

DÉMARRAGE DE LA SAISON DES PLUIES ET DATE DE SEMIS DU MIL DANS LE SUD-OUEST DU NIGER

MARTEAU R.¹, SULTAN B.², MORON V.^{3,4}, BARON C.⁵, TRAORE S.B.⁶, et
ALHASSANE A.⁶.

¹ CRC - Centre de Recherches de Climatologie, UMR 5210 CNRS, Université de Bourgogne, Dijon, France.

² IRD / LOCEAN - Institut de Recherche pour le développement / Laboratoire d'océanographie et du climat :
expérimentation et approches numériques. UMR 7159, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France.

³ CIRAD, Av Agropolis, 34 398 Montpellier Cedex 5, France.

⁴ AGRHYMET Regional Center, BP 11011 Niamey, Niger.

⁵ UMR 6635, CEREGE, Europôle méditerranéen de l'Arbois, France.

⁶ UFR des Sciences Géographiques et de l'Aménagement, Université d'Aix-Marseille I, Aix en Provence, France.

Résumé : La relation entre la date de démarrage de la saison des pluies et la stratégie de semis du mil en milieu paysan a été analysée sur l'observatoire AMMA-CATCH Niger. La plupart des agriculteurs attendent le premier événement pluvieux d'au moins 10 mm pour semer. Les semis interviennent entre le démarrage climatique d'échelle méso, basé sur l'occurrence du premier système convectif méso-échelle, et le démarrage agronomique, basé sur la première pluie significative non suivie d'une séquence sèche prolongée dommageable pour le semis.

Mots-clés : Date de semis ; Démarrage de la saison des pluies ; AMMA-CATCH Niger ; Mil.

Abstract: *Start of the rainy season and pearl millet sowing date in the South West of Niger*

Relationships between the rainy season onset and the farmer's sowing strategy were analysed over the AMMA-CATCH Niger mesoscale site. Results showed that most farmers wait for the first rainy event greater than 10 mm within 2 days to trigger sowing. For the 2004-2007 period, sowing occurred before the agro-climatic onset of the rainy season and as a result, 23% of the sowings failed because of the occurrence of a dry spell longer than 9 days thereafter. The successful sowing dates occurred between the "Balme" hydrological onset, based on the first meso-scale convective system, and the "Sivakumar" agronomical onset, based on the first significant rainfall without a damaging dry spell thereafter, which is the sowing date with the lowest risk.

Keywords : Sowing date ; Start of the rainy season ; AMMA-CATCH Niger ; Pearl millet.

Introduction

Au Niger, les cultures céréalières occupent plus de 80% des terres arables dont la principale variété cultivée est le « millet perle » [*Pennisetum glaucum* (L) R. Br] contribue à 75% de la production céréalière totale du pays (FAOSTAT, 2005). Au sein des exploitations familiales traditionnelles le mil est entièrement cultivé sous condition pluviale avec peu d'intrants (irrigation, mécanisation, engrais chimiques, produits phytosanitaires, ...). Au regard du contexte climatique sahélien, l'agriculture essentiellement pluviale est extrêmement sensible aux fluctuations saisonnières et intra-saisonnières des précipitations. La faible productivité de mil (700-900 kg/ha) combinée à une croissance rapide de la population (+2.9% par an au Niger) sont une des principales causes de vulnérabilité des populations, exposée depuis les années 70 à la récurrence de graves crises alimentaires. Avec la fertilité des sols, les conditions météorologiques apparaissent comme le principal facteur limitant de la production céréalière en raison de la forte variabilité spatiale et temporelle des pluies sahéliennes (Le Barbé et Lebel, 1997). A partir d'études menées dans d'autres pays sahélien (e.g Burkina-Faso, Ingram *et al.*, 2002), plusieurs paramètres climatiques ont été identifiés par les agriculteurs comme les informations les plus cruciales dans le choix des stratégies agricoles. Ces paramètres, classés par ordre de priorité aux yeux des agriculteurs, sont (i) les dates de démarrage et de fin de la saison des pluies (ii) la répartition des précipitations au sein de la saison des pluies et (iii) le cumul saisonnier de pluie. Traditionnellement, les semis s'effectuent le plus tôt possible dans la saison et coïncident souvent avec les premières pluies substantielles (Bacci *et al.*, 1999) qui se produisent généralement un mois avant l'installation de la mousson (Sultan et Janicot 2003). Par conséquent il existe une forte probabilité de

sécheresse au cours des semaines qui suivent les semis et d'échec des semis. Quelle quantité de pluie est susceptible de déclencher le semis ? Dans quelle mesure les pluies sont déterminantes dans le choix de la date de semis et dans le risque d'échec du semis ? La date de semis observée est-elle en phase avec les dates de démarrage agronomique de la saison des pluies basé sur une information pluviométrique purement locale ou bien sur des critères de démarrage de la saison des pluies d'échelle spatiale plus large ?

1. Données et Méthodes

1.1. Les enregistrements pluviométriques

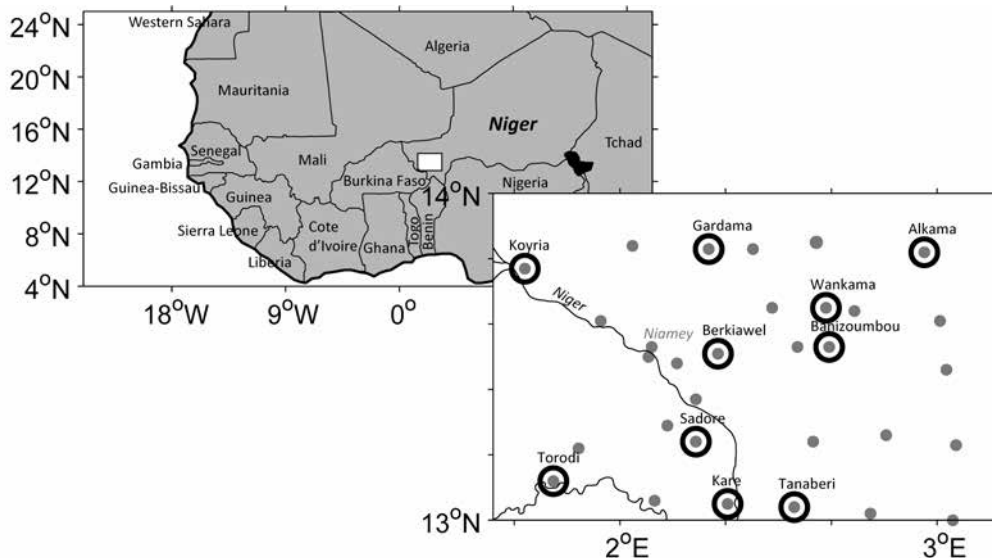


Figure 1 : Carte d'Afrique de l'Ouest et localisation des 30 pluviographes au sein de l'observatoire méso-échelle AMMA-CATCH Niger. Les cercles noirs indiquent les 10 villages enquêtés et documentés par des données agronomiques durant les hivernages 2004, 2005, 2006 et 2007.

Les données pluviométriques à hautes résolutions spatiales et temporelles retenues pour l'étude de la variabilité intra-saisonnière des précipitations proviennent du site méso-échelle AMMA-CATCH Niger (1.6°E-3.2°E / 13°N-14°N) initié au début des années 90 par les expériences internationales HAPEX-Sahel et EPSAT-Niger (D'Amato *et al.*, 1998; Le Barbé *et al.*, 1997; Lebel *et al.*, 1997) puis pérennisé par le projet CATCH (Couplage de l'Atmosphère Tropicale et du cycle Hydrologique) dans le cadre du programme AMMA (Cappelaere *et al.*, 2009). Ce site, localisé au coeur de la bande sahélienne dans le SO du Niger, couvre une superficie d'environ 16.000 km² (soit l'équivalent d'un point de grille de GCM de 1° × 1° de résolution) au sein duquel est implanté un réseau de 30 pluviographes automatisés à auget (Fig. 1.1). Les pluviomètres fournissent des enregistrements quotidiens, entre le 15 avril et le 15 octobre de chaque saison durant la période 1990-2008.

1.2. Les données agricoles : suivis-enquêtes de la culture du mil

Dans le cadre du programme AMMA-CATCH et en partenariat avec le Centre Régional de l'AGRHYMET (CRA) de Niamey (Niger), une vaste campagne d'enquêtes agricoles consacrée à la culture du mil a été menée entre 2004 et 2007. Les enquêtes, réalisées sur un échantillon de 10 sites expérimentaux composés des villages d'Alkama, Banizoumbou, Berkiawel, Gardama-Kouara, Karé, Koyria, Sadoré, Tanabéri, Torodi et Wankama (Fig. 1.1), documentent pour chacun des sites 30 parcelles sur les pratiques culturales du mil à travers les itinéraires techniques conduit par les agriculteurs en terme de date semis/re-semis, de cultivars sélectionnés, de densité de semis (poquet.ha⁻¹), apport et la nature des intrants

(engrais, produits phytosanitaires, ...), dates des différentes phases phénologiques, dégâts exogènes au cours du cycle (attaques parasitaires, mauvaises herbes, sécheresses, etc ...), nature et la profondeur des sols, préparation du sol (scarifiage, sarclage, labour, ...), rendements grains ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) à la récolte.

1.3. Définition du démarrage de la saison des pluies

Afin de documenter la relation entre la date de semis adoptée par les agriculteurs et le démarrage de la saison des pluies, nous avons utilisé puis comparé deux définitions du démarrage de la saison des pluies, l'une à l'échelle locale (Sivakumar, 1988) et l'autre à l'échelle méso (Balme *et al.*, 2005).

① **Sivakumar (1988), à partir de critère agronomique**, considère le démarrage de la saison des pluies dans les régions sahéliennes et soudanienne comme la date à partir du 1^{er} Mai recueillant une hauteur d'eau d'au moins 20 mm sur 3 jours consécutifs, sans qu'il n'y ait de séquences sèches de plus de 7 jours dans les 30 jours qui suivent. Pour cette étude la définition a été légèrement modifiée puisque la séquence sèche de 7 jours a été remplacée par une séquence un plus longue de 10 jours secs consécutifs.

② **Balme et al. (2005), à partir de critère climatique**, définit le début et la fin de la saison des pluies à partir du premier et dernier événement pluvieux indiquant l'apparition puis la disparition d'une convection organisée. Le démarrage de la saison des pluies s'appuie sur un critère fréquentiel et correspond à la date où 80% des stations dans un rayon de 300 km enregistrent une pluie significative ($> 1 \text{ mm}$) sur 2 jours consécutifs.

2. Résultats

2.1. Stratégie paysanne du semis

Afin de déterminer la stratégie de semis adoptée par les agriculteurs nigériens, une analyse *a posteriori* des précipitations à la date de semis a été réalisée. A l'échelle de l'observatoire AMMA-CATCH Niger, 19 % des semis sont pratiqués en sec, les abat pluviométriques inférieurs à 1 mm ont été considérés comme nul. Près de 22% des semis sont réalisés après un événement pluvieux d'au moins 10 mm sur 2 jours consécutifs. Enfin, 59% des semis sont déclenchés par un événement pluvieux d'au moins 10 mm sur 2 jours consécutifs.

Quelle que soit la stratégie adoptée par les agriculteurs, semis en « sec » ou « en humide », les cultures sont exposées aux aléas climatiques induit par l'intermittence des pluies. L'occurrence d'épisode sec prolongé après le semis oblige généralement les agriculteurs à ressemer leur champ. Au cours des 4 années enquêtées (2004-2007), 77% des premiers semis villageois ont abouti à une récolte alors que 23% des semis ont avorté obligeant les agriculteurs à ressemer leurs parcelles. Pour documenter les échecs et réussites des semis une analyse composite des précipitations puis du stress hydrique avant et après le semis a été réalisée. Les résultats présentés en figure 2 montrent que l'échec des semis est principalement lié aux « faux départ » de la saison des pluies généré par un événement pluvieux isolé d'environ 10 mm et non suivi de l'installation pérenne de la saison des pluies. En effet, la date moyenne des semis avortés autour du 30 mai apparaît plus précoce que la date de semis réussi (11 juin) et semble correspondre à la période de pré-saison de mousson. Cette période est caractérisée par une succession d'événement pluvieux isolés de faible intensité et par des séquences sèches intermittentes durables engendrées par la migration du Front Inter-Tropical (FIT) à la fin du printemps boréal (Sultan *et al.*, 2003; Ati *et al.*, 2002).

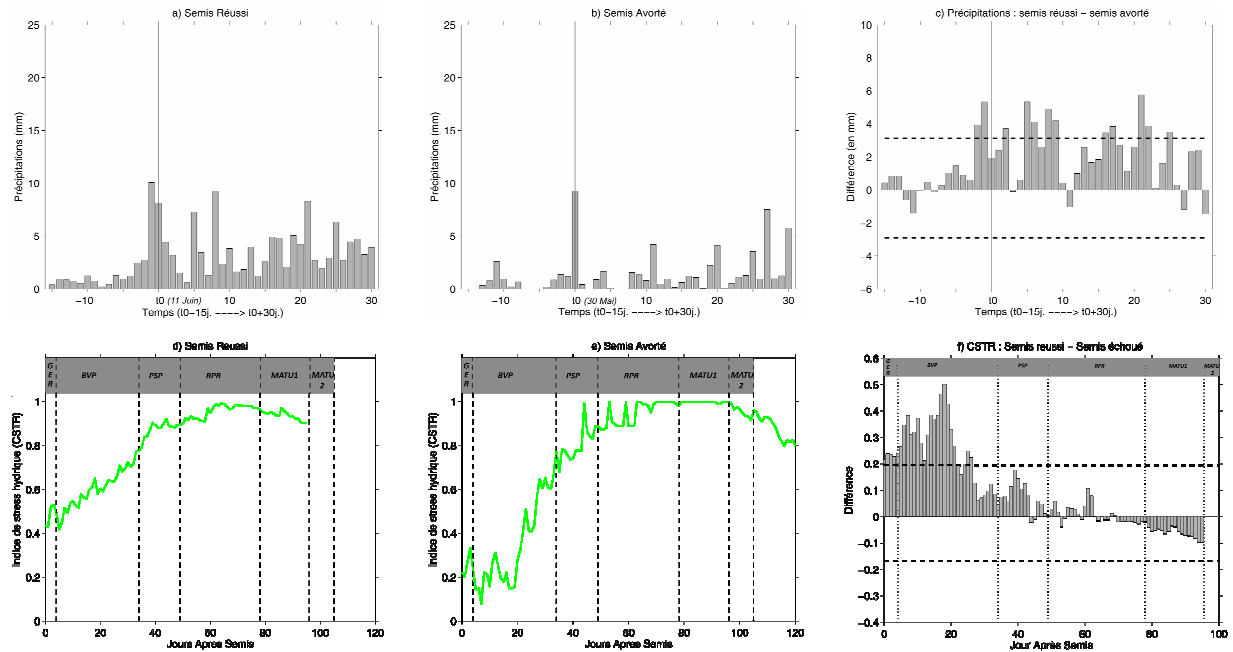


Figure 2 : Diagramme composite des précipitations journalières moyennées 15 jours avant et 30 jours après la date de référence (t_0) indiquant la date de semis pour (a) la date de semis réussi, (b) de la date de semis avorté et moyenne composite de l'indice de satisfaction des besoins en eau de la plante (CSTR) à partir de (d) la date de semis réussi, (e) la date de semis avorté. Chronique de différence (c) entre les distributions de pluie (a) – (b) et (f) entre les indices CSTR (d) – (e) après élimination des variations diurnes (< 3 jours) par un filtre passe-bande de type Butterworth. Les lignes horizontales indiquent les seuils de significativité des différences selon un test de Monte Carlo (2000 simulations avec permutation aléatoire des dates de semis) avec un risque d'erreur inférieur à 5%.

2.2. Lien entre date de démarrage de la saison des pluies et date de semis

La figure 3 illustre la variabilité interannuelle de la date de semis réussi observé/date de la première vague de semis et la date de démarrage de la saison des pluies selon les différentes définitions entre 2004 et 2007. On constate que les dates de semis pour les années 2005 et 2007 sont proches des dates de démarrage méso-échelle et agronomique. En revanche, différences sont plus marquées en 2004 et en 2006. En effet, seul le critère Balme est capable de reproduire les semis précoces. En terme de variabilité interannuelle les dates de démarrage de la saison des pluies détectées par la définition méso-échelle apparaissent les mieux ajustées aux dates de semis réussi observés.

D'autre part, les démarrages de la saison des pluies méso-échelle et agronomique définissent respectivement les bornes inférieures et supérieures de la période consacrée au semis (Tableau 1). En effet, 87% des semis sont effectués au moment ou après le démarrage Balme alors que seulement 13% sont réalisés avant cette date. D'autre part, 87% des semis sont effectués avant ou au moment de du démarrage agronomique de la saison des pluies alors que 13% des semis sont réalisés après cette date. Notons toutefois que 41% des dates de démarrage méso-échelle de la saison des pluies sont plus précoces que la date de semis.

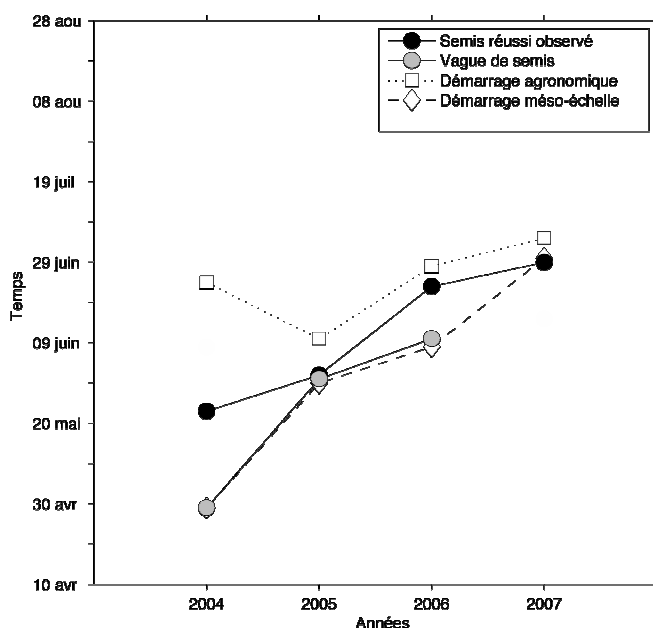


Figure 3 : Date de démarrage moyen de la saison des pluies pour les critères agronomique et méso-échelle et les dates de semis observées (semis réussi et vague de semis).

Tableau 1 : Répartition en pourcentage des semis avant, pendant ou après la date de démarrage de la saison des pluies avec une marge d'erreur de +/- 5 jours.

	Semis avant Onset	Semis = Onset	Semis après Onset
Démarrage méso-échelle	13 %	46 %	41 %
Démarrage agronomique	41 %	46 %	13 %

L'approche agronomique fournit systématiquement des dates plus tardives que les dates de semis des agriculteurs. Ces derniers essaient de semer le plus tôt possible assumant ainsi le risque de perdre des semences. Les agriculteurs contrebalancent le risque de perdre des semences en raison d'un échec du semis et une augmentation du temps de travail avec le risque de semis trop tardif. Cette stratégie de semer le plus tôt possible dans la saison est valable pour l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest (Kouressy *et al.*, 2008) et permet ainsi de réduire la perte d'azote dans le sol induit par les processus de lessivage et dénitrification (Blondel *et al.*, 1971bc) et de maîtriser les adventices (Stoop *et al.*, 1981 ; Vacksmann *et al.*, 1996). Les agriculteurs sèment ainsi dès l'apparition du premier événement pluvieux qui correspond généralement au démarrage méso-échelle de la saison des pluies, si le semis échoue, ils re-sèment jusqu'au moment du démarrage agronomique de la saison des pluies qui se présente comme la date de semis la moins risquée.

Conclusion

La plupart des agriculteurs adoptent des règles de décision similaires sur une même zone géographique pour mettre en place les semis. Le semis est déclenché par les premières pluies organisées recueillant au moins 10 mm sur 1 ou 2 jours tandis qu'une minorité d'agriculteurs sèment « en sec », c'est-à-dire alors que la saison des pluies n'a pas débuté. En semant avec les premières pluies, les agriculteurs acceptent le risque de « faux départ » de la saison des pluies puisque la mousson n'est pas encore installée sur le Sahel en avril-mai. Sur les 4 années enquêtées, il s'est avéré que 77% des semis ont réussi alors que seulement 23% des semis ont échoué et ont été suivi par un nouveau semis. Ces échecs entraînent ainsi une perte du capital semis et une hausse du temps de travail pour le re-semis. La stratégie de semis

adoptée par les fermiers nigériens accepte donc le risque de perte de semence (environ 25%) afin d'optimiser la production et la mobilisation de main d'œuvre. La date de semis réussi apparaît bornée entre le démarrage méso-échelle de la saison des pluies et le démarrage agronomique d'échelle locale. Au final, les premières vagues de semis observés coïncident avec le démarrage méso-échelle de la saison des pluies reposant sur l'occurrence du premier système convectif organisé.

Bibliographie

- Ati O.F., Stigter C.J., Oladipo E.O., 2002 : A comparison of methods to determine the onset of the growing season in Northern Nigeria. *International Journal of Climatology*, **22**, 731-742.
- Balme M., Galle S., Lebel T., 2005 : Démarrage de la saison des pluies au Sahel: variabilité aux échelles hydrologique et agronomique, analysée à partir des données EPSAT-Niger. *Sécheresse*, **16** (1), 15-22.
- Blondel D. 1971b. Contribution à la connaissance de la dynamique de l'azote minéral: en sol ferrugineux tropical à Séfa. *Agronomie Tropicale*, **26**, 1334-1353.
- Blondel D. 1971c. Contribution à la connaissance de la dynamique de l'azote minéral: en sol ferrugineux tropical à Nioro du Rip. *Agronomie Tropicale*, **26**, 1354-1361.
- Cappelaere B., Descroix L., Lebel T., Boulain N., Ramier D., Laurent J.P., Le Breton E., Mamadou I., Boubkraoui S., Bouzou Moussa I., Favreau G., Issoufou H.B.A., Nazoumou Y., Quantin G., Chaffard V., Otlé C., 2009 : The AMMA-Catch experiment in the cultivated Sahelian area of south-west Niger – Strategy implementation, site description, main results. *Journal of Hydrology*, submitted.
- D'Amato N., Lebel T., 1998 : On the characteristics of the rainfall events in the sahel with a view to the analysis of climatic variability. *International Journal of Climatology*, **18**, 955-974.
- FAOSTAT Data, 2005 : Available online at <http://faostat.fao.org/site/340/DesktopDefault.aspx?PageID=340>.
- Ingram K.T., Roncoli M.C., Kirshen P.H., 2002 : Opportunities and constraints for farmers of west Africa to use seasonal precipitation forecasts with Burkina-Faso as a case study. *Agricultural System*, **74**, 331-349.
- Kouressy M., Dingkuhn M., Vacksmann M., Heinemann A.B., 2008 : Adaptation to diverse semi-arid environments of sorghum genotypes having different plant type and sensitivity to photoperiod. *Agricultural Forest and Meteorology*, **148**, 357-371.
- Le Barbé L., Lebel T., 1997 : Rainfall climatology of the HAPEX-Sahel region during theyears 1950-1990. *Journal of Hydrology*, **188-189**, 43-73.
- Lebel T., Taupin J.D., D'Amato N. 1997 : Rainfall monitoring during HAPEX-Sahel. 1. General rainfall conditions and climatology. *Journal of Hydrology*, **188-189**, 74-96.
- Sivakumar M.V.K. 1988 : Predicting rainy season potential from the onset of rains in southern sahelian and sudanian climatic zones of West Africa. *Agricultural Forest and Meteorology*, **42**, 295-305.
- Stoop W.A., Pattanayak C.M., Matlon P.J., Root W.R., 1981 : A strategy to raise theproductivity of subsistence farming systems in the West African semi-arid tropics.In: Proceedings Sorghum in the Eighties. ICRISAT, Patancheru, India, 519–526.
- Sultan B., Janicot S., 2000 : Abrupt shift of the ITCZ over West africa and intra-seasonal variability. *Geophysical Research Letter*, **27**, 3353-3356.
- Sultan B., Janicot S., Diedhiou A., 2003 : The West African monsoon dynamics. Part I : Documentation of intraseasonal variability. *Journal of Climate*, **16**, 3389-3406.
- Sultan B., Janicot S., 2003 : The West African monsoon dynamics. Part II : The "pre-onset" and the "onset" of the summer monsoon. *Journal of Climate*, **16**, 3407-3427.
- Sultan B., Baron C., Dingkuhn M., Sarr B., Janicot S., 2005 : Agricultural impacts of the large-scale variability of the West African monsoon. *Agricultural Forest and Meteorology*, **128**, 93-110.
- Vaksmann M., Traoré S.B., Niangado O. 1996 : Le photo-périodisme des sorghos africains. *Agriculture et Développement*, **9**, 13-18.