-to-day change in photoperiod? *Field Crops Research* 88 (2004) 11–27. 2004.
- [5] Vaksmann M, Traore SB, Niangado O., Le photopériodisme des sorghos africains, *Agriculture et Développement* 1996 ; 9 : 13-8, 1996.
- [6] Lacy S.M., Cleveland D.A. et Soleri D., Farmer choice of sorghum varieties in Southern Mali, *Hum Ecol* 2006; 34: 331-53, 2006.
- [7] Clerget B., Variabilité de la vitesse de développement chez le sorgho cultivé (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) et relation avec le photopériodisme, *Cahiers Agricultures* vol. 17, n° 2. 2008.
- [8] Aljane F. et Ferchini A., Caractérisation et évaluation de six cultivars du caprifiguier (*Ficus carica* L.) en Tunisie, *Plant Genetic Resource Newsletter* (151) 22-26, 2007.

- [9] Brocke K. V., Trouche G., Vaksmann M. et Bazile D., Préservation de l'agrobiodiversité du sorgho au Mali et au Burkina Faso -amélioration et la productivité et maintien de la biodiversité, *Atelier sur la diversité et valorisation des ressources génétiques des mils*. Niamey (Niger) 28-29 mai 2002, Cirad, 9p, 2002.
- [10] Kouressy M., Traore S., Vaksmann M., Grum M., Maikano I., Soumare M., Traore P.S., Bazile D., Dingkuhn M., et Sidibe A., Adaptation des sorghos du Mali à la variabilité climatique, *Cahiers Agricultures* vol. 17, n° 2, mars-avril 2008, 2008.
- [11] Bretaudeau A., Traore B., Ousmane N., Adama B. et Sako D., Variabilité génétique des sorghos de décrue au Mali, *Réunion de travail du 11 au 15 mars 2001 à Nouakchott ; Agence Espagnole de Coopération Internationale ; ISBN 84-7232-898-8 ; 123-129pp*, 2001.
- [12] Bazile D. et Soumare M., Gestion spatiale de la diversité variétale en réponse à la diversité écosystémique : le cas du sorgho [*Sorghum bicolor* (L) Moench] au Mali, *Cahiers Agricultures* 2004 ; 13 : 480-7, 2004.
- [13] Barro-Kondombo C., Diversité agromorphologique et génétique de variétés locales de sorgho (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) au Burkina Faso. Eléments pour la valorisation des ressources génétiques locales, *Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou*, 112 p, 2010.
- [14] Toure, A., Traore, K., Bengaly, A., Scheuring, J.F., Rosenow, D.T. & Rooney, L.W., Le potentiel des cultivars locaux dans l'amélioration du sorgho au Mali, *African Crop Science Journal*, Vol. 6, n° 1, 1998, pp 1-7, 1998.