

Le photopériodisme des sorghos africains

Les variétés de sorgho obtenues en sélection ces dernières années apportaient un progrès surtout sur le plan de la productivité dans des conditions de milieu favorables.

Pour répondre aux besoins et aux contraintes des agriculteurs d'Afrique soudano-sahélienne, il est nécessaire à présent d'intégrer des caractéristiques agronomiques des variétés locales, notamment leur sensibilité au photopériodisme qui procure une grande souplesse d'adaptation face aux aléas climatiques.

M. VAKSMANN
CIRAD-CA, BP 1813,
Bamako, Mali
S.B. TRAORE,
O. NIANGADO
Institut d'économie rurale,
BP 258,
Bamako, Mali

Les programmes de sélection, ayant pour objectif d'augmenter le niveau de productivité dans des conditions de culture non limitantes, ont éliminé le comportement photopériodique des cultivars améliorés. Il s'agissait :

- de diminuer la taille des plants et la production de biomasse pour mieux valoriser les engrais ou l'irrigation ;
- de raccourcir la longueur des cycles culturaux ;
- d'améliorer l'aptitude du matériel végétal à la culture dans d'autres conditions de durée du jour, sous d'autres latitudes ou en contre saison.

Ce choix sous-estime la souplesse que procure le photopériodisme dans le calage des cycles culturaux. Les variétés issues de la sélection sont mal adaptées aux systèmes de production extensifs d'Afrique de l'Ouest, ce qui explique leur faible adoption par les paysans (STOOP *et al.*, 1982).

Au Mali, une étude a été conduite sur la sensibilité des variétés au photopériodisme par l'Institut d'économie rurale (IER, Mali) en collaboration avec le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD, France) et l'International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT, Inde).

Le photopériodisme des sorghos

Le développement des sorghos dépend essentiellement de la température et de la photopériode. Le photopériodisme est généralement reconnu comme une adaptation à des phénomènes saisonniers. Pour les mils et sorghos, ce phénomène permet la synchronisation de la floraison

avec la fin de la saison des pluies. En effet, dans des conditions de faible intensification, une des principales qualités des sorghos locaux est leur adaptation à la variabilité climatique de façon à valoriser la totalité de la saison des pluies et optimiser les conditions de maturation du grain.

On partage habituellement les types de réponses à la photopériode en trois catégories, les plantes insensibles, les plantes qui fleurissent plutôt en jour long et celles qui fleurissent plutôt en jour court. 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 ».

De mai à octobre, saison agricole en Afrique de l'Ouest et du Centre, la variation de la durée du jour est faible, à cause de la proximité de l'équateur (figure 1). Toutefois, le sorgho est très sensible et son cycle peut être modifié par de très faibles variations de la durée du jour, de l'ordre de quelques minutes.

En fonction de la date de semis, la durée du cycle des sorghos d'Afrique soudano-sahélienne peut varier, pour une même variété, de 90 à 190 jours. Un décalage de semis de 15 jours peut, fin mars, c'est-à-dire en contre saison, retarder la durée du cycle de plusieurs mois (figure 2). Il est rare, pour une plante de grande culture, de présenter une telle interaction entre le génotype et l'environnement.

Modèles de développement du sorgho

Un modèle simple permet d'expliquer le développement du sorgho : la durée de la période végétative (DT), exprimée en somme de degrés jours de la levée à l'initiation paniculaire, augmente avec la photopériode (P), soit de façon linéaire (MAJOR, 1980 ; RITCHIE et ALAGARSWAMY, 1989), soit de façon hyperbolique (FRANQUIN, 1974).

Le premier modèle linéaire (figure 3) implique une variation faible de la durée de la phase végétative en fonction de la photopériode. C'est le cas de nombreuses variétés américaines ou de variétés issues des programmes de sélection.

Dans le second modèle, la durée de la phase végétative s'accroît très rapidement lorsque

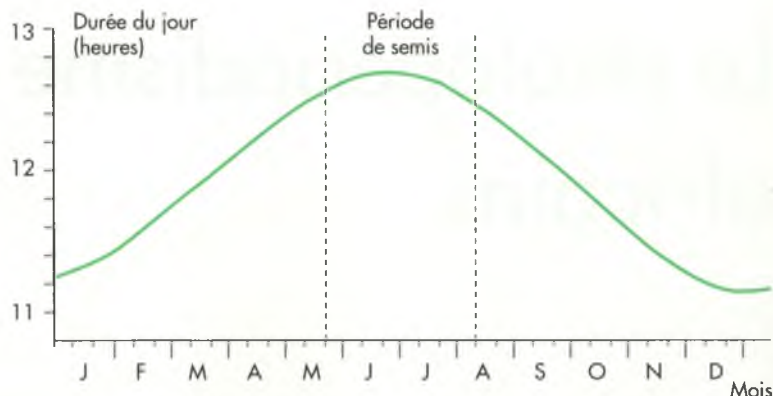


Figure 1. Evolution de la durée du jour à 12°39' de latitude nord (latitude de Bamako, Mali) au cours de l'année.

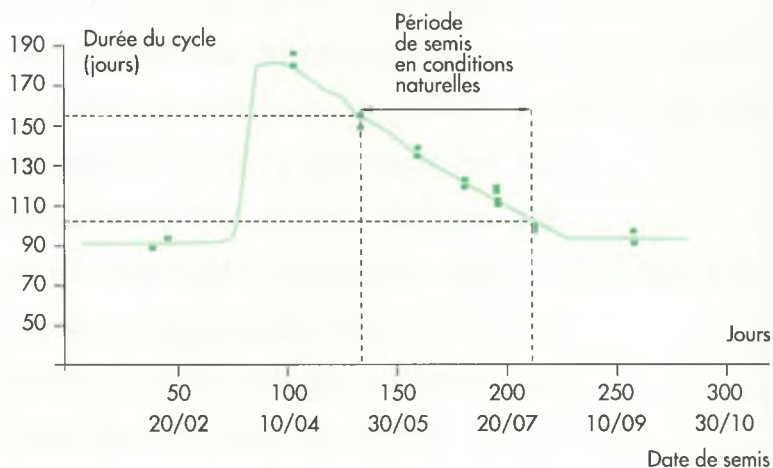
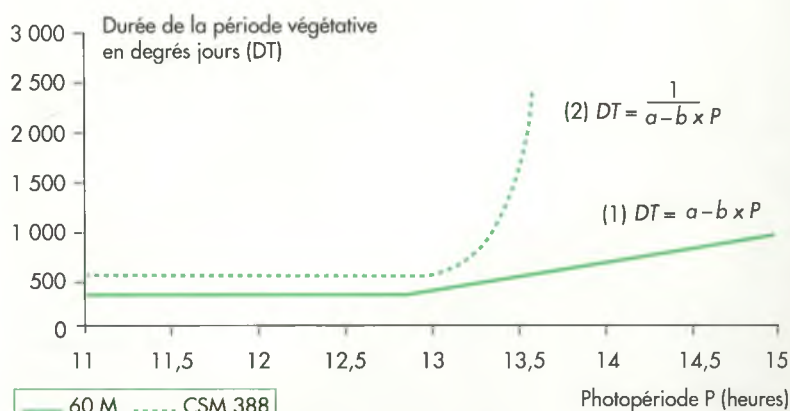


Figure 2. Evolution de la durée du cycle d'une variété locale de sorgho (CSM 388) lorsque la date de semis varie (région de Bamako).



- (1) Modèle linéaire, par exemple pour la variété 60 M
- (2) Modèle hyperbolique, par exemple pour la variété CSM 388

Figure 3. Les deux modèles reliant la somme des températures nécessaires à l'initiation paniculaire en fonction de la photopériode.

la photopériode augmente, jusqu'à rendre impossible la floraison en jours longs. Ce modèle traduit bien le comportement des sorghos africains. S'ils sont semés de mai à juin, près du solstice, lorsque la durée du jour est maximale, leur développement reste à l'état végétatif et évolue lorsque la durée du jour est descendue en dessous d'une photopériode inductive. S'ils sont semés en août ou sous des photopériodes basses, la durée de la période végétative est minimale et sa valeur représente la « précocité intrinsèque » de la variété. Dans ces conditions la variété semble insensible à la photopériode.

Prévision du développement des sorghos

Pour déterminer les caractéristiques de sensibilité à la photopériode et aux températures d'une variété, on réalise un essai comportant des semis échelonnés. On porte en ordonnée la durée de la période végétative (DT) et en abscisse la photopériode (P) au moment de l'initiation paniculaire (figure 4). On ajuste une relation hyperbolique de formule générale : $DT = 1 / b - a \times P$. Cette formule permet de prévoir la durée de la phase végétative en fonction de la date de semis et des températures suivant une procédure itérative simple. Chaque variété peut être caractérisée par les coefficients de photopériodisme a et b et par la durée de la phase juvénile pendant laquelle, en début de cycle, elle est insensible à la photopériode (tableau 1).

Conséquences agronomiques : adaptation et calage du cycle

En Afrique soudano-sahélienne, la saison des pluies comprend trois périodes caractéristiques (figure 5).

La première période correspond à l'installation des pluies. Cette période, de mai à juillet, est celle des semis. Le début et la durée de cette phase sont très variables suivant les lieux, les années mais aussi en fonction des itinéraires techniques et notamment du travail du sol.

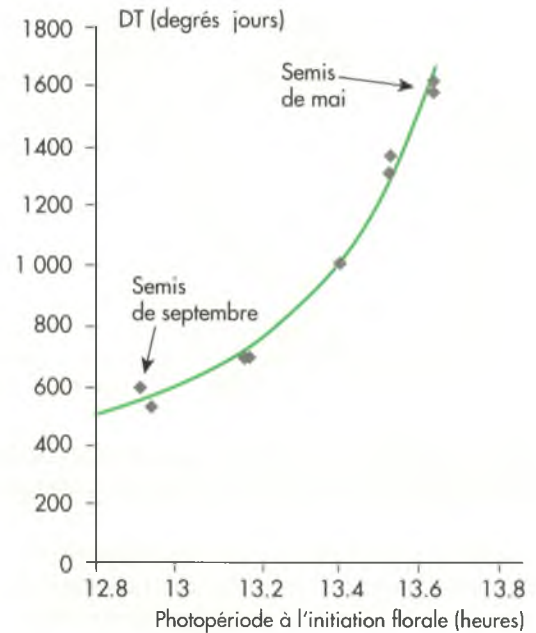


Figure 4. Relation entre la photopériode (P) et la durée de la période végétative (DT) exprimée en degrés jours (base 8).

Tableau 1. Paramètres caractéristiques du développement de 4 variétés originaires du Mali.

Variété	a	b	Phase juvénile en degrés jours
CSM 63	0,00093	0,01415	500
CSM 219	0,00199	0,02794	450
CSM 388	0,001947	0,02705	500
Bimbiri Dialan	0,00082	0,01166	700

Fonctionnement du modèle de développement des sorghos

Afin de prévoir la durée de la période végétative (de la levée à l'initiation paniculaire), un processus de calcul est utilisé au pas de temps journalier et en tenant compte de la latitude.

Chaque jour on calcule :

- la photopériode (P) à l'aide de formules astronomiques (DURAND et LEGROS, 1981).
- la somme de température (TT) depuis la levée. On utilise une température de base de 8 °C et un optimum à 34 °C.
- la somme de température (DT) nécessaire à l'initiation paniculaire est déterminé par la formule suivante, a et b sont des coefficients caractéristiques d'une variété : $DT = 1 / b - a \times P$. La période végétative prend fin lorsque les besoins sont couverts, c'est-à-dire si TT excède DT.

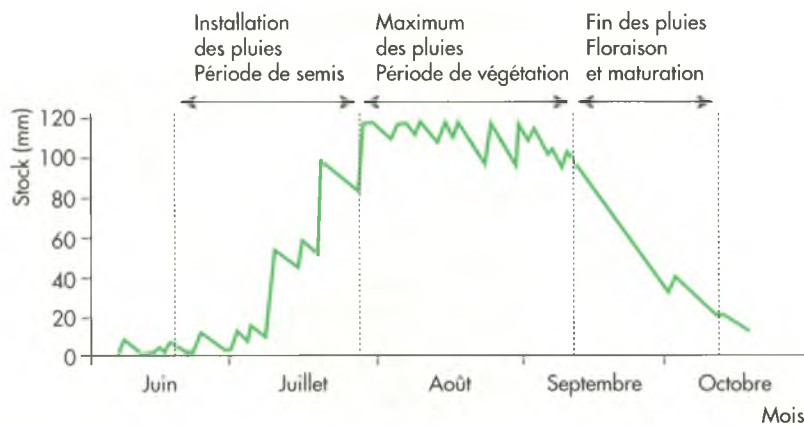


Figure 5. Evolution du stock hydrique et détermination des dates caractéristiques de l'année pluviométrique en Afrique soudano-sahélienne.

La deuxième période est très humide et la pluviométrie est régulière. Elle correspond à la pleine végétation du sorgho de mi-juillet à mi-septembre.

La troisième période correspond à la fin de la saison des pluies, le stock d'eau dans le sol diminue régulièrement. C'est la période de maturation du grain.

Si, entre les années, le semis peut varier de mai à juillet, en un même endroit, la date moyenne d'arrêt des pluies est moins variable. La sensibilité à la photopériode conduit, en général, à une floraison groupée à la fin de la seconde période, la plus humide, assurant des conditions optimales pour la maturation du grain. On considère, en général, qu'une variété est adaptée si elle



Effet de la date de semis sur le développement d'un sorgho photopériodique (Sinzana, Mali).

Cliché F.N. Reyniers

fleurit deux à trois semaines avant l'arrêt de la saison des pluies (CIRAD-IRAT, 1971). Le rendement et la qualité du grain dépendent étroitement de la date de floraison car le grain des variétés qui fleurissent trop tôt est attaqué par les oiseaux et altéré par les moisissures et les insectes. Les variétés dont la floraison est trop tardive épuisent les réserves en eau du sol avant la fin du remplissage des grains (CURTIS, 1968 ; KASSAM et ANDREWS, 1975 ; FRANQUIN, 1984).

Dans les zones où les risques de sécheresse sont importants, cette souplesse de date de semis rend possible la pratique traditionnelle du semis précoce qui permet de valoriser la totalité de la saison des pluies. De plus, cette pratique améliore l'utilisation de l'azote organique minéralisée en début de campagne et permet une meilleure maîtrise de l'enherbement car les sarclages commencent plus tôt et le développement des plants est plus précoce, concurrençant celui des adventices. Pour une variété peu sensible à la photopériode, un retard de semis se traduit par un décalage équivalent de la date de floraison. Si le semis est trop précoce, la maturation se fait dans une ambiance très humide et, en cas de semis trop tardif, le risque de sécheresse après la floraison est accru. La vulgarisation de cette variété devra tenir compte de l'écart nécessairement réduit des dates de semis.

La modélisation du bilan hydrique permet, pour chaque site, de caler les caractéristiques variétales en fonction de la période de semis et de la date moyenne de fin des pluies. L'analyse fréquentielle de la phénologie et des termes du bilan hydrique permet de mesurer les risques agroclimatiques et de déterminer les zones optimales de culture pour chaque variété (figure 6).

L'évolution des programmes de recherche

Les variétés locales fournissent une production élevée de pailles, avec un ratio paille / grain faible, et ne répondent pas à une intensification des techniques. C'est pourquoi les sélectionneurs ont entrepris, depuis les années soixante, divers croisements à partir de matériel exogène (JACQUINOT, 1972).

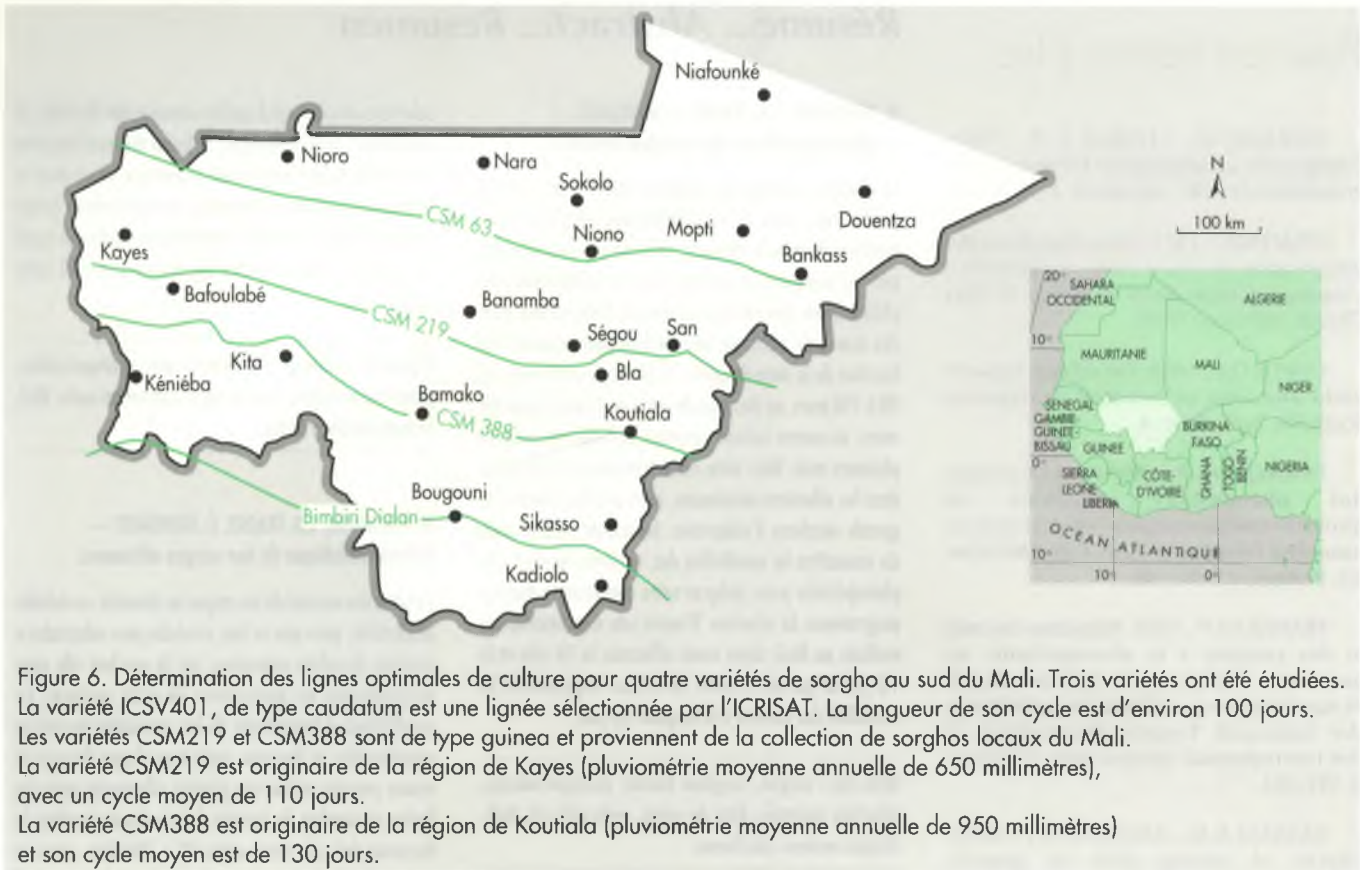


Figure 6. Détermination des lignes optimales de culture pour quatre variétés de sorgho au sud du Mali. Trois variétés ont été étudiées. La variété ICSV401, de type caudatum est une lignée sélectionnée par l'ICRISAT. La longueur de son cycle est d'environ 100 jours. Les variétés CSM219 et CSM388 sont de type guinea et proviennent de la collection de sorghos locaux du Mali. La variété CSM219 est originaire de la région de Kayes (pluviométrie moyenne annuelle de 650 millimètres), avec un cycle moyen de 110 jours. La variété CSM388 est originaire de la région de Koutiala (pluviométrie moyenne annuelle de 950 millimètres) et son cycle moyen est de 130 jours.

La sélection a privilégié l'introduction de variétés de taille courte et de fort potentiel de production. A l'époque de ce choix stratégique, il était implicite que l'agriculture traditionnelle allait s'intensifier. Il s'agissait de préparer la « révolution verte » qui avait déjà permis une amélioration considérable de la production agricole en Asie.

Cette tendance s'est encore accrue avec la sécheresse qui a sévi au Sahel. Les variétés au développement plus rapide ont été préférées aux variétés locales car elles devaient mieux s'adapter à des hivernages courts. Pour réduire la taille et la durée du cycle, l'obtention des variétés insensibles à la photopériode était devenue alors un des principaux critères de sélection.

L'évolution agricole des pays d'Afrique de l'Ouest a généralement démenti ces prévisions, les nouvelles techniques et les variétés améliorées se sont révélées décevantes et les paysans ne les ont que rarement adoptées (STOOP *et al.*, 1981 ; MATLON, 1985).

A travers le photopériodisme, nous cherchons à améliorer la prise en compte des contraintes écologiques dans la définition des programmes de recherche.

A l'issue de ce travail nous escomptons :

- améliorer la connaissance de la croissance et du développement des céréales africaines ;
- la mise au point de protocoles expérimentaux simples permettant de cribler un grand nombre de variétés à l'égard du photopériodisme et la caractérisation systématique des variétés en cours de vulgarisation ;
- améliorer notre connaissance des stratégies paysannes de choix variétal. Les programmes d'amélioration doivent tenir compte des besoins des paysans dans leur diversité. Une prospection des variétés locales couplée avec une caractérisation de leur comportement est en cours de réalisation ;
- établir des méthodes de sélection permettant d'améliorer le rapport grain / paille et la valorisation des intrants tout en respectant le photopériodisme des cultivars ;
- améliorer l'évaluation du risque encouru par le paysan, face aux différents itinéraires techniques qui lui sont proposés. C'est l'objectif final de la modélisation qui permettra de sensibiliser les chercheurs et les agents de vulgarisation aux contraintes des paysans et aux inconvénients éventuels des améliorations qu'ils proposent.

Pour en savoir plus

DURAND R., LEGROS J.-P., 1981. Cartographie automatique de l'énergie solaire en fonction du relief. *Agronomie* 1 (1) : 31-39.

CIRAD-IRAT, 1971. Les variétés de sorgho vulgarisables en Haute Volta, Supplément à *L'Agronomie Tropicale* 26 (4), C. Agr. Pr. Pays Chauds, 1971 (2) : 77-96.

CURTIS D.L., 1968. The relation between yield and date of heading in Nigerian Sorghums. *Expl. Agric.* 4.

FRANQUIN P., 1974. Formulation des phénomènes apparents de photothermopériodisme en conditions naturelles. Principes de base, Cah. ORSTOM, sér. Biologie, 23 (31) : 43.

FRANQUIN P., 1984. Adaptation des mils et des sorghos à la photopériode, au parasitisme et à la capacité hydrique du sol. In *Agrometeorology of Sorghum and Millet in the Semi-arid Tropics Proceedings of the International Symposium, ICRISAT*, p. 191-203.

KASSAM A.H., ANDREW D.J., 1975. Effects of sowing date on growth, development and yield of photosensitive sorghum at Samaru, Northern Nigeria. *Expl. Agric.* 11 : 227-240.

MAJOR D.J., 1980. Photoperiod response characteristics controlling flowering of nine crop species. *Can. J. Plant Sci.* 60 : 777-784.

RITCHIE J.T., ALAGARSWARMY G., 1989. Simulation of Sorghum and Pearl Millet phenology in modeling the growth and development of Sorghum and Pearl Millet. *ICRISAT, Res. Bull.* 12 : 24-29.

MATLON P.J., 1985. Analyse critique des objectifs, méthodes et progrès accomplis à ce jour dans l'amélioration du sorgho et du mil : une étude de cas de l'ICRISAT/Burkina Faso. In *Technologies appropriées pour les paysans des zones semi-arides de l'Afrique de l'ouest*. H.W. OHMS et J.G. NAGY (Eds), Université de Purdue, Indiana, Etats-Unis, p. 181-211.

STOOP W.A., PATTANAYAK C.M., MATLON P.J., ROOT W.R., 1981. A strategy to raise the productivity of subsistence farming systems in the west African semi-arid tropics. In *Proceedings sorghum in the Eighties 2-7 November 1981, ICRISAT, Patancheru, Inde.* 324, A.P. p. 519-526.

Essais de sorghos photopériodiques (Sinzana, Mali).

Cliché F.-N. Reyniers

Résumé... Abstract... Resumen

M. VAKSMANN, S.B. TRAORE, O. NIANGADO —
Le photopériodisme des sorghos africains.

La sélection variétale des sorghos a abouti à des variétés productives, mais qui se révèlent peu adaptées à des systèmes de culture extensifs, elles ont été peu adoptées par les paysans de ces régions. La sensibilité à la photopériode des variétés locales est forte, même avec des écarts de photopériode de quelques minutes. En fonction de la date de semis, la durée du cycle varie de 90 à 190 jours, un décalage de semis de 15 jours peut (fin mars, en contre saison) retarder la durée du cycle de plusieurs mois. Mais cette caractéristique a été éliminée dans les sélections antérieures, alors qu'elle confère une grande souplesse d'adaptation. Il est donc recommandé de connaître la sensibilité des variétés locales à la photopériode pour intégrer cette composante dans les programmes de sélection. D'après une expérimentation réalisée au Mali, deux semis effectués le 10 juin et le 10 juillet permettraient de cribler rapidement la sensibilité des variétés à la longueur du jour.

Mots-clés : sorgho, *Sorghum bicolor*, photopériodisme, sélection variétale, date de semis, cycle cultural, Mali, Afrique soudano-sahélienne.

M. VAKSMANN, S.B. TRAORE, O. NIANGADO —
Photoperiodism of African sorghum.

Plant improvement of sorghum has led to the release of highyielding cultivars. But they are not well adapted for use in traditional cultivation systems and farmers of these regions have rarely grown them. The photoperiod sensitivity of traditional is considerable — flowering occurs during the same period despite considerable differences between sowing dates. Depending on sowing date, the length of the cropping cycle varies from 90-190 days and delaying sowing by 15 days (end of March, out of season) can prolong the cycle by several months. However, this character was eliminated in earlier

selections even though it confers considerable flexibility of adaptation. So it is desirable to know the local varieties sensitivity to daylength and to include these data in breeding programmes. According to experimental results from Mali, these varieties sensitivity to daylength could be rapidly determined by two sowings on 10 June and 10 July.

Keywords: sorghum, *Sorghum bicolor*, photoperiodism, plant improvement, sowing date, cultivation cycle, Mali, Sudano-Sahelian Africa.

M. VAKSMANN, S.B. TRAORE, O. NIANGADO —
El fotoperiodismo de los sorghos africanos.

La selección varietal de los sorghos ha obtenido variedades productivas, pero que se han revelado poco adaptadas a sistemas de cultivo extensivos, por lo que han sido poco aceptadas por los agricultores de estas regiones. La sensibilidad al fotoperiodo de las variedades locales es considerable: la floración suele tener lugar durante el mismo periodo incluso con grandes diferencias entre las fechas de siembra. En función de la fecha de siembra, la duración del ciclo varia entre 90 y 100 días, pero un retraso de 15 días en la siembra (a fines de marzo, en contraestación) puede retardar varios meses la duración del ciclo. Sin embargo, esta característica se eliminó en las selecciones anteriores, aun cuando brinda una gran flexibilidad de adaptación. recomienda conocer la sensibilidad de las variedades locales al fotoperiodo para integrar este componente en los programas de selección. Según una experimentación realizada en Mali, dos siembras efectuadas el 10 de junio y el 10 de julio pueden permitir determinar rápidamente la sensibilidad de las variedades a la longitud del día.

Palabras clave: sorgho, *Sorghum bicolor*, fotoperiodismo, selección varietal, fecha de siembra, ciclo de cultivo, Mali, Africa sudano-saheliana.

