



Les populations de maïs améliorées et adaptées à la sécheresse pour les zones à faible pluviométrie au Tchad

T. GOALBAYE ^{1*} A. GUISSÉ ², M. NDIAYE ³ et M. TISSOU ¹

¹Université de Sarh (UDS) BP 105 Sarh, Tchad.

²Université Cheik Anta Diop, Faculté des Sciences et Technique de Dakar (UCAD), Sénégal.

³Institut Sénégalais de Recherche Agronomique (ISRA), Centre Régional de Saint Louis, Sénégal.

Auteur correspondant, E-mail: goalbaye23@yahoo.fr

RESUME

Après l'amélioration des variétés locales de maïs existantes et la recombinaison des talons retenus par la technique de la sélection récurrente simple, les quatre populations de maïs obtenues ont été conduites au test d'adaptation en vue d'identifier celles qui sont tolérantes à la sécheresse. Le matériel végétal est composé de quatre populations de maïs P1, P2, P3, P4 et le Témoin T tolérante à la sécheresse. Ces derniers sont conduits suivant le dispositif en blocs de Fisher à quatre répétitions avec deux régimes hydriques : Normale et Stressé. L'analyse des résultats a mis en évidence la diminution de la surface foliaire de P4, la non diminution de longueurs des épis, de nombres des grains par rangée et de rendement en grains de P4 soumises à une contrainte hydrique. Par conséquent, la population P4 est adaptée à la sécheresse. Par contre pour les populations P1 et P3, l'analyse des résultats a mis en évidence une diminution significative de longueurs des épis, de nombres des grains par rangée et de rendement en grains en condition de stress hydrique. A cet effet P1 et P3 ne sont pas adaptées à la sécheresse. Quant à P2, à part la diminution de son poids de 1000 grains en condition de stress hydrique, les différences des moyennes des autres composantes de rendement ne sont pas significatives par rapport à P4 et au Témoin donc elle est aussi adaptée à la sécheresse. L'identification des populations P4 et P2 adaptées à la sécheresse permettra d'augmenter la productivité et d'améliorer les revenus des producteurs.

© 2013 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Tchad, populations de maïs, adaptation, sécheresse, productivité.

INTRODUCTION

Après l'amélioration des variétés locales de maïs existantes et la recombinaison des talons retenus par la technique de la sélection récurrente simple (Clavel et Annerose, 1997 ; Khalfaoui, 1990), quatre nouvelles populations de maïs à haut rendement ont été obtenues. En effet après les hybridations avec le testeur commun et des talons, les populations obtenues peuvent

présenter de nouvelles variabilités (Paterniani, 1985 ; Avila, 1985 ; Wellhaussen, 1977 ; Hallauer et Miranda, 1981). Ainsi elles sont susceptibles à certains stress d'où la nécessité de faire le test d'adaptation à la sécheresse. Alors l'inadaptabilité de certaines populations ou variétés de maïs à la sécheresse ne serait-elle pas l'une des causes de la faible productivité de maïs au Tchad ? Ainsi le test d'adaptation des populations améliorées de

© 2013 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i6.8>

maïs permettant d'identifier celles qui sont tolérantes à la sécheresse pourra éventuellement augmenter la productivité de maïs (Dioup, 2000 ; Dioup et al., 2001). Ensuite les populations améliorées de maïs identifiées peuvent être recommandées en fonction des zones agro écologiques notamment la zone à faible pluviométrie ou à précipitations irrégulières au Tchad.

MATERIEL ET METHODES

Site de l'expérimentation

L'expérimentation a été réalisée de 2007 à 2010 à l'Institut Universitaire des Sciences Agronomiques et de l'Environnement à Sarh (IUSAE-S), site de Doyaba (latitude de 09,08189°N, longitude de 18,42947° E, altitude de 360 m), en climat de type soudanien, caractérisé par une saison sèche et chaude s'étendant de novembre à avril et une saison pluvieuse humide et chaude allant de mai à octobre. Les sols ont une texture à dominance sableuse.

Matériel

Le matériel végétal est composé de quatre populations nouvelles de maïs P1, P2, P3, P4 issues de la sélection récurrente simple et le Témoin T, la variété TZEE-W qui est tolérante à la sécheresse, de 85 jours de cycle végétatif. Le niveau d'intensification est amélioré (labour, engrais, sarclages et protection phytosanitaire). Le rendement moyen de cette variété obtenu en station est de 2,5 à 3 t ha⁻¹.

Méthodes

Quatre populations et le témoin (P1, P2, P3, P4 et T) sont conduits au test d'adaptation suivant le dispositif en blocs de Fisher à quatre répétitions avec deux régimes hydriques : Normale (alimentation hydrique normale) et stressé (alimentation limitative hydrique) pour identifier la ou les populations performantes tolérantes à la sécheresse (Annerose, 1991 ; Annerose, et al., 1996).

Deux facteurs sont étudiés ; 2 régimes hydriques sont appliqués : un régime hydrique sans stress, noté N avec une irrigation de complément appliquée à la fin de la saison de pluie à ETM au 50^{ème} JAS, correspondant au besoin en eau de la culture tous les 2 jours jusqu'à la maturité physiologique, et un autre régime hydrique avec un stress moyen noté S avec une irrigation de complément appliquée à la fin de la saison de pluie à ½ ETM (moitié d'eau apportée) au 50^{ème} JAS tous les 2 jours jusqu'à la maturité physiologique. Le régime hydrique est le facteur principal et les populations constituent le facteur secondaire. Les évaluations ont porté sur les paramètres morpho physiologiques quantitatifs et les composantes de rendement.

Analyses statistiques

Les données collectées ont été soumises à une analyse de variance et pour tout effet significatif, une séparation des moyennes a été conduite suivant le test de « la plus petite différence significative » (ppds) au seuil de significativité de 5% (Kwanchai et al., 1984).

RESULTATS

Surfaces foliaires, longueurs des épis et nombre de grains

Le Tableau 1 montre l'évolution des surfaces foliaires, de longueurs des épis et de nombre de grains par rangée des populations de maïs (P) et le témoin (T) soumises à deux régimes hydriques (stressé S et normale N). SP1 (449,195 cm² ± 73, 7305), NP1 (447, 8725 cm² ± 77, 9172), NP2 (462, 6275 cm² ± 70, 2825), SP2 (461,77125 cm² ± 74,6261), NP3 (520,18625 cm² ± 61,6389), SP3 (517,72125 cm² ± 58,2586), NT (439,2075 cm² ± 26,3045), ST (436,795625 cm² ± 25,4432), ces populations quelque soit le régime hydrique qu'elles ont été soumises, leurs surfaces foliaires n'ont pas diminué (Figure 1). Par contre la surface foliaire de P4 soumise à un stress hydrique a diminué par

rapport à celle qui a été soumise à une alimentation hydrique normale (NP4 504,01 cm² ± 74,5501), (SP4 342,448125 cm² ± 43,1535). L'analyse de variance a montré qu'il existe une différence significative entre les traitements en ce qui concerne les surfaces foliaires au seuil de 5% (F = 4,57 ; P = 2,25). Par rapport à l'évolution de longueurs des épis des populations de maïs (P) et le témoin (T) soumises à deux régimes hydriques (stressé S et normale N) on a : SP1 (14,875 cm ± 0,5951), NP1 (16,96875 cm ± 0,5038), NP3 (16,8125 cm ± 1,0282), SP3 (14,875 cm ± 1,9737), les longueurs des épis SP1 et SP3 ont diminué sous l'effet de stress hydrique par rapport à NP1 et NP3 qui ont été soumises à une alimentation hydrique normale (Figure 2). NP2 (16,875 cm ± 0,5951), SP2 (16,875 cm ± 1,8526), NT (16,375 cm ± 0,4330), ST (15,84375 cm ± 0,2366), NP4 (16,4687 cm ± 1,1636), SP4 (15,78125 cm ± 0,3869) alors que les autres populations quelque soit le régime hydrique auquel elles ont été soumises, les longueurs des épis sont restées les mêmes. L'analyse de variance a montré qu'il existe une différence significative entre les traitements en ce qui concerne les longueurs des épis au seuil de 5% (F = 2,91 ; P = 2,25). Quant à l'évolution de nombre de grains par rangée des populations de maïs (P) et le témoin (T) soumises à deux régimes hydriques (stressé S et normale N) on a : SP1 (24,2777 ± 1,6960), NP1 (33,3055 ± 2,0833), NP2 (31,0277 ± 3,2878), SP2 (30,7777 ± 1,8899), NP3 (35,00 ± 1,1074), SP3 (24,1666 ± 1,2619), NP4 (30,8055 ± 1,8556), SP4 (30,2777 ± 1,4810), NT (32,0277 ± 1,7993), ST (30,0277 ± 2,9318), Les plus faibles nombres de grains ont été observés sur les populations P1 et P3 soumises à un stress hydrique SP1 (24,2777 ± 1,6960) ; SP3 (24,1666 ± 1,2619) Figure 3. L'analyse de variance a montré qu'il existe de différence significative entre les traitements en ce qui

concerne les nombres de grains au seuil de 5% (F = 12,321 ; P = 2,25).

Poids de grains et rendements en grains

Le Tableau 2 montre l'évolution de poids de 1000 grains et de rendements en grains des populations de maïs (P) et le témoin (T) soumises à deux régimes hydriques (stressé S et normale N). SP1 (205,75 gr ± 6,2915), NP1 (253,75 gr ± 17,0782), NP2 (265,25 gr ± 22,3513), SP2 (214 gr ± 26,1661), NP3 (256,5 gr ± 3,4156), SP3 (206,25 gr ± 3,5939), NP4 (252 gr ± 6,2716), SP4 (251,75 gr ± 32,7452), NT (243,25 gr ± 25,6693), ST (205,75 gr ± 4,3493). Les faibles poids ont été enregistrés sur les traitements SP1 (205,75 gr ± 6,2915), le témoin T ST (205,75 gr ± 4,3493), SP3 (206,25 gr ± 3,5939) suivis de SP2 (214 gr ± 26,1661) tous soumis à un stress hydrique (Figure 4). L'analyse de variance a montré qu'il existe de différence significative entre les traitements en ce qui concerne le poids de 1000 grains au seuil de 5% (F = 7,251 ; P = 2,25). Par rapport à l'évolution de rendements en grains des populations de maïs (P) et le témoin (T) soumises à deux régimes hydriques (stressé S et normale N) on a : SP1 (2,7292 Tha⁻¹ ± 0,6827), NP1 (3,4135 Tha⁻¹ ± 0,3965), NP2 (3,3645 Tha⁻¹ ± 0,4057), SP2 (3,315 Tha⁻¹ ± 0,1684), NP3 (3,4625 Tha⁻¹ ± 0,2948), SP3 (2,6325 Tha⁻¹ ± 0,5060), NP4 (3,657 Tha⁻¹ ± 0,3654), SP4 (3,6087 Tha⁻¹ ± 0,2458), NT (2,9737 Tha⁻¹ ± 0,0749), ST (2,925 Tha⁻¹ ± 0,2791),. Les faibles rendements en grains ont été obtenus sur les traitements SP3 (2,6325 Tha⁻¹ ± 0,5060) et SP1 (2,7292 Tha⁻¹ ± 0,6827) soumis à un stress hydrique (Figure 5). L'analyse de variance a montré qu'il existe de différence significative entre les traitements en ce qui concerne les rendements en grains au seuil de 5% (F = 3,2924 ; P = 2,25).

Tableau 1 : Evolution des surfaces foliaires, longueur des épis et nombre de grains par rangée avec deux régimes hydriques.

	Surface foliaire	Longueur épi	Grains /rangée
NP1	447,8725 cm ² ± 77,9172 ^a	16,9687 cm ± 0,5038 ^a	33,3055 ± 2,0833 ^a
SP1	449,195 cm ² ± 73,7305 ^a	14,875 cm ± 0,5951 ^{ab}	24,2777 ± 1,6960 ^a
NP2	462,6275 cm ² ± 70,2825 ^a	16,875 cm ± 0,5951 ^a	31,0277 ± 3,2878 ^a
SP2	461,7712 cm ² ± 74,6261 ^a	15,5625 cm ± 1,8526 ^a	30,7777 ± 1,8899 ^a
NP3	520,1862 cm ² ± 61,6389 ^a	16,8125 cm ± 1,0282 ^a	35 ± 1,1074 ^a
SP3	517,7212 cm ² ± 58,2586 ^a	14,875 cm ± 1,9737 ^{ab}	24,1666 ± 1,2619 ^a
NP4	504,01 cm ² ± 74,5501 ^a	16,4687 cm ± 1,1636 ^a	30,8055 ± 1,8556 ^a
SP4	342,4481 cm ² ± 43,1535 ^{ab}	15,7812 cm ± 0,3869 ^a	30,2777 ± 1,4810 ^a
NT	439,2075 cm ² ± 26,3045 ^a	16,375 cm ± 0,4330 ^a	32,0277 ± 1,7993 ^a
ST	436,7956 cm ² ± 25,4432 ^a	15,8437 cm ± 0,2366 ^a	30,0277 ± 2,9318 ^a

Les valeurs d'une même colonne suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Tableau 2: Evolution du poids de 1000 grains, de rendement en grains.

	Poids de 1000 grains	Rendement en grains
NP1	253,75 gr ± 17,0782 ^a	3,4135 Tha ⁻¹ ± 0,3965 ^a
SP1	205,75 gr ± 6,2915 ^{ab}	2,7292 Tha ⁻¹ ± 0,6827 ^{ab}
NP2	265,25 gr ± 22,3513 ^a	3,3645 Tha ⁻¹ ± 0,4057 ^a
SP2	214 gr ± 26,1661 ^{ab}	3,315 Tha ⁻¹ ± 0,1684 ^a
NP3	256,5 gr ± 3,4156 ^a	3,4625 Tha ⁻¹ ± 0,2948 ^a
SP3	206,25 gr ± 3,5939 ^{ab}	2,6325 Tha ⁻¹ ± 0,5060 ^{ab}
NP4	252 gr ± 6,2716 ^a	3,657 Tha ⁻¹ ± 0,3654 ^a
SP4	251,75 gr ± 32,7452 ^a	3,6087 Tha ⁻¹ ± 0,2458 ^a
NT	243,25 gr ± 25,6693 ^a	2,9737 Tha ⁻¹ ± 0,0749 ^a
ST	205,75 gr ± 4,3493 ^{ab}	2,925 Tha ⁻¹ ± 0,2791 ^a

Les valeurs d'une même colonne suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

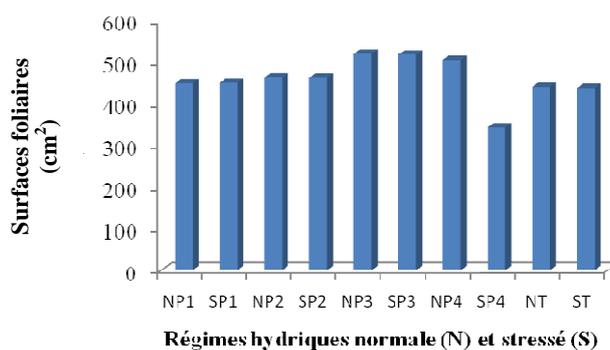


Figure 1: Surfaces foliaires des populations (Pn) de maïs avec deux régimes hydriques, normale (N) et stressé (S).

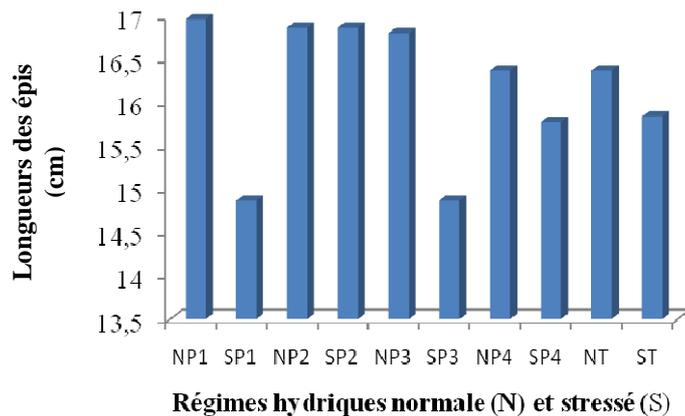


Figure 2 : Longueurs des épis des populations (Pn) de maïs avec deux régimes hydriques, normale (N) et stressé (S).

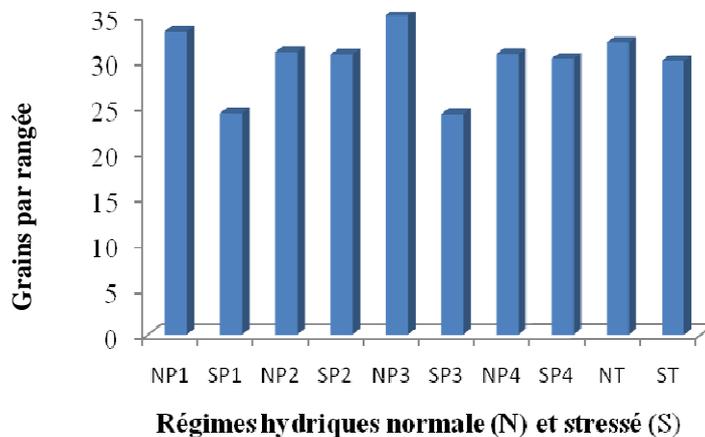


Figure 3 : Grains par rangée des populations (Pn) de maïs avec deux régimes hydriques, normale (N) et stressé (S).

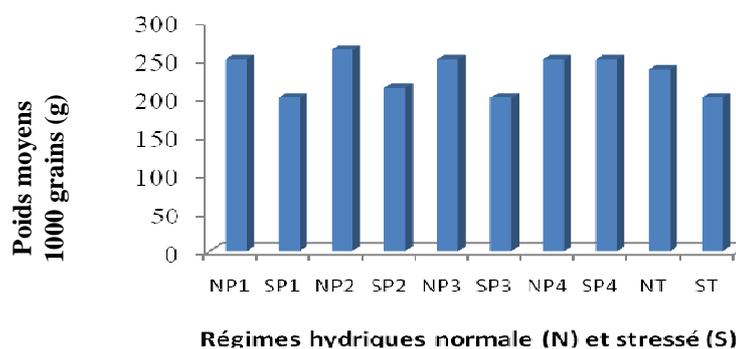


Figure 4 : Poids de 1000 gains des Populations (Pn) de maïs avec deux régimes hydriques, normale (N) et stressé (S).

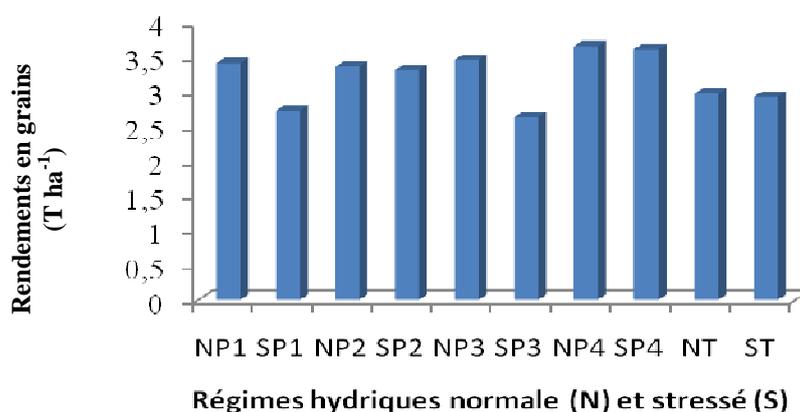


Figure 5 : Rendements en gains des populations (Pn) de maïs avec deux régimes hydriques, normale (N) et stressé (S).

DISCUSSION

Pour les paramètres morpho physiologiques quantitatifs étudiés, l'analyse des résultats a mis en évidence la diminution de la surface foliaire de P4 en condition de stress hydrique limitant la transpiration excessive et économisant ainsi l'eau du sol. Cette diminution de surface foliaire est l'un des mécanismes d'adaptation à la sécheresse. Ces résultats rejoignent ceux obtenus par Hsiao (1973) et Turner (1979) qui ont observé la diminution de la surface foliaire en condition de stress hydrique. Ainsi la population P4 serait adaptée à la sécheresse, au cas où la diminution de son rendement en grains n'est pas importante. De même la non diminution de longueurs des épis de la population P4 soumise à une contrainte hydrique a montré que la P4 n'a pas été affectée par le stress hydrique. Des conclusions analogues ont été rapportées par Gate et al. (1992) qui ont aussi travaillé sur les mécanismes d'adaptation à la sécheresse. Pour les composantes de rendements, l'analyse des résultats a mis en évidence la non diminution de nombre des grains par rangée, de rendement en grains de P4 en condition limitative d'alimentation hydrique, en plus P4

se comporte mieux en condition de stress hydrique que le témoin. Par conséquent la population P4 serait mieux adaptée à la sécheresse et serait bien indiquée pour la zone à faible pluviométrie ou à précipitations irrégulières particulièrement la zone sahélienne du Tchad. Par contre pour les populations P1 et P3, l'analyse des résultats a mis en évidence une diminution significative de longueur des épis, de nombre des grains et de rendement en grains en condition de stress hydrique par rapport à P4 et au témoin. A cet effet P1 et P3 semblent ne pas être adaptées à la sécheresse, par conséquent elles seraient indiquées pour la zone soudanienne du Tchad à pluviométrie élevée. Quant à P2, à part la diminution de son poids en grains en condition de stress hydrique, les différences de moyennes des autres composantes de rendement ne sont pas significatives par rapport à P4 et au Témoin. Donc elle serait aussi adaptée à la sécheresse, par conséquent elle pourrait être indiquée pour la zone sahélienne au Tchad. En effet, Baldy (1992), Clavel et al. (1997) et Dioup (2000) sont parvenus à identifier les variétés des espèces végétales qui sont adaptées à la sécheresse dans les travaux similaires.

Conclusion

Les meilleures performances de populations de maïs obtenues et l'identification de celles qui sont adaptées à la sécheresse permettront d'augmenter la productivité de maïs et d'améliorer les revenus des producteurs de la zone à faible pluviométrie ou à précipitations irrégulières au Tchad. Par ailleurs les meilleures performances des populations locales de maïs pourront servir de base pour un programme d'amélioration variétale au Tchad.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier la Coopération française pour avoir financé nos travaux de recherche et les responsables de l'Université de Sarh qui ont mis à notre disposition le matériel pour le travail de terrain. Nous tenons à remercier également tous ceux qui de loin ou de près ont contribué à la réalisation ce travail.

RÉFÉRENCES

- Annerose DJM. 1991. Caractérisation de la sécheresse agronomique de la sécheresse agronomique en zone semi-aride. II. Evaluation des formes de sécheresse agronomique de l'arachide au Sénégal par la simulation hydrique de la culture. *Oléagineux*, **46**: 61-67.
- Annerose DJM, Clouvel P, Mayeux A. 1996. Conduite de l'irrigation dans la région du fleuve Sénégal : approche physiologique et application à la culture de l'arachide. In *L'Arachide Cultivée en Zones Sèches : Stratégies et Méthodes d'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse*. CNRA: Bambey.
- Avila G. 1985. Using temperat germplasm in tropical maize in Bolivia. In *Breeding Strategies for Maize Production Improvement in the Tropics*, Brandolini A, Salamini F (eds). International Expert Consultation on Maize Breeding in the Tropics 1985. FAO; Istituto Agronomico per l'Oltremare. Relazioni e Monografie Subtropicale e Tropicale 100: Firenze, Italia; 133-142.
- Baldy C. 1992. Effets du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en Méditerranée occidentale. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration. Montpellier (France) 15-17 décembre 1992. Paris : INRA, 1993 : 83-99 (les colloques N°64).
- Clavel D, Annerose DJ. 1997. Breeding groundnut for drought adaptation in Senegal. International Arachis. *Newsletter*, **17**: 33-35.
- Clavel D, Ndoye O, 1997. La carte variétale de l'arachide au Sénégal, *Agriculture et Développement*, **14**: 41-46.
- Dioup O. 2000. Réponses agrophysiologiques du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) à la sécheresse : Influence de la nutrition azotée. Thèse, Université Libre de Bruxelles, 160 P.
- Dioup M, Sarr B, Dioup O, Bâ A, Roy-Macauley H. 2001. Effet du déficit hydrique sur les réponses agrophysiologiques et l'efficacité d'utilisation de l'eau chez le maïs (*Zea mays* L. cv Synthetic-C). *Tropicultura*, **19**: 116-122.
- Gate P, Boutier A, Casabianca H, Deleens E., 1992. Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France: interprétation des corrélations entre le rendement et la composante isotopique du carbone des grains. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale, Montpellier (France) 15-17 décembre 1992. Paris : INRA, 1993 : 61-79 (les colloques N° 64).

- Goodman MM. 1997. A brief survey of the races of maize and current attempts to infer racial relationships. In *Maize Breeding and Genetics*, Walden DB (ed). John Wiley: New York; 143-157.
- Hallauer AR, Miranda JB. 1981. *Quantitative Genetic in Maize Breeding*. Iowa State University Press: Ames, USA; 468p.
- Hsiao TC. 1973. Plant response to water stress. *Annu. Rew. Plant Physiol.*, **24**: 519-70.
- Khalfaoui JLB. 1990. Genetic adaptation ? To drought of cultivated species and consequences on plant breeding. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **137**: 125-137.
- Kwanchai AG, Arturo AG. 1984. Statistical procedures for agricultural research. John Wiley et Sons: New York.
- Turner NC. 1979. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. In *Stress Physiology of Crop Plants*. Mussel H, Staples RC (eds). Wiley Interscience: New York; 343-372.
- Wellhausen IJ. 1977. Recent developments in maize breeding in the tropics. In *Maize Breeding and Genetics*, Walden DB (ed). John Wiley: New York; 59-84.