



Original Paper

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## Evaluation des lignées endogames de maïs (*Zea mays* L.) pour le développement des hybrides adaptés aux zones de basse et moyenne altitudes du Cameroun

Arlende Flore NGOMENI<sup>1\*</sup>, Charles THE<sup>2</sup>, AMOUGOU AKOA<sup>3</sup> et  
Vincent de Paul MBOUAPOUOGNIGNI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Programme Céréales, Station IRAD, B.P. 44 Dschang, Cameroun.

<sup>2</sup>West Africa Centre for Crop Improvement, University of Ghana, Legon, School of Agriculture, College of Agriculture and Consumer Sciences, B.P. 30 Legon, Accra, Ghana.

<sup>3</sup>Département de Biologie et Physiologie végétales, Faculté des sciences, Université de Yaoundé 1, BP 812 Yaoundé, Cameroun.

<sup>4</sup>Programme Légumineuses/Cultures Maraîchères, Station IRAD, B.P. 163 Foubot, Cameroun.

\*Auteur correspondant, E-mail : [ngflore@yahoo.fr](mailto:ngflore@yahoo.fr), Tél. : (237)99770469, (237)77256110

### RESUME

Un croisement diallèle a été utilisé pour évaluer 11 lignées endogames de maïs (*Zea mays* L.) de basse et moyenne altitudes dans le développement des hybrides. Les 55 hybrides issus de ce croisement et 3 variétés composites ont été évalués en 2004 sur trois sites dans un dispositif simple comprenant 2 répétitions. Les objectifs étaient d'identifier les hybrides les plus productifs, d'étudier les effets de gènes des lignées et d'évaluer les aptitudes à la combinaison. L'analyse de la variance combinée sur les trois sites a montré que les différents hybrides ont présenté le même comportement et classement relatif d'un site à l'autre pour le rendement. Cinq hybrides à savoir Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x ATP-S4-25W, 91109x ATP-S4-25W, 88094 x cml 254, 88094 x Exp24 et 87036 x cml 254 se sont mieux comportés que le meilleur hybride de l'IRAD (87036 x Exp24). Les lignées de basse altitude ont montré les meilleures performances en croisements dans les deux zones. L'effet de la dominance n'a pas été significatif tout comme l'aptitude spécifique à la combinaison sur les trois sites. Cependant, l'aptitude générale à la combinaison a été significative et en générale positive. Les caractères sont donc contrôlés par les gènes à effets additifs.

© 2014 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés** : Aptitude à la combinaison, dominance, effet des gènes.

### INTRODUCTION

Le maïs, céréale la plus cultivée au Cameroun, est consommé par plus du tiers de sa population. Il est la troisième denrée alimentaire produite après le manioc et la banane plantain, et contribue pour plus de 150 milliards de FCFA au produit intérieur brut (MINADER, 2010).

La production camerounaise de maïs s'améliore progressivement au fil des années.

Elle est passée de 738 627 tonnes en 2001 à 1 674 400 tonnes en 2011 (Anonyme, 2012). Toutefois, la production du maïs au Cameroun est toujours déficiente. Le déficit a progressé de 37 000 tonnes en 2007 à 120 000 tonnes en 2009 (Anonyme, 2012). Pour combler ce déficit, le Cameroun a importé en 2009, 22 662 tonnes de maïs à concurrence de 3,870 milliards de FCFA (MINADER, 2010). Cette alternative n'est pas à encourager pour

© 2014 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i1.23>

un pays en voie de développement dont l'un des défis est d'arriver à nourrir sa population de 19, 6 millions d'habitants qui devrait doubler dans les trente prochaines années.

Le maïs est cultivé dans les 5 zones agro-écologiques du Cameroun, malgré les difficultés pratiques auxquelles sont confrontés les différents acteurs du monde rural à savoir : le manque des semences des variétés améliorées, la non disponibilité des intrants agricoles, la pratique d'une agriculture traditionnelle utilisant peu d'intrants, la fertilité décroissante des sols, les maladies et pestes du maïs, la mauvaise organisation de la filière et du marché.

Au cours des années 80 et au début des années 90, l'unité maïs de l'Institut de Recherche Agronomique (IRA) aujourd'hui Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), avait développé deux pools hétérotiques améliorés pour les zones de moyenne altitude et trois pools hétérotiques pour les zones de basse altitude, à partir desquels des lignées endogames adaptées aux différentes zones agro-écologiques du Cameroun ont été développées. Les croisements entre lignées endogames adaptées aux zones agro-écologiques différentes pourraient permettre une exploitation des facteurs hétérosis. Il existe un intérêt croissant pour le développement des hybrides par les programmes nationaux d'Afrique centrale et de l'ouest (CIMMYT, 1987). Les hybrides de maïs ont l'avantage d'être plus productifs que les meilleures des variétés à pollinisation libre (Moule, 1971). De nombreux auteurs (The et al., 1981 ; Miranda, 1985 ; Castillo and Goodman, 1989 ; Narro et al., 1996 ; The et al, 1996 ; Kim, 1997 ; Moll et al., 1998 ; Wende et al., 2007 ; Bassi, 2009 ; Kamtat, 2012) ont travaillé sur l'amélioration génétique du maïs dans les tropiques. Cependant, de tous ces travaux, seuls ceux de The et al. (1996) mettent en exergue les croisements entre parents d'altitude moyenne et de basse altitude. D'où l'intérêt des travaux conduits lors de cette étude.

L'objectif principal de cette étude est de sélectionner des variétés hybrides à haut rendement, adaptées à des zones d'altitudes différentes. Les objectifs spécifiques

sont d'identifier les hybrides les plus productifs, d'étudier les effets de gènes des lignées et d'évaluer les aptitudes à la combinaison.

## MATERIEL ET METHODES

### Matériel

#### Matériel génétique

Le matériel génétique utilisé était constitué de 55 hybrides et de trois composites utilisées comme témoins. Les hybrides ont été issus d'un croisement diallèle entre 3 lignées endogames de maïs adaptées aux altitudes moyennes (AM) et 8 lignées endogames développées pour les basses altitudes (BA). Des trois composites utilisées comme variétés témoins, deux étaient adaptées aux basses altitudes et une aux altitudes moyennes (Tableau 1).

#### Site expérimental

Les études ont été menées de mai à septembre 2004 dans trois sites d'expérimentation de l'IRAD.

Le premier site, Njombé (latitude 4° 3 - 4° 8 N; longitude 9° 3 - 9° 8 E; 80 m d'altitude au dessus de la mer) est situé dans la zone de forêt dense humide à pluviométrie monomodale, avec des précipitations moyennes annuelles de 2466 mm sur sol à cendres volcaniques anciennes. La température moyenne annuelle varie entre 23,6 °C et 27,3 °C (CARBAP, 2003).

Le deuxième site, Foubot (latitude 5° 5 N; longitude 10° 7 E; 1100 m d'altitude au dessus de la mer) se trouve dans la zone des hauts-plateaux de l'Ouest, sur terres noires à cendres volcaniques avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1720 mm. La température moyenne annuelle varie entre 16 °C et 27 °C (Moukam, 1985).

Le troisième site, Ngaoundéré (latitude 7° - 7° 5 N; longitude 13° 8 - 14° 3 E; 1250 m d'altitude au dessus de la mer) est situé en zone de haute savane guinéenne avec des précipitations moyennes annuelles de 1300 mm. La température moyenne annuelle varie entre 15 °C et 30 °C. Le paysage est plat et intercepté de vallées intérieures. Le sol est ferrugineux sur roches basaltiques, riche en sesquioxydes, en fer et en aluminium (MINAGRI, 2000).

**Tableau 1 :** Origine institutionnelle génétique, couleur et adaptation présumées des lignées et composites.

Variétés	Origine	Adaptation	Couleur	Généalogie
<b>Lignées</b>				
87036 (a)	IRAD	Moyenne altitude	Blanche	TZMSRx Pop 32
88094(a)	IRAD	Moyenne altitude	Blanche	TZMSRx Pop 43
91105	IRAD	Moyenne altitude	Blanche	TZMSRx Pop 32
M131	IRAD	Basse altitude	Blanche	TZMSRx Pop 43
Exp 24	IRAD	Basse altitude	Blanche	TZBSRxPop 43
NCRE gp <sub>2</sub> 8	IRAD	Basse altitude	Blanche	Pop 43 x TZBSR
Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	IRAD	Basse altitude	Jaune	SuwanI - SR
ATP-S4-25-W	IRAD	Basse altitude	Blanche	ATP-SR
Cml 254	CIMMYT Mexique	Basse altitude	Blanche	Tuxpeno
Cml 365	CIMMYT Colombie	Basse altitude	Blanche	Pop SA8
Cla 18	CIMMYT Colombie	Basse altitude	Jaune	Eto
<b>Composites</b>				
ATP-SR-Y	IRAD	Basse altitude	Jaune	ATP - SR
CMS 8704	IRAD	Basse altitude	Jaune	SuwanI-SRxPop.28SR
Kasaï SR	Zaïre	Moyenne altitude	Blanche	Pop 32x Pop 43

Source: Cameroon Inco Annual report year 1999; The et al., 2006. Pop : population ; (a) les lignées 87036 et 88094 sont obtenues sur les BC3 F1 (après 3 rétrocroisements respectivement avec pop32 et pop43); CIMMYT: Centre international pour l'amélioration du maïs et du blé ; IRAD : Institut de Recherche Agricole pour le Développement.

## Méthodes

### Dispositif expérimental

Dans chaque site, les génotypes ont été évalués dans un dispositif expérimental en bloc complet randomisé. Le dispositif comportait deux répétitions séparées entre elles par une allée de 1,5 m. L'unité expérimentale était une ligne de 5 m de longueur comportant 11 poquets distants de 0,5 m l'un de l'autre. La distance entre les lignes était de 0,75 m, deux grains ont été introduits par poquet, avec une densité de semis de 53 333 plants à l'hectare. L'essai était entouré de deux lignes de bordure de tous les côtés. La superficie totale de la parcelle était de 663,375 m<sup>2</sup>.

### Mise en place et conduite de l'essai

Le terrain a été labouré sur tous les sites à l'aide d'une charrue attelée à un tracteur. Les semences ont été comptées et mises dans les enveloppes à raison de 33 graines par enveloppe correspondant à 3 grains par poquet et 11 poquets par ligne.

Le semis a eu lieu à Foumbot et à Ngaoundéré au mois de mai et à Njombé en juin. Les grains ont été enfouis dans les

poquets creusés à l'aide d'une machette à une profondeur de 3-4 cm.

Le démariage a été effectué 10 jours après le semis lors du premier épandage d'engrais. Il visait à homogénéiser le nombre de plants par poquet et par ligne. Dans un poquet à trois plants, un plant était supprimé par arrachage manuel. Quand un poquet avait un seul plant, trois plants étaient maintenus si possible dans le poquet suivant dans le but d'atteindre la densité souhaitée de 53333 plants par hectare.

Deux épandages d'engrais minéraux ont eu lieu. Le premier épandage a été effectué 10 jours après le semis avec le NPK (14-5-18 + 4MgO 4S) à la dose de 150 kg par hectare et l'urée (46-0-0) à la dose de 50 kg par hectare, ce qui correspond à 22 N, 7.5 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 27 K<sub>2</sub>O, 6 MgO et 6 S unité fertilisante. Le second épandage a été effectué 5 semaines après le semis avec de l'urée (46-0-0) à la dose de 100 kg par hectare, ce qui correspond à 46 N unité fertilisante. Au total, l'essai a reçu (46+27) N, 7.5 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 27 K<sub>2</sub>O, 6 MgO et 6 S unité fertilisante.

Trois contrôles de mauvaises herbes ont été effectués. Le premier en pré levée après le semis par application du lasso GD (Alachlore 300 g/l + Atrazine 180 g/l), à la dose de 150 ml par pulvérisateur de 15 l, soit 1.5 l de produit par hectare. Le deuxième désherbage a été effectué manuellement quatre semaines après le semis. Le troisième contrôle des mauvaises herbes a été fait dix semaines après le semis par pulvérisation du Gramoxone super à la dose de 150 ml par pulvérisateur de 15 l, donc 3 l par hectare. Le Gramoxone super a pour matière active le Paraquat dichloride (à 270 g/l), un produit de la famille des dipyrindyles. C'est un herbicide de contact.

Pour prévenir l'attaque des chenilles défoliatrices, un insecticide, le Sevin (Carbaryl 850 g/kg) a été pulvérisé à raison d'un sachet par pulvérisateur de 15 litres 6 semaines après le semis, soit 20 sachets par hectare.

La récolte a eu lieu après la maturité physiologique des plants (à 4 mois après le semis). Les épis de chaque unité expérimentale ont été récoltés individuellement à la main, disposés en bout de ligne, comptés, déspathés et pesés.

#### **Mesure des paramètres de production et estimation du rendement**

Le nombre total de plants par ligne a été compté au moment de la récolte. Le poids au champ (PC) des épis récoltés et déspathés sur chaque parcelle expérimentale a été estimé à l'aide d'une balance dont l'unité était le kg.

Le taux d'humidité (TH) a été mesuré après égrainage à l'aide d'un humidimètre à lecture directe.

Le rendement a été estimé pour une humidité totale des graines de 15%. Il a été exprimé en kg/ha et s'est calculé à partir de la formule suivante :

$$RDT \text{ (t.ha}^{-1}\text{)} = \frac{PC \times 0,83 \text{ (} 100 - TH \text{)} \times 10.000 \text{ m}^2}{1.000 \times S}$$

RDT = rendement

PC = poids au champ de chaque génotype (kg)

TH = taux d'humidité des grains à la récolte

100 - T = différence entre l'humidité maximale et l'humidité des grains à la récolte

S = surface de la parcelle élémentaire

10.000m<sup>2</sup> = 1 hectare

1.000 kg = 1 tonne

#### **Analyse statistique**

L'analyse de la variance combinant les sites a été réalisée en utilisant la procédure GLM (General Linear Model) du logiciel SAS. Le modèle statistique utilisé était le suivant :

$$Y_{ijr} = \mu + G_i + E_j + (GE)_{ij} + R_j + \epsilon_{ijr}$$

Y<sub>ijr</sub> = observation de chaque variable dans la r<sup>th</sup> répétition, du ij<sup>th</sup> génotype dans le i<sup>ème</sup> site

μ = moyenne générale de la population

G<sub>i</sub> et E<sub>j</sub> représentent les effets du i<sup>th</sup> génotype et du j<sup>th</sup> site, quand (GE)<sub>ij</sub> représente les interactions génotype – site, R<sub>j</sub> est l'effet de la répétition du j<sup>th</sup> site, ε<sub>ijr</sub> désigne l'erreur aléatoire obtenue de la r<sup>th</sup> répétition du ij<sup>th</sup> génotype dans le j<sup>th</sup> site. (ij = 1, 2, 3, ..... 55) j = 1,2,3; r = 1,2.

La séparation des moyennes a été faite par le test de Duncan.

La méthode IV de Griffing (1956) pour laquelle le matériel expérimental comporte uniquement les hybrides F1 (sans réciproques et autofécondations) et, dont le nombre de croisements est obtenu par la formule n(n - 1) / 2, a été appliquée pour la partition de la somme des carrés des croisements en sources de variations dues à l'Aptitude générale à la combinaison (AGC) et à l'Aptitude Spécifique à la Combinaison (ASC). La formule mathématique utilisée pour estimer les effets de l'AGC et ceux de l'ASC se présentait sous le modèle suivant :

$$Y_{ijk} = \mu + r_k + g_i + g_j + S_{ij} + P_{ijk}$$

où μ = moyenne générale

r<sub>k</sub> = effet aléatoire due aux répétitions avec k = 1,2

g<sub>i</sub> et g<sub>j</sub> = effets dus à l'aptitude générale à la combinaison (AGC) due au i<sup>ème</sup> et du j<sup>ème</sup>, avec i = j = 1...11

S<sub>ij</sub> = Effet dû à l'aptitude spécifique à la Combinaison

P<sub>ijk</sub> = erreur aléatoire obtenue à la k<sup>ème</sup> répétition sur le (ij)<sup>ème</sup> génotype (Griffing, 1956).

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Analyse de la variance combinée sur les trois sites

L'analyse de la variance présentée au Tableau 2 montre que l'interaction site x accessions n'a pas été significative ( $P > 0.05$ ) pour le paramètre rendement. Les différents hybrides ont donc présenté le même comportement et classement relatif d'un site à l'autre.

Les accessions, excepté celles évaluées à Foubot, n'ont pas présenté de différences significatives pour la variable rendement (Tableau 3). Ceci suggère qu'elles ont le même classement relatif d'un site à l'autre.

Il n'y a pas eu de différences significatives entre les sites de l'étude, pourtant ces sites se trouvent dans des zones agro écologiques différentes. La performance moyenne des accessions à Ngaoundéré (4,701 t.ha<sup>-1</sup>) a été meilleure par rapport aux deux autres sites (3,891 t.ha<sup>-1</sup> à Njombé et 3,709 t.ha<sup>-1</sup> à Foubot) (Tableau 4). La performance des variétés à Njombé a été semblable à celle obtenue à Foubot, pourtant ces sites ont des altitudes différentes (80 m au-dessus de la mer à Njombé et 1100 m au-dessus de la mer à Foubot).

### Performance générale des hybrides

#### Rendement moyen en grain sur les trois sites

Le rendement moyen en grain des hybrides testés sur les trois sites a été de 4,1 t.ha<sup>-1</sup>. Les rendements varient de 2,844 t.ha<sup>-1</sup> pour l'hybride (Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x cml 365) à 6,336 t.ha<sup>-1</sup> pour l'hybride (Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x ATP-S4-25W). Le composite le plus performant a été ATP-SR-Y avec une production moyenne de 4,637 t.ha<sup>-1</sup>. Parmi les 13 hybrides qui ont été plus performants que le meilleur des composites, 2 ont montré une supériorité de plus de 1 t à l'hectare. Ce sont Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x ATP-S4-25W (6,336 t.ha<sup>-1</sup>) avec 31% de supériorité et 91105 x ATP-S4-25W (5,809 t.ha<sup>-1</sup>) avec 25% de supériorité.

La performance moyenne des 20 meilleurs hybrides présentée au Tableau 5 montre que les rendements varient de 4,319 t.ha<sup>-1</sup> (M131 x cla 18) à 6,336 t.ha<sup>-1</sup> (Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x ATP-S4-25W). Le rendement moyen des hybrides sélectionnés est de 4,922 t.ha<sup>-1</sup>.

soit une augmentation de 20% par rapport à la moyenne de l'essai. Parmi ces meilleurs hybrides, 11 (55%) proviennent des croisements lignée de basse altitude par lignée d'altitude moyenne avec une performance moyenne de 4,989 t.ha<sup>-1</sup>. Les 9 autres hybrides sont issus des croisements entre les lignées de basse altitude avec une performance moyenne de 4,842 t.ha<sup>-1</sup>.

Le rendement moyen des croisements d'altitude moyenne (AM) x basse altitude (BA) (4,989 t.ha<sup>-1</sup>) est semblable à celui des croisements BA x BA (4,842 t.ha<sup>-1</sup>). Aucun croisement AM x AM n'apparaît parmi les 20 meilleurs hybrides. Les deux meilleurs hybrides sur les trois sites sont Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x ATP-S4-25W (6,336 t.ha<sup>-1</sup>) et 91105 x ATP-S4-25W (5,809 t.ha<sup>-1</sup>). Ces deux hybrides sont issus des croisements BA x BA et AM x BA.

La lignée ATP-S4-25W intervient dans 8 des meilleurs croisements, elle est suivie par la lignée 87036 qui apparaît dans 6 croisements. La première lignée est adaptée aux basses altitudes et la deuxième à des altitudes moyennes. Cam Inb gp<sub>1</sub>17, cml 254 et NCREgp<sub>2</sub>8 interviennent chacune dans 4 croisements et ont une adaptation aux basses altitudes. Le meilleur hybride de l'IRAD (87036 x Exp 24) (IRAD, Nkolbisson) a produit en moyenne 5,117 t.ha<sup>-1</sup>. Les 5 hybrides : Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x ATP-S4-25W (6,336 t.ha<sup>-1</sup>); 91105 x ATP-S4-25W (5,809 t.ha<sup>-1</sup>); 88094 x cml 254 (5,332 t.ha<sup>-1</sup>); 88094 x Exp 24 (5,267 t.ha<sup>-1</sup>); 87036 x cml 254 (5,214 t.ha<sup>-1</sup>) qui se sont mieux comportés que lui peuvent être retenus comme potentiels hybrides pour une éventuelle vulgarisation.

#### Rendement en grain en zone d'altitude moyenne

Dans les zones d'altitude moyenne, la performance des hybrides varie de 2,745 t.ha<sup>-1</sup> à 5,984 t.ha<sup>-1</sup>. La moyenne de l'essai est de 4,204 t.ha<sup>-1</sup>. La moyenne des 20 meilleurs hybrides est de 5,105 t.ha<sup>-1</sup>. Les meilleurs hybrides proviennent d'un croisement entre une lignée de basse altitude avec une lignée d'altitude moyenne. Ces hybrides ont produit au moins 5,426 t.ha<sup>-1</sup>. La meilleure variété composite est ATP-SR-Y. Elle a produit 4,581 t.ha<sup>-1</sup>. 18 hybrides ont présenté des

rendements meilleurs que ce composite et 3 hybrides ont été supérieurs d'au moins 1 t. Il s'agit de NCREgp<sub>2</sub>8 x cla 18 (5,984 t.ha<sup>-1</sup>), 88094 x ATP-S4-25W (5,822 t.ha<sup>-1</sup>) et Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x ATP-S4-25W (5,629 t.ha<sup>-1</sup>).

Parmi les 20 meilleurs hybrides (Tableau 6), 10 (50%) proviennent des croisements entre une lignée de basse altitude et une lignée d'altitude moyenne avec une performance moyenne de 5,131 t.ha<sup>-1</sup>. Les 10 (50%) autres hybrides issus des croisements basse altitude x basse altitude ont en moyenne produit 5,079 t.ha<sup>-1</sup>. Les hybrides issus des croisements altitude moyenne x altitude moyenne n'ont pas été performants en altitude moyenne. Ce qui est contraire aux résultats de The et al. (1996) qui ont montré dans leur étude que les croisements AM x BA donnent des rendements significativement plus élevés que ceux des croisements AM x AM et BA x BA et aussi, les moyennes en croisement des lignées AM x AM étaient significativement plus élevées que celles des croisements BA x BA. De plus, 50% des meilleurs hybrides sont issus des croisements AM x BA, ce qui suggère leur appartenance à des pools hétérotiques différents. L'absence des croisements AM x AM parmi les 20 meilleurs suggérerait que les lignées d'altitude moyenne de notre étude appartiendraient au même pool hétérotique et de ce fait, montrent très peu d'hétérosis.

Les résultats obtenus sur les deux sites d'altitude moyenne montrent que les meilleurs hybrides ont au moins un parent de basse altitude dans leur généalogie. Les lignées NCRE gp<sub>2</sub> 8 et Cam Inb gp<sub>1</sub>17 interviennent chacune dans 6 croisements. Ces deux lignées sont adaptées aux basses altitudes. Elles sont suivies des lignées ATP-S4-25W et 87036 qui interviennent dans 5 croisements chacune, puis de M131 et cla 18 qui apparaissent dans 4 croisements. Ce qui suggère que ces lignées de basse altitude contiennent des gènes d'adaptation aux altitudes moyennes, et peuvent donc être utilisées dans la création des hybrides adaptés aux altitudes moyennes si elles ne sont pas sensibles aux maladies foliaires du maïs qui prévalent dans ces zones (H ; Turcicum et Puccicum ...).

### **Rendement moyen en grain sur le site de Foubot**

Les rendements sur le site de Foubot varient de 1,762 t.ha<sup>-1</sup> pour l'hybride NCREgp<sub>2</sub>8 x ATP-S4-25W à 5,769 t.ha<sup>-1</sup> pour Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x ATP-S4-25W. La moyenne de l'essai est de 3,708 t.ha<sup>-1</sup>. Le meilleur témoin composite ATP-SR-Y, a produit 4,068 t.ha<sup>-1</sup>. Les rendements de 9 hybrides ont été supérieurs à celui de ce composite d'au moins 1 t.ha<sup>-1</sup>.

Les rendements varient de 4,178 t.ha<sup>-1</sup> (Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x cla 18) à 5,769 t.ha<sup>-1</sup> (Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x ATP-S4-25W) pour les 20 meilleurs hybrides, soit une différence de 1,591 t.ha<sup>-1</sup> (Tableau 7). Tous ces hybrides ont donné des rendements supérieurs à celui du composite Kasai SR. La supériorité de ces hybrides par rapport au composite varie de 174% à 359%.

A Foubot, la moyenne des croisements AM x BA (4,883t.ha<sup>-1</sup>) est semblable à celle des croisements BA x BA (4,971t.ha<sup>-1</sup>). Aucun croisement AM x AM ne figure parmi les 20 meilleurs. Les deux meilleurs hybrides sont Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x ATP-S4-25W (5,769 t.ha<sup>-1</sup>) et 91105 x Cam Inb gp<sub>1</sub>17 (5,769 t.ha<sup>-1</sup>). Ces deux hybrides sont issus des croisements BA x BA et AM x BA. Parmi les 20 meilleurs hybrides, Cam Inb gp<sub>1</sub>17 et cml 254, lignées de basse altitude, interviennent respectivement dans 7 et 6 croisements comme le parent 87036, lignée d'altitude moyenne qui intervient dans 6 croisements.

### **Rendement moyen en grain sur le site de Ngaoundéré**

Les rendements des hybrides sur le site de Ngaoundéré varient de 2,111 t.ha<sup>-1</sup> pour l'hybride ATP-S4-25W x cla 18 à 7,966 t.ha<sup>-1</sup> pour l'hybride M131 x ATP-S4-25W. La moyenne de l'essai est de 4,700 t.ha<sup>-1</sup>. Le meilleur témoin composite ATP-SR-Y, a produit 5,093 t.ha<sup>-1</sup>. Les rendements de 10 hybrides ont été supérieurs à celui de ce composite d'au moins 1 t.ha<sup>-1</sup>.

Les rendements des 20 meilleurs hybrides varient de 5,307 t.ha<sup>-1</sup> (87036 x NCRE gp<sub>2</sub>8) à 7,966 t.ha<sup>-1</sup> (M131 x ATP-S4-25W), soit une différence de 2,659 t.ha<sup>-1</sup>

(Tableau 8). Tous ces hybrides ont donné des rendements supérieurs à celui de Kasä SR. La supériorité de ces hybrides par rapport au composite varie de 12% à 68%.

A Ngaoundéré, la moyenne des croisements AM x BA (6,125 t.ha<sup>-1</sup>) est semblable à celle des croisements BA x BA (6,137 t.ha<sup>-1</sup>) et supérieure à celle des croisements AM x AM (5,418 t.ha<sup>-1</sup>). Les deux meilleurs hybrides sont M131 x ATP-S4-25W (7,966 t.ha<sup>-1</sup>) et 88094 x Exp24 (7,110 t.ha<sup>-1</sup>). Ces deux hybrides sont issus des croisements AM x BA.

A Ngaoundéré, NCREgp<sub>2</sub>8 qui est une lignée adaptée aux basses altitudes apparaît 6 fois comme parent parmi les 20 meilleurs. Cette lignée est suivie par M131, ATP-S4-25W et cla 18 qui apparaissent 5 fois chacune et les lignées 87036, 88094 et Cam Inb gp<sub>1</sub>17 qui sont utilisées 4 fois chacune. Des 7 lignées citées plus haut, 2 sont d'altitude moyenne et 5 de basse altitude. Ceci suggère une fois de plus que les lignées de basse altitude peuvent servir au développement des hybrides pour les altitudes moyennes.

En comparant les rendements en grain de Foubot à ceux de Ngaoundéré, on se rend compte que les rendements sont plus élevés à Ngaoundéré d'au moins 1 t.ha<sup>-1</sup>. Enfin, seuls 6 hybrides ont été parmi les meilleurs à Foubot et à Ngaoundéré.

#### **Rendement moyen en grain sur le site de Njombé**

Les rendements des hybrides sur le site de Njombé varient de 1,293 t.ha<sup>-1</sup> pour l'hybride Exp24 x Cam Inb gp<sub>1</sub>17 à 8,434 t.ha<sup>-1</sup> pour l'hybride 88094 x cml 254. Le meilleur témoin composite ATP-SR-Y, a produit 4,750 t.ha<sup>-1</sup>. Les rendements de 7 hybrides ont été supérieurs à celui de ce composite d'au moins 1 t.ha<sup>-1</sup>.

Les rendements sont de l'ordre de 4,138 t.ha<sup>-1</sup> (91105 x cml 365) à 8,434 t.ha<sup>-1</sup> (88091 x cml 254) pour les 20 meilleurs hybrides, soit une différence de 4,296 t.ha<sup>-1</sup> (Tableau 9). Le rendement moyen de l'hybride est de 4,922 t.ha<sup>-1</sup>. Les 11 hybrides

qui ont donné des rendements supérieurs à celui de ATP-SR-Y sont : 88094 x cml 254 (8,434 t.ha<sup>-1</sup>); Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x ATP-S4-25-W (7,751 t.ha<sup>-1</sup>); Exp 24 x ATP-S4-25-W (7,591 t.ha<sup>-1</sup>); 87036 x Exp 24 (7,332 t.ha<sup>-1</sup>); 91105 x Cam Inb gp<sub>1</sub>17 (7,146 t.ha<sup>-1</sup>); cml 254 x cml 365 (6,323 t.ha<sup>-1</sup>); Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x cla 18 (6,105 t.ha<sup>-1</sup>); 87036 x cml 254 (5,684 t.ha<sup>-1</sup>); ATP-S4-25-W x cml 365 (5,313 t.ha<sup>-1</sup>); 88094 x Exp 24 (5,310 t.ha<sup>-1</sup>); 91105 x ATP-S4-25-W (5,200 t.ha<sup>-1</sup>). La supériorité de ces hybrides par rapport au composite varie de 9% à 76%.

A Njombé, la moyenne des croisements BA x BA (5,647 t.ha<sup>-1</sup>) est semblable à celle des croisements BA x AM (5,692 t.ha<sup>-1</sup>) et supérieure à celle des croisements AM x AM (4,267 t.ha<sup>-1</sup>). Les deux meilleurs hybrides sont 88094 x cml 254 (8,434 t.ha<sup>-1</sup>) et Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x ATP-S4-25-W (7,751 t.ha<sup>-1</sup>). Ces deux hybrides sont issus des croisements AM x BA et BA x BA.

A Njombé, ATP-S4-25W qui est une lignée de basse altitude, apparaît 7 fois comme parent parmi les 20 meilleurs hybrides. Cette lignée est suivie par cml 254 et 91105 qui apparaissent 5 fois chacune et 88094, Cam Inb gp<sub>1</sub>17, cml 365 qui sont utilisées 4 fois chacune. Des lignées suscitées, 4 sont adaptées aux basses altitudes.

#### **Effet des gènes**

La dominance ne joue pas un très grand rôle, car les génotypes ont presque le même hétérosis (Tableau 10). Par conséquent, les hybrides peuvent être recombinés entre eux pour fabriquer une population synthétique.

#### **Aptitudes à la combinaison**

##### **Aptitude spécifique à la combinaison**

L'aptitude spécifique à la combinaison (ASC) n'a pas été significative sur les trois sites pour la variable rendement (Tableau 11), ce qui sous entend qu'aucun hybride ne peut servir de base de classification des lignées en pools hétérotiques.

**Aptitude générale à la combinaison**

L'aptitude générale à la combinaison (AGC) est significative sur les trois sites (Tableau 11). Elle est en général, positive (Tableau 12). Ceci suggère que les caractères sont contrôlés par les gènes à effets additifs. L'amélioration des populations peut donc se faire par une simple sélection récurrente. Par contre, les ASC et AGC ont montré des effets significatifs ainsi qu'une prédominance des effets additifs des gènes dans les travaux de Thé et al. (1996).

A Njombé, Foubot et Ngaoundéré, 6, 4 et 6 parents ont présenté une AGC positive (Tableau 12). Les meilleurs géniteurs dans ces sites sont respectivement ATP-S4-25-W, cml 254, Cam Inb gp<sub>17</sub>, 88094, 87036 et 91105 ; Cam Inb gp<sub>17</sub>, 87036, cml 254 et ATP-S4-25W ; NCREgp<sub>28</sub>, M131, ATP-S4-25-W, 87036, 88094 et Exp24. Les lignées M131 et 88094 ont également eu des AGC positives en zone d'altitude moyenne sur sol à forte fertilisation azotée (Kamtat, 2012), tout comme les lignées ATP-S4-25-W, M131,

Cam Inb gp<sub>17</sub> et 87036 en zone d'altitude moyenne sur sol acide (Thé et al., 2006). L'apparition de 3 lignées de basse altitude parmi les 4 lignées de Foubot confirme une fois de plus que les lignées de basse altitude peuvent servir de donneurs de gènes lors du développement des hybrides pour les altitudes moyennes.

Seulement 2 lignées présentent aux deux sites d'altitude moyenne des AGC positives : ce sont ATP-S4-25W et 87036.

Les deux meilleurs parents à Njombé (ATP-S4-25W et cml 254), à Foubot (Cam Inb gp<sub>17</sub> et 87036) et à Ngaoundéré (NCREgp<sub>28</sub> et M131) peuvent servir de géniteurs pour leurs sites respectifs dans un programme d'amélioration, mais en général, quelle que soit l'altitude, deux lignées ont présenté des AGC positives dans les trois sites. Il s'agit des parents 87036 et ATP-S4-25W. Il ressort également des travaux de plusieurs auteurs (The et al., 1996 ; Thé et al., 2006 ; Kamtat, 2012) que la lignée 87036 a eu une AGC positive.

**Tableau 2:** Carré moyen issu de l'analyse de la variance pour la variable rendement en grain sur les trois sites.

Source de variation	Ddl	Rendement en grain
Répétition	1	3.99 <sup>NS</sup>
Site	2	31.76 <sup>***</sup>
Accessions	56	5.59 <sup>NS</sup>
Site x Accessions	112	3.72 <sup>NS</sup>
Erreur	112	3.46

Valeur de F : 0.16 ; Pr > F : 0.1692  
 \*\*\* : hautement significatif à p < 0.001      \*\* : significatif à p < 0.01  
 \* : significatif à p < 0.05    NS : non significatif      Ddl : degré de liberté

**Tableau 3 :** Carré moyen issu de l'analyse de la variance par site pour la variable rendement.

Source de variation	Ddl	Njombé	Foubot	Ngaoundéré
Répétition	1	81,75 <sup>***</sup>	11,2 <sup>**</sup>	4,99 <sup>NS</sup>
Accessions	56	5,24 <sup>NS</sup>	2,44 <sup>*</sup>	3,35 <sup>NS</sup>
Erreur	56	4,34	1,34	3,14

\*\*\* : significatif à p < 0.001 ; \*\* : significatif à p < 0.01 ; \* : significatif à p < 0.05  
 NS : non significatif



**Tableau 4** : Rendement moyen en grain par site.

Site	Rendement en grain
Njombé	3.891 a
Foumbot	3.709 a
Ngaoundéré	4.701 b
Moyenne	4.100
C.V	45.380
P.P.D.S	0.487

Les lettres a et b permettent de séparer les moyennes

C.V = coefficient de variation

P.P.D.S = plus petite différence significative

NS : non significatif

Ddl : degré de liberté

**Tableau 5** : Les 20 meilleurs hybrides sur les trois sites.

Hybrides	Rendement	Adaptation
Cam Inb gp <sub>1</sub> 17 x ATP-S4-25W	6.336 a	BA x BA
91105 x ATP-S4-25W	5.809 ab	AM x BA
88094 x cml 254	5.332 abc	AM x BA
88094 x Exp 24	5.267 abc	AM x BA
87036 x cml 254	5.214 abc	AM x BA
87036 x Exp 24	5.117 abcd	AM x BA
Exp 24 x ATP-S4-25W	5.051 abcde	BA x BA
Cml 254 x cml 365	5.047 abcde	BA x BA
88094 x ATP-S4-25W	5.047 abcde	AM x BA
87036 x ATP-S4-25W	4.936 abcdef	AM x BA
91105 x ATP-S4-25W	4.927 abcdef	AM x BA
NCRE gp <sub>2</sub> 8 x cla 18	4.925 abcdef	BA x BA
M131 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	4.809 abcdef	AM x BA
87036 x cla 18	4.512 abcdef	AM x BA
NCRE gp <sub>2</sub> 8 x ATP-S4-25W	4.400 abcdef	BA x BA
87036 x NCRE gp <sub>2</sub> 8	4.393 abcdef	AM x BA
ATP-S4-25W x cml 254	4.370 abcdef	BA x BA
NCRE gp <sub>2</sub> 8 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	4.320 abcdef	BA x BA
87036 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	4.320 abcdef	AM x BA
M131 x cla 18	4.319 abcdef	AM x BA
ATP-SR-Y	4.637 abcdef	BA
Kasai SR	3.026 def	AM
Moyenne des sélectionnés	4.922	
Moyenne de l'essai	4.100	
P.P.D.S	2.121	
C.V	45.38	
S.E	3.46	
Moyenne BA x BA (45%)	4.842	
Moyenne BA x AM (55%)	4.989	

BA : basse altitude ; AM : altitude moyenne

Les moyennes suivies par les mêmes lettres ne sont pas différentes selon le test de Duncan (P<0,05).

**Tableau 6** : Les 20 meilleurs hybrides en fonction du rendement en zone d'altitude moyenne.

Hybrides	Entrée	Rendement	Adaptation
NCRE gp <sub>2</sub> 8 x cla18	45	5.984 a	BA x BA
88094 x ATP-S4-25W	31	5.822 ab	AM x BA
Cam Inb gp <sub>1</sub> 17 x ATP-S4-25W	46	5.629 abc	BA x BA
87036 x NCRE gp <sub>2</sub> 8	5	5.426 abcd	AM x BA
Exp 24 x NCRE gp <sub>2</sub> 8	35	5.313 abcde	BA x BA
87036 x cla18	10	5.307 abcde	AM x BA
88094 x Exp 24	28	5.245 abcdef	AM x BA
91105 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	15	5.140 abcdefg	AM x BA
NCRE gp <sub>2</sub> 8 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	41	5.081 abcdefg	BA x BA
87036 x ATP-S4-25W	7	5.033 abcdefgh	AM x BA
87036 x cml 254	8	4.979 abcdefghi	AM x BA
M131 x ATP-S4-25W	24	4.977 abcdefghi	AM x BA
M131 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	23	4.951 abcdefghij	AM x BA
88094 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	30	4.950 abcdefghij	AM x BA
M131 x NCRE gp <sub>2</sub> 8	22	4.919 abcdefghij	AM x BA
Exp 24 x cla 18	40	4.912 abcdefghij	BA x BA
91105 x ATP-S4-25W	16	4.791 abcdefghijk	AM x BA
87036 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	6	4.624 abcdefghijk	AM x BA
NCRE gp <sub>2</sub> 8 x cml 365	44	4.518 abcdefghijk	BA x BA
M131 x cla18 x	27	4.512 abcdefghijk	AM x BA
ATP- SR-Y	56	4.581 abcdefghijk	BA
Kasai SR	58	3.137 ghijk	AM
Moyenne des sélectionnés	5.105		
Moyenne de l'essai	4.204		
P.P.D.S	2.092		
C.V	35.524		
S.E	2.231		
Moyenne BA x BA (50%)	5.070		
Moyenne BA x AM (50%)	5.131		

BA : basse altitude ; AM : altitude moyenne

Les moyennes suivies par les mêmes lettres ne sont pas différentes selon le test de Duncan (P&lt;0,05).

**Tableau 7** : Les 20 meilleurs hybrides en Fonction du rendement à Foubot.

Hybrides	Rendement	Adaptation
Cam Inb gp <sub>1</sub> 17 x ATP-S4-25W	5.769 a	AB x AB
91105 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	5.769 a	AM x AB
87036 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	5.657 ab	AM x AB
87036 x NCRE gp <sub>2</sub> 8	5.544 abc	AM x AB
M131 x cml 254	5.430 abcd	AM x AB
87036 x ATP-S4-25W	5.427 abcd	AM x AB
Exp24 x NCRE gp <sub>2</sub> 8	5.422 abcd	AB x AB
NCRE gp <sub>2</sub> 8 x cla18	5.193 abcde	AB x AB
Cam Inb gp <sub>1</sub> 17 x cml254	5.193 abcde	AB x AB
87036 x cml 254	4.980 abcdef	AM x AB
88094 x ATP-S4-25W	4.980 abcdef	AM x AB
ATP-S4-25W x cml 254	4.748 abcdefg	AB x AB
87036 x cla 18	4.628 abcdefgh	AM x AB

Exp24 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	4.412 abcdefghi	AB x AB
NCRE gp <sub>2</sub> 8 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	4.393 abcdefghi	AB x AB
87036 x Exp24 Exp24	4.184 abcdefghij	AM x AB
88094 x cml 254	4.183 abcdefghij	AM x AB
88094 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	4.183 abcdefghij	AM x AB
99105 x cml 254	4.182 abcdefghij	AM x AB
Cam Inb gp <sub>1</sub> 17 x cla 18	4.178 abcdefghij	AB x AB
ATP-SR-Y	4.068 abcdefghijk	BA
Kasaï SR	1.256 l	AM
Moyenne des sélectionnés	4.922	
Moyenne de l'essai	3.708	
P.P.D.S	2.324	
C.V	31.285	
SE	1.346	
Moyenne BA x BA (45%)	4.971	
Moyenne BA x AM (55%)	4.883	

BA : basse altitude ; AM : altitude moyenne

Les moyennes suivies par les mêmes lettres ne sont pas différentes selon le test de Duncan (P<0,05).

**Tableau 8 :** Les 20 meilleurs hybrides en fonction du rendement à Ngaoundéré.

Hybrides	Rendement	Adaptation
M131 x ATP-S4-25W	7.966 a	AM x BA
88094 x Exp24	7.110 ab	AM x BA
NCRE gp <sub>2</sub> 8 x cla18	6.776 abc	BA x BA
88094 x ATP-S4-25W	6.665 abc	AM x BA
Exp24 x cla18	6.329 abcd	BA x BA
91105 x ATP-S4-25W	6.199 abcde	AM x BA
M131 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	6.178 abcde	AM x BA
NCRE gp <sub>2</sub> 8 x cml 365	6.128 abcde	BA x BA
91105 x Exp24	6.105 abcde	AM x BA
91105 x cla 18	6.103 abcde	AM x BA
87036 x cla 18	5.986 abcdef	AM x BA
87036 x M131	5.936 abcdef	AM x AM
NCRE gp <sub>2</sub> 8 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	5.770 abcdefg	BA x BA
M131 x NCRE gp <sub>2</sub> 8	5.769 abcdefg	AM x BA
88094 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	5.716 abcdefg	AM x BA
M131 x cla18	5.647 abcdefgh	AM x BA
Cam Inb gp <sub>1</sub> 17 x ATP-S4-25W	5.488 abcdefgh	BA x BA
87036 x 88094	5.418 abcdefgh	AM x AM
NCRE gp <sub>2</sub> 8 x ATP-S4-25W	5.317 abcdefgh	BA x BA
87036 x NCRE gp <sub>2</sub> 8	5.307 abcdefgh	AM x BA
ATP- SR- Y	5.093 abcdefgh	BA
Kasaï SR	4.748 abcdefgh	AM
Moyenne des sélectionnés	6.095	
Moyenne de l'essai	4.700	
P.P.D.S	3.552	
C.V	37.725	
S.E	3.144	
Moyenne BA x BA (50%)	6.137	
Moyenne BA x AM (45%)	6.125	
Moyenne AM x AM (5%)	5.418	

BA : basse altitude ; AM : altitude moyenne

Les moyennes suivies par les mêmes lettres ne sont pas différentes selon le test de Duncan (P<0,05).

**Tableau 9** : Les 20 meilleurs hybrides en fonction du rendement à Njombé.

Hybrides	Rendement	Adaptation
88094 x cml 254	8.434 a	AM x BA
Cam Inb gp <sub>1</sub> 17 x ATP-S4-25-W	7.751 ab	BA x BA
Exp 24 x ATP-S4-25-W	7.591 abc	BA x BA
87036 x Exp 24	7.332 abcd	AM x BA
91105 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	7.146 abcde	AM x BA
cml 254 x cml 365	6.323 abcdef	BA x BA
Cam Inb gp <sub>1</sub> 17 x cla 18	6.105 abcdefg	BA x BA
87036 x cml 254	5.684 abcdefgh	AM x BA
ATP-S4-25-W x cml 365	5.313 abcdefghi	BA x BA
88094 x Exp 24	5.310 abcdefghi	AM x BA
91105 x ATP-S4-25-W	5.200 abcdefghi	AM x BA
ATP-S4-25-W x cml 254	4.751 abcdefghi	BA x BA
87036 x ATP-S4-25-W	4.743 abcdefghi	AM x BA
88094 x cla 18	4.638 abcdefghi	AM x BA
M131 x Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	4.523 abcdefghi	AM x BA
NCRE gp <sub>2</sub> 8 x ATP-S4-25-W	4.300 abcdefghi	BA x BA
91105 x cml 254	4.298 abcdefghi	AM x BA
91105 x 88094	4.267 abcdefghi	AM x AM
NCRE gp <sub>2</sub> 8 x cml 365	4.165 bcdefghi	BA x BA
91105 x cml 365	4.138 bcdefghi	AM x BA
ATP- SR- Y	4.750 abcdefghi	BA
Kasaï SR	2.805 fghi	AM
Moyenne des sélectionnés	5.600	
Moyenne de l'essai	3.890	
P.P.D.S	4.175	
C.V	53.571	
SE	4.344	
Moyenne BA x BA (45%)	5.647	
Moyenne BA x AM (50%)	5.692	
Moyenne AM x AM (5%)	4.267	

BA : basse altitude ; AM : altitude moyenne

Les moyennes suivies par les mêmes lettres ne sont pas différentes selon le test de Duncan (P&lt;0,05).

**Tableau 10** : Valeur moyenne en croisement des groupes d'accessions par zone.

Génotype	Altitude moyenne						Basse altitude	
	Foumbot		Ngaoundéré		Moyenne		Njombé	
	%	RDT (t.ha <sup>-1</sup> )	%	RDT (t.ha <sup>-1</sup> )	%	RDT (t.ha <sup>-1</sup> )	%	RDT(t.ha <sup>-1</sup> )
BA x BA	40	4.91	30	5.97	30	5.24	40	5.78
BA x AM	60	4.93	60	5.68	70	5.05	55	4.26
AM x AM	-	-	10	6.22	-	-	5	5.58

BA : basse altitude ; AM : altitude moyenne; RDT: rendement en grain %: pourcentage d'apparition des groupes d'accessions

**Tableau 11** : Carré moyen issu de l'analyse de la variance des aptitudes à la combinaison.

Source de variation	Ddl	Njombé	Foumbot	Ngaoundéré
Hybrides	54	5.4 <sup>NS</sup>	2.34*	3.5
AGC	10	8.4*	4.53**	4.5*
ASC	44	4.7 <sup>NS</sup>	1.84 <sup>NS</sup>	3.2 <sup>NS</sup>
Erreur	54	4.34	1.34	3.14

\*\*\* : significatif à  $p < 0.001$  ; \*\* : significatif à  $p < 0.01$  ; \* : significatif à  $p < 0.05$

NS : non significatif ; Ddl : degré de liberté

**Tableau 12**: Aptitude générale à la combinaison des parents sur les trois sites.

Parents	Njombé	Foumbot	Ngaoundéré
87036	0.115	0.621	0.237
88094	0.223	- 0.368	0.097
M131	- 1.092	- 0.548	0.669
91105	0.057	-0.177	- 0.003
Exp 24	- 0.055	-0.166	0.430
NCREgp <sub>2</sub> 8	- 1.029	- 0.020	0.737
Cam Inb gp <sub>1</sub> 17	0.265	1.014	- 0.330
ATP-S4-25-W	1.220	0.020	0.254
Cml 254	0.782	0.420	- 0.797
Cml 365	- 0.179	- 0.676	- 0.803
Cla 18	- 0.305	- 0.118	- 0.103

## Conclusion

Les hybrides de notre étude ont présenté le même hétérosis et classement relatifs d'un site à l'autre pour le rendement en grain. Ils peuvent donc être testés sur un site. Les cinq hybrides à savoir Cam Inb gp<sub>1</sub>17 x ATP-S4-25W (6,336 t.ha<sup>-1</sup>), 91105 x ATP-S4-25W (5,809 t.ha<sup>-1</sup>), 88094 x cml 254(5,332 t.ha<sup>-1</sup>), 88094 x Exp24 (5,267 t.ha<sup>-1</sup>) et 87036 x cml 254 (5,214 t.ha<sup>-1</sup>) qui se sont mieux comportés que le meilleur hybride de l'IRAD (87036 x Exp24) qui a produit en moyenne 5,117 t.ha<sup>-1</sup> devraient être multipliés et vulgarisés auprès des producteurs. Les lignées de basse altitude peuvent servir de donneur de gènes lors du développement des hybrides pour les altitudes moyennes.

La dominance n'a pas joué un grand rôle dans cette étude. Les accessions peuvent être recombinées entre elles pour fabriquer une population synthétique.

Aucun hybride ne peut servir de base de classification des lignées en pools hétérotiques. Les caractères sont contrôlés par

les gènes à effets additifs. L'amélioration des populations issues de la recombinaison de ces lignées peut donc se faire par une simple sélection récurrente.

Les lignées de basse altitude de cette étude devraient être testées dans différentes zones d'altitude moyenne pour observer leur sensibilité aux maladies foliaires qui prévalent dans ces écologies. Les lignées d'altitude moyenne appartenant au même pool hétérotique devraient être recombinées entre elles pour l'obtention des variétés synthétiques.

## REMERCIEMENTS

Le matériel végétal utilisé pour cette étude a été mis à notre disposition par l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Nkolbisson à Yaoundé. Les auteurs remercient particulièrement cet institut et étendent leur gratitude à M. Célicard GUEPI ZONKENG pour son assistance technique pendant l'analyse des données.

## REFERENCES

- Anonyme 2012. Statistiques. FAO.
- Bassi O. 2009. Contribution des top-cross et hybrides variétaux à l'amélioration du maïs (*Zea mays* L.) sur sol pauvre en azote. Mémoire de DESS. Université de Yaoundé I, Yaoundé, 35 p.
- CARBAP. 2003. Rapport annuel des données climatologiques. CARBAP.
- Castillo-Gonzalez F, Goodman MM. 1989. Agronomic evaluation of Latin American maize accessions. *Crop Sci.*, **29**: 853-861.
- CYMMIT 1987. Results of diallel trial. A technical report presented at the US-CIMMYT Combining Ability Workshop. Ed Batun, Mexico 27-30 May 1987, CIMMYT, MEXICO D.E.
- Grifing B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *J. Biol. Sci.*, **9**: 463-493.
- Kamtat FG. 2012. Evaluation des hybrides simples d'un diallèle de maïs (*Zea mays* L.) issus de lignées efficaces à l'utilisation de l'azote dans le sol. Mémoire de MPIS. Université de Yaoundé I, Yaoundé, 47 p.
- Kim SK. 1997. Achievements, challenges and future direction of hybrid maize research and production in West and Central Africa. In: Badu-Apraku B, Akoroda MO, Ouedraogo M, Quin FM (Eds.), Proc. of a Regional Maize Workshop, June, 1995, IITA, Cotonou, Benin Republic, Pp. 42-82.
- MINADER. 2010. Comice agropastoral Ebolowa. MINADER, Cameroun.
- MINAGRI. 2000. Caractérisation des principales terres agricoles du Cameroun. FASA (UDs), Dschang, 124 p.
- Miranda FJB. 1985. Breeding methodologies for tropical maize. In *Breeding Strategies for Maize Production Improvement in the Tropic Firenze*, Brandolini A, Salamini F (eds). FAO, Istituto Agronomico per l'Oltremare.
- Moll RH, Salbuana WS, Robinson HF. 1998. Heterosis and Genetic diversity in variety crosses in maize: *Crop Sci.*, **28**: 752 – 758.
- Moukam L. 1985. *Etude des Sols et des Contraintes du Verger de la Station IRA de Foubot*. IRA : Foubot.
- Moule C. 1971. *Céréales, Phytotechnique Spéciale. La Maison Rustique*. Masson : Paris ; 235 p.
- Narro L, Pandey S, Crossa J, De Leonc. Salazarf. 2003. Using Line x Tester interaction for the formation of yellow maize synthetics tolerant to acid soils. *Crop Sci.*, **43**: 1718-1728.
- The C, Ayuk-Takem JA, Mongmong B. 1981. *Heterotic Groups in Low-Land Tropical Maize*. *Agronomy Abstract*. American Society of Agronomy: Madison, Wisconsin; 118.
- The C, Zonkeng C, Enyong L. 1996. Heterosis of low-land x mid-altitude crosses of Tropical maize. In strategy for sustainable maize production in West Central Africa. Proceedings of a Regional Maize Workshop 21-25 April 1997. IITA Cotonou, Benin Republic.
- The C, Calba H, Zonkeng C, Ngonkeu MEL, Adetimirin VO, Mafouasson HA, Meka SS, Horst WJ. 2006. Responses of maize grain yield to changes in acid soils characteristics after soil amendments. *Plant and Soil*, **284**: 45-57.
- Thé C, Mafouassom H, Mbouemboue P, Zonkeng C, Tagne A, Horst WJ. 2006. Identification de groupes hétérotiques pour la tolérance du maïs (*Zea mays* L.) aux sols acides des tropiques. *Cahiers Agricultures*, **15**(4): 337 – 346.
- Wende A, Mosisa W, Birhanu T, Legesse W, Diallo A, Twumasi A. 2007. Performances of CYMMIT maize germplasm under low – N soil conditions in the mid-altitude sub humid agroecology of Ethiopia. *African Crop Science Conference Proceedings*, **8**: 15-18.