

Résistance à la chaleur chez le niébé en conditions de jours courts

Ndiaga Cissé¹

Résumé

La chaleur prévalant dans les zones tropicales sèches peut avoir des effets négatifs sur le rendement des cultures. Ces effets sont influencés par la longueur du jour. L'objectif de cette étude était d'évaluer dans des conditions de jours courts l'effet du caractère de résistance à la chaleur introduit dans des lignées créées sous des photopériodes longues en Californie, chez le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Six paires de lignées isogéniques pour la résistance à la chaleur ont été testées pendant trois années à Bambeý. Un dispositif en blocs complets randomisés à quatre répétitions a été utilisé. Aucune différence significative n'a été observée entre les lignées résistantes à la chaleur et les lignées sensibles, pour le rendement en graines, l'indice de récolte, la taille des plantes, le nombre de gousses par pédoncule et par plante. Deux hypothèses peuvent expliquer ces résultats : 1) les gènes de résistance à la chaleur identifiés en Californie ne sont pas efficaces dans les conditions de jours courts et de chaleur prévalant au Sénégal ; 2) les températures élevées en jours courts ne constituent pas une contrainte à la production du niébé dans ces zones.

Mots-clés : résistance à la chaleur, longueur du jour, photopériode, niébé.

Heat Resistance in Cowpea on Short Days Conditions

Abstract

Hot weather occurring in the tropics can cause reductions in crop yield; the effect of hot weather on plant performance is influenced by day length. The objective of this study was to evaluate heat resistance genes of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), in short day conditions. Six pairs of isogenic lines of cowpea for heat resistance were evaluated during three years at Bambeý. Individual plots consisted of four rows, 5 m long arranged in a randomized complete bloc design replicated four times. Contrast analyses show no difference between the means of heat tolerant and susceptible lines for grain yield, harvest index, plant size and the number of pods per peduncle and plant. These results indicate two possibilities; 1) these heat tolerant genes identified in California are not efficient in protecting cowpea against hot weather under short days conditions of the tropics ; 2) high temperatures under short days conditions are not a limiting factor to cowpea production in these zones.

Keywords: Heat resistance, day length, photoperiod, cowpea.

¹ ISRA-CNRA, BP 53 Bambeý, Sénégal.

Tél.: (221) 973 60 50 ; fax : (221) 973 63 48 ; E-mail : ncisse@isra.sn

Introduction

La chaleur prévalant pendant les périodes hivernales dans les zones subsahariennes tropicales peut avoir des effets négatifs sur le développement de l'appareil reproducteur et le rendement de certaines cultures (HALL, 1992). Une diminution linéaire du rendement en grains de 4,4 % par degré centigrade a été observée chez le niébé pour des températures minimales journalières supérieures à 15 °C (NIELSEN et HALL, 1985).

Plusieurs variétés de niébé cultivées en Afrique sont sensibles à la chaleur (PATEL et HALL, 1990). Les deux stades les plus touchés par des températures nocturnes élevées sont le développement des boutons floraux et celui des anthères (WARRAG et HALL, 1984 ; AHMED et HALL, 1993). Pendant le premier mois après la germination, deux à trois semaines de températures nocturnes élevées (30 °C) et de jours longs (14 heures) peuvent inhiber complètement la formation des boutons floraux (AHMED et HALL, 1993). Après initiation, le développement des boutons floraux est inhibé par une combinaison de températures nocturnes élevées et de longues photopériodes (DOW EL-MADINA et HALL, 1986 ; PATEL et HALL, 1990). Dans les régions subtropicales de la Californie, des différences entre génotypes pour la résistance à la chaleur ont été observées au stade de floraison chez le niébé. Les lignées Prima et Tvu 4552 ont ainsi montré une forte résistance à la chaleur (WARRAG et HALL, 1983). Cette résistance, au stade de développement des boutons floraux, est contrôlée par un gène récessif (HALL, 1993). Ce gène contribue sous hautes températures à maintenir l'intégrité de la membrane cellulaire, augmentant ainsi le nombre de fleurs qui produisent des gousses (ISMAIL et HALL, 1999).

Par ailleurs, les températures nocturnes élevées peuvent provoquer l'indéhiscence des anthères et une faible viabilité du pollen, gênant ainsi la production de gousses (WARRAG et HALL, 1984). La résistance à la chaleur au stade de formation des gousses est contrôlée par un gène dominant (MARFO et HALL, 1992). La réduction par la chaleur du nombre de gousses formées est responsable en grande partie de la limitation des rendements en graines (NIELSEN et HALL, 1985). Ces deux gènes ont été utilisés pour développer une variété qui produit les rendements les plus élevés dans les zones chaudes de la Californie (EHLERS *et al.*, 2000).

En utilisant six paires de lignées isogéniques pour la résistance à la chaleur, ISMAIL et HALL (1998) ont montré que les génotypes résistants à des températures nocturnes supérieures à 20 °C, entre l'émergence et l'apparition de la première fleur, obtenaient progressivement des rendements supérieurs à ceux des génotypes sensibles. Cet accroissement atteignait 100 % à 26 °C. L'augmentation des rendements chez les lignées résistantes à la chaleur était accompagnée de l'accroissement de l'indice de récolte et du nombre de gousses par pédoncule. Les lignées résistantes étaient aussi, avec l'accroissement des températures, progressivement plus courtes de taille et avaient une biomasse aérienne inférieure à celle des lignées sensibles. Une corrélation entre l'augmentation du nombre de gousses par pédoncule et la réduction de la taille des plantes a été mise en évidence (ISMAIL et HALL, 1999). Cependant, il n'a pas été clairement établi si cette association est due à une pléiotropie ou à deux gènes fortement liés (HALL, 2001).

Ce gène de résistance à la chaleur augmente davantage la productivité sous de fortes densités lorsque les distances entre lignes de semis sont plus grandes (ISMAIL et HALL, 2000). Dans ces dernières conditions, l'interception des radiations solaires et la photosynthèse sont réduites.

L'influence de la longueur du jour sur la réponse du niébé aux hautes températures a été largement documentée (MUTTERS *et al.*, 1989 ; EHLERS et HALL, 1996). En conditions de serre, EHLERS et HALL (1998) ont observé que les lignées tolérantes à la chaleur sélectionnées en jours longs avaient des rendements supérieurs à la moyenne en jours courts (inférieurs ou égaux à 12 heures 30). Le rendement en graines obtenu était positivement corrélé au nombre de gousses par pédoncule et à celui par plante, indiquant l'importance de ces caractères pour la tolérance à la chaleur. En outre, plusieurs lignées développées pour des rendements en grains élevés en zones tropicales chaudes montraient une tolérance à la chaleur en jours courts, mais non en jours longs.

Dans le Sahel, les semis doivent être effectués en début d'hivernage pour que le cycle de culture corresponde à la saison de culture. Dans ces conditions, le développement de l'appareil reproducteur s'effectue durant les périodes de forte chaleur et de jours courts. Les effets des hautes températures sur le développement et la production du niébé en conditions de jours courts du Sahel n'ont, à notre connaissance, pas encore été étudiés. L'objectif de ce travail a été de déterminer si les gènes de résistance à la chaleur en conditions de jours longs sont efficaces en jours courts et si la chaleur constitue une contrainte à la production du niébé dans les zones semi-arides du Sahel.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Six paires de lignées pures isogéniques ont été utilisées. Elles avaient des gènes de résistance à la chaleur qui ont été identifiés en Californie sous de longues photopériodes. Ces lignées ont été sélectionnées à partir de familles F6 qui ségréguent pour la résistance à la chaleur durant leur période de reproduction (ISMAIL et HALL, 1998). Les génotypes des deux lignées constituant une paire sont identiques pour tous les locus, excepté pour celui contrôlant la réaction à la chaleur. A ce locus, l'une des lignées est homozygote résistante à la chaleur et l'autre homozygote sensible (tableau I). Ainsi, les lignées de chaque paire devraient théoriquement réagir d'une façon identique à toutes les conditions biotiques et abiotiques de culture, et ne différer que pour leur réaction à la chaleur. Deux variétés Mouride, (CISSE *et al.*, 1995, 1997) résistante en conditions de jours courts et chauds et Mélékh sensible (EHLERS et HALL, 1998), ont été utilisées comme témoins.

Conditions de culture

L'essai a été conduit durant les hivernages de 1998, 1999 et 2000 au Centre de recherches agronomiques de Bambey (14° 42' N, 16° 28' W). Les sols de Bambey sont de type ferrugineux tropicaux peu lessivés (sols Dior). Ils sont caractérisés par une fraction argileuse très faible en surface (7 %) et une réserve utile en eau d'environ 8 %. Les températures minimales et maximales absolues et les longueurs du jour enregistrées à Bambey pendant les mois d'hivernage ont été rassemblées (tableau II).

Les essais ont été installés sur un précédent jachère ; un labour, un hersage et une fertilisation de fond à 150 kg/ha de 6-20-10 (NPK) ont été pratiqués avant les semis. En 1998 et 1999, les semis ont été effectués à l'installation des pluies respectivement les 5 août et 13 juillet. Un semis plus

précoce a été effectué le 22 juin 2000 sous irrigation afin d'assujettir les plantes à des journées longues. Une irrigation hebdomadaire a été appliquée jusqu'au moment de l'installation des pluies le 12 juillet. Les cumuls pluviométriques ont été de 349,5 mm en 1998, de 578,1 mm en 1999 mm et de 639,7 mm en 2000. Les thrips *Megalurothrips sjostedti* ont été contrôlés au Décis (deltaméthrine, à raison de 15 g . ha⁻¹) pendant les trois années et les pucerons (*Aphis craccivora*) apparus en 1999 au Thiodan (endosulfan, à raison de 800 g.ha⁻¹).

Tableau I. Analyse de variance combinée sur les caractères agronomiques des essais en jours courts de 1998 et 1999.

Lignées	50 % Fl	95 % Mat	Gou/pl	Ped/pl	Gou/ped	Paille/pl	Pgr./pl	HI/pl	Rdt
CB5 (S,1)	35,0	59,6	16,0	9,5	1,6	15,6	16,7	50,5	1574,7
1393-2-11 (S,2)	36,5	62,9	15,1	9,1	1,6	14,2	16,4	54,0	1707,2
H8-8-14 (S,3)	35,6	59,1	14,9	9,2	1,7	13,0	15,6	53,7	1607,4
H14-10-10 (S,4)	36,5	59,9	14,9	8,6	1,8	14,3	13,7	49,9	1052,5
H35-5-6 (S,5)	35,9	60,9	11,0	6,5	1,9	13,1	11,9	47,5	1502,8
H8-14-18 (S,6)	35,7	58,4	14,2	9,4	1,5	11,9	13,2	52,9	1544,8
H36 (R,1)	35,7	58,9	14,5	7,2	2,0	12,4	12,0	47,9	1076,5
1393-2-1 (R,2)	35,7	60,5	14,1	8,0	1,8	15,7	17,3	51,7	1687,6
H8-8-27 (R,3)	35,9	58,5	12,3	9,2	1,4	13,9	15,8	52,8	1668,0
H14-10-1N(R,4)	36,1	61,1	15,3	8,5	1,9	15,5	16,2	51,1	1588,9
H35-5-10 (R,5)	35,1	58,9	12,1	8,1	1,5	11,7	12,2	53,1	1418,5
H8-14-12 (R,6)	36,0	61,0	16,9	9,9	1,9	21,0	18,3	46,7	1571,2
Mouride	40,5	64,6	18,5	13,7	1,4	23,9	20,7	47,3	2063,1
Mélakh	38,2	62,2	22,2	9,9	2,1	20,8	24,2	52,7	2114,0
Moyenne	36,3	60,5	15,2	9,1	1,7	15,5	16,0	50,8	1584,1
Probabilité	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	0,0004	0,00	0,37	0,00
PPDS 0,05	0,63	1,07	4,7	2,9	-	5,7	6,01	-	307,4
CV (%)	1,76	1,78	11,37	12,79	9,79	17,21	17,86	13,64	9,5

(S,1) : (sensible, paire1) ; (S,2) : (sensible, paire2), et. ; (R,1) : (résistante, paire1), etc.

50 % Fl : Floraison à 50 % ; 95 % Mat. : Maturité à 95 % ; Gou / pl. : nombre de gousses / plante ; Ped / pl : nombre de pédoncules / plante ; Gou / ped : nombre de gousses par pédoncule ;

paille / pl : poids paille / plante ; Pgr / pl : poids graines / plante ; HI/pl : Indice de récolte / plante ;

Rdt : rendement en graines (kg/ha) ; Probabilité. : Significative < 0.05 ; PPDS : Plus Petite Différence Significative.

Dispositif

Un dispositif en blocs complets randomisés à quatre répétitions a été utilisé. La parcelle élémentaire était constituée de quatre lignes de 5 m de long, les deux lignes centrales constituant la parcelle utile (PU). Les graines ont été semées à la main aux écartements de 50 x 25 cm.

Observations et mesures

Des observations sur les dates de 50 % floraison et 95 % maturité ont été effectuées au cours de l'essai. A la récolte, un échantillon de 6 plantes a été retenu sur 1 m à l'intérieur de chaque PU afin de déterminer le nombre de gousses et de pédoncules et le poids de graines et de paille sèche

par plante. Le nombre de gousses par pédoncule et l'indice de récolte (HI), exprimé en pourcentage, ont été calculés à partir de cet échantillon. Le rendement en graines (kg.ha⁻¹) a été obtenu sur les 4 m restants de chaque PU.

Analyse des données

L'objectif de l'étude étant d'évaluer la résistance à la chaleur en conditions de jours courts, une analyse de variance combinée sur les données des essais en conditions pluviales strictes de 1998 et 1999 a été réalisée. Une analyse des données de chaque expérimentation a aussi été effectuée pour les caractères qui montrent une interaction significative entre année x lignée. La méthode des contrastes a été utilisée pour comparer les caractères entre le groupe de lignées sensibles à la chaleur et celui des lignées résistantes. Les résultats de l'essai de l'hivernage 2000 en conditions de jours longs ont fait l'objet d'une analyse de variance et de contrastes mais de façon indépendante. Le logiciel Micro computer statistical program (MSTAT-C, 1991) a été utilisé pour ces analyses.

Tableau II. Températures minimales, maximales et longueur du jour à Bambey.

Mois	1998		1999		2000		jour	
	Tmin.	Tmax.	Tmin.	Tmax.	Tmin.	Tmax	Date	Durée
Juin	22,9	36,7	18,5	37,5	17,5	38,3	14 juin	13h 01
Juillet	23,7	35,6	21,0	36,6	21,5	36,5	15 juillet	12h 53
Août	24,0	36,7	21,1	35,0	20,0	34,6	15 août	12h 36
Septembre	24,6	34,6	24,0	35,1	21,2	37,1	15 septembre	12h 11
Octobre	22,7	37,2	18,5	27,9	18,4	38,2	15 octobre	11h 46

Tmin. : Température minimale absolue ; **Tmax.** : Température maximale absolue.

Résultats

L'analyse combinée des résultats de 1998 et 1999 a montré que l'effet de l'interaction année x variété a été significatif pour les cycles semis-floraison et semis-maturité, le nombre de gousses par plante et par pédoncule, le poids des graines par plante et celui de la paille par plante. Cela indique que certaines entrées se sont comportées différemment d'une année à l'autre pour ces caractères. La floraison a été plus précoce en 1998 qu'en 1999 pour toutes les variétés, avec des moyennes respectives de 34,2 et 38,4 jours. Les lignées résistantes à la chaleur ont fleuri et mûri plus précocement que les lignées sensibles en 1999, alors qu'en 1998 aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes. Ainsi, sur les deux années, les génotypes sensibles à la chaleur ont été significativement plus tardifs que leurs homologues pour quatre des six paires de lignées isogéniques (tableau I). Cependant, les cycles semis-floraison et semis-maturité n'ont pas différencié le groupe des six lignées résistantes et celui des six lignées sensibles (tableau III). Le témoin de résistance, Mouride a été significativement plus tardif que le témoin sensible, Mélakh.

Des différences significatives entre lignées ont été observées en 1999 pour le nombre de gousses par plante, le poids de la paille sèche et celui de graines par plante. Par contre, les différences entre lignées ont été significatives en 1998 contrairement au nombre de gousses par pédoncule. Les lignées résistantes et celles sensibles à la chaleur n'ont pas été différentes pour ces caractères.

ristiques dans aucun des essais pris individuellement et également avec les moyennes des deux années de test (tableau III). Les deux témoins ont aussi été équivalents pour ces caractères.

Les interactions année x entrées pour le rendement en graines, l'indice de récolte et le nombre de pédoncules par plante n'ont pas été significatifs et le classement des lignées a peu différé d'une année à l'autre. Cependant, les rendements ont été meilleurs en 1999 avec 1 918,3 kg . ha⁻¹ qu'en 1998 avec 1 249,9 kg . ha⁻¹. Les rendements moyens des lignées résistantes à la chaleur 1 501,8 kg . ha⁻¹ et ceux des lignées sensibles 1 498,2 kg . ha⁻¹ ont été comparables durant les deux années de tests en conditions de jours courts (tableau III). Il en est de même pour l'indice de récolte et le nombre de pédoncules par plante. Le rendement en graines des témoins a aussi été équivalent. Seul le nombre de pédoncules par plante a été significativement différent entre ces deux groupes de variétés.

Tableau III. Contrastes entre moyennes des lignées tolérantes et lignées sensibles à la chaleur.

Lignées	50 %fl.	95 %mat.	Gou/pl.	Ped/pl.	Gou/ped.	Paille/pl.	Pgr./pl	HI/pl.	RDT.
1998-1999									
	jours	jours				g.	g	%	Kg . ha ⁻¹
Sensibles	35,9	60,1	14,3	8,7	1,7	13,7	14,6	51,4	1498,2
Résistantes	36,1	59,8	14,2	8,5	1,7	15,0	15,3	50,55	1501,8
P0,05 S. vs R.	0,101	0,152	ns	Ns	ns	0,273	ns	ns	ns
2000									
Sensibles	34,8	58,3	11,4	7,45	1,6	18,7	8,1	31,3	1 007,7
Résistantes	34,4	58,2	8,9	6,5	1,5	14,1	7,3	34,3	1 004,5
P0,05 S. vs R.	ns	ns	0,014*	0,19	0,304	0,011*	ns	ns	ns

P0,05 S. vs R. : probabilité de différence entre moyennes de lignées sensibles et celles résistantes ;

ns : Pas de différence significative ; ***** : Différence significative entre les deux groupes.

50 % Fl. : Floraison à 50 % ; **95 % Mat.** : Maturité à 95 % ; **Gou / pl.** : nombre de gousses / plante ;

Ped / pl : nombre de pédoncules / plante ; **Gou / ped** : nombre de gousses par pédoncule ;

paille / pl : poids paille / plante ; **Pgr / pl** : poids graines / plante ; **HI/pl** : Indice de récolte / plante ;

Rdt : rendement en graines (kg/ha) ; **Probabilité.** : Significative < 0.05 ; **PPDS** : Plus Petite Différence Significative.

Aucune différence significative entre lignées d'une même paire n'a été observée pour le rendement, l'indice de récolte, le nombre de gousses par pédoncule et la floraison, pendant l'hivernage 2000. Seule la paire constituée de H8-14-18 et H8-14-12 a montré des différences pour la taille des plantes, le nombre de gousses et de pédoncules par plante et la maturité (tableau IV). Le rendement moyen des six lignées sensibles a été égal à celui des lignées résistantes à la chaleur (tableau IV) durant cette même année. Il en est de même pour l'indice de récolte, le cycle, le nombre de gousses par pédoncule et la production par plante. Cependant, la taille des plantes et le nombre de gousses par plante, ont été plus importants chez les lignées sensibles. Les cycles semis-floraison et semis-maturité ont encore été plus longs avec Mouride qu'avec Mélakh. Le rendement et le poids des graines par plante du témoin de résistance ont également été plus important que ceux de Mélakh.

Tableau IV. Analyse de variance sur les caractères agronomiques de l'essai en jours longs de 2000.

Lignées	50 % Fl	95 % Mat	Gou/pl	Ped/pl	Gou/ped	Paille/pl	Pgr./pl	HI/pl	Rdt
CB5 (S,1)	34,2	58,2	12,2	7,8	1,6	23,6	7,8	25,8	996,7
1393-2-11 (S,2)	35,7	59,5	9,7	7,6	1,4	16,7	6,4	32,4	783,9
H8-8-14 (S,3)	34,2	57,5	10,1	6,6	1,6	12,6	8,2	41,9	1276,7
H14-10-10 (S,4)	34,5	58,0	11,2	5,9	1,9	17,2	6,8	26,4	944,5
H35-5-6 (S,5)	35,0	58,5	10,3	6,7	1,7	19,0	7,0	26,0	906,2
H8-14-18 (S,6)	35,2	58,0	14,9	10,1	1,4	22,9	12,7	35,6	1138,4
H36 (R,1)	33,2	57,0	8,5	5,9	1,6	12,7	6,3	32,2	1053,5
1393-2-1 (R,2)	34,5	58,0	7,6	7,8	1,1	13,8	8,8	39,5	907,2
H8-8-27 (R,3)	34,7	56,5	8,9	5,0	1,9	11,9	7,0	39,2	1084,9
H14-10-1N(R,4)	35,5	59,2	8,7	6,0	1,5	15,7	7,1	31,7	1014,2
H35-5-10 (R,5)	34,2	57,7	11,5	9,0	1,3	17,8	8,7	32,7	993,1
H8-14-12 (R,6)	35,0	60,7	8,2	5,2	1,5	12,5	5,8	30,5	974,2
Mouride	44,2	66,7	21,7	13,9	1,7	28,4	17,3	38,2	2120,8
Melakh	39,2	63,2	20,3	10,9	1,8	29,2	11,8	30,8	1560,1
Moyenne	35,7	59,2	11,7	7,8	1,6	18,2	8,7	33,1	1125,3
Prob	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	0,59	0,00
PPDS 0.05	1,75	2,28	4,8	3,6	0,7	8,6	4,5	15,9	443,5
C.V (%)	3,42	2,69	8,69	12,73	9,74	13,11	17,34	13,76	7,56

(S,1) : (sensible, paire1) ; (S,2) : (sensible, paire 2) etc. ; (R,1) : (résistante, paire1), etc.

50 % Fl. : Floraison à 50 % ; 95 % Mat. : Maturité à 95 % ; Gou / pl. : nombre de gousses / plante ;

Ped / pl : nombre de pédoncules / plante ; Gou / ped : nombre de gousses par pédoncule ;

paille / pl : poids paille / plante ; Pgr / pl : poids graines / plante ; HI/pl : Indice de récolte / plante ;

Rdt : rendement en graines (kg/ha) ; Probabilité : Significative < 0.05 ; PPDS : Plus Petite Différence Significative.

Discussion et conclusion

Les températures minimales journalières observées à Bambey (tableau II) ont été nettement supérieures à 17 °C, température minimale à partir de laquelle on observe une réduction du développement des fleurs et de la production de gousses des lignées sensibles (ISMAIL et HALL, 1998). Ces conditions étaient donc favorables à l'expression d'une différence entre lignées résistantes et lignées sensibles à la chaleur, ce qui n'a cependant pas été observé à Bambey, ni en 1998, ni en 1999, quelle que soit la variable considérée. Ces résultats sont différents de ceux de EHLERS et HALL (1998) qui montraient qu'en conditions de jours longs aux champs et de photopériodes courtes en serre la résistance à la chaleur était associée à une augmentation de l'indice de récolte, du nombre de gousses par pédoncule et par pied, et à une diminution de la taille des plantes. Ces caractères étaient positivement corrélés au rendement en graines.

Cette contradiction peut s'expliquer par la longueur du jour, plus importante pendant la période de culture en Californie où la photopériode varie entre 14 heures et 14 heures 50 durant les six premières semaines suivant les semis (EHLERS et HALL, 1998). Avec des semis de mi-juillet et début août à Bambey, les phases de végétation et de reproduction des plantes se sont essentiellement déroulées en jours courts, inférieurs à 12 heures 30 (tableau II). Par ailleurs, MUTTERS *et al.* (1989) ont montré que des températures nocturnes élevées pouvaient causer plus de dégâts sur le niébé en jours longs qu'en jours courts. L'évaluation de la résistance à la

chaleur de lignées d'origines diverses en conditions de serre, à des températures nocturnes élevées en jours longs ou courts (EHLERS et HALL, 1998), a montré que, en jours longs et chauds, les lignées de Californie résistantes à la chaleur étaient plus performantes que les sensibles. Dans ces mêmes conditions de serre et en jours courts et chauds, les performances des lignées résistantes et des lignées sensibles à la chaleur étaient comparables aux résultats de Bambey. Il semble donc que l'effet de la résistance à la chaleur ne s'exprime qu'en jours longs. Par ailleurs, EHLERS et HALL (1998) ont montré une meilleure résistance à la chaleur chez des variétés d'origine africaine en serre, dans des conditions de jours courts et chauds. Parmi ces génotypes, on trouvait des variétés qui ont été sélectionnées dans les zones chaudes du Sahel pour des rendements en graines élevés (comme Mouride). Cependant, d'autres variétés (telle que Mélakh) de même origine montraient, dans les mêmes conditions de jours courts et chauds, une sensibilité à la chaleur. Ces résultats sont en contradiction avec ceux obtenus à Bambey, où les rendements des deux variétés ont été égaux. Cela peut indiquer que la performance du niébé en conditions de jours courts et chauds en serre n'est pas équivalente à celle observée au champ dans le Sahel. La classification des variétés d'origine africaine en résistantes et sensibles à la chaleur durant des jours courts et chauds en serre ne correspond donc pas à leur réaction dans les conditions spécifiques du Sahel.

Il a été indiqué que deux à trois semaines de températures nocturnes élevées (30 °C) et de jours longs pendant le premier mois suivant la germination pouvaient inhiber complètement la formation des boutons floraux (AHMED et HALL, 1993). L'essai de l'hivernage 2000 a tenté de simuler ces conditions avec des semis précoces et sous irrigation. Au semis le 22 juin, la longueur du jour était de 12 heures 58, soit très proche de la longueur maximale du jour à cette latitude et supérieure à 12 heures 30 pendant les six premières semaines qui ont suivi son installation (tableau II). Les températures minimales journalières observées ont aussi été supérieures à 17 °C, température à partir de laquelle on observe une réduction du développement des fleurs et de la production de gousses des lignées sensibles. La taille des plantes a été plus réduite chez les lignées résistantes à la chaleur alors que, contrairement à l'attente, les génotypes sensibles ont obtenu un nombre de gousses par plante plus important. L'indice de récolte, le nombre de gousses par pédoncule et le rendement en graines des deux groupes ont été identiques, alors que la variété Mouride, résistante, en conditions de jours courts en serre a été significativement plus productive que le témoin sensible, Mélakh. Cependant, il sera difficile d'attribuer l'avantage à Mouride en 2000 pour sa réaction à la chaleur, puisque toutes deux sont sensibles en conditions de jours longs.

Du fait que cette étude n'a pas permis de différencier les lignées résistantes et les lignées sensibles à la chaleur sur le plan agronomique, deux hypothèses sont possibles :

- les gènes de résistance identifiés en Californie en jours longs ne protègent pas le niébé de la chaleur dans les conditions de jours courts et de hautes températures prévalant dans les zones tropicales du Sahel. Dans ce cas, des études ayant pour objectif d'identifier des gènes de résistance à la chaleur dans de telles conditions devront être menées spécifiquement ;
- des températures élevées combinées à des jours courts ne constituent pas une contrainte à la production du niébé dans ces zones.

Quoi qu'il en soit, l'absence de différence entre lignées sensibles et lignées résistantes et le bon comportement des témoins non sélectionnés pour la résistance à la chaleur autorisent à penser que la chaleur combinée à des jours courts ne constitue pas un facteur limitant important pour la production de niébé en zone sahélienne. □

Références citées

- AHMED F. F. et HALL A. E., 1993. Heat injury during early floral bud development in cowpea. *Crop Science*, 33 : 764 – 767.
- CISSÉ N., NDIAYE M., THIAW S. et HALL A. E., 1995. Registration of 'Mouride' cowpea. *Crop Science*, 35 : 1215-1216.
- CISSÉ N., NDIAYE M., THIAW S. et HALL A. E., 1997. Registration of 'Melakh' cowpea. *Crop Science*, 37 : 1978.
- DOW EL-MADINA F. E. et HALL A. E., 1986. Flowering of contrasting cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotypes under different temperatures and photoperiods. *Field Crop Research*, 14 : 87-104.
- EHLERS J. D. et HALL A. E., 1996. Genotypic classification of cowpea based on responses to heat and photoperiod. *Crop Science*, 36 : 673-679.
- EHLERS J. D. et HALL A. E., 1998. Heat tolerance of contrasting cowpea lines in short and long days. *Field Crop Research*, 55 : 11-21.
- EHLERS J. D., HALL A. E., PATEL P. N., ROBERTS P. A. et MATTHEWS W. C., 2000. Registration of «California Blackeye 27» cowpea. *Crop Science*, 40 : 854-855.
- HALL A. E., 1992. Breeding for heat resistance. *Plant Breeding Reviews*, 10: 129-168.
- HALL A. E., 1993. Physiology and breeding for heat tolerance in cowpea, and comparisons with other crops. In: Adaptation of food crops to temperature and water stress, George Kuo C., Proceedings of an international symposium. Taiwan, 13-18 August 1992. Asian Vegetable Research Development Center, p. 271-284.
- HALL A. E., 2001. Crop responses to environment. CRC Press, New York, Etats -Unis, 232 p.
- ISMAIL A. M. et HALL A. E., 1998. Positive and potential negative effects of heat-tolerance genes in cowpea. *Crop Science*, 38 : 381-390.
- ISMAIL A. M. et HALL A. E., 1999. Reproductive-stage heat tolerance, leaf membrane thermostability and plant morphology in cowpea. *Crop Science*, 39 : 1762-1768.
- ISMAIL A. M. et HALL A. E., 2000. Semidwarf and standard-height cowpea Responses to row spacing in different environments. *Crop Science*, 40 : 1618-1623.
- MARFO K.O. et HALL A. E., 1992. Inheritance of heat tolerance during pod set in cowpea. *Crop Science*, 32 : 912-918.
- MSTAT-C, 1991. A Microcomputer Statistical Program. Michigan State University.
- MUTTERS R. G. et HALL A. E., 1992. Reproductive responses of cowpea to high Night temperature during different night periods. *Crop Science*, 32 : 202-206.
- MUTTERS R. G., HALL A. E. et PATEL P. N., 1989. Photoperiod and light quality effects on cowpea floral development at high temperature. *Crop Science*, 29 : 1501-1505.
- NIELSEN C. L. et HALL A. E., 1985. Response of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) in the field to high night air temperature during flowering. II. Plant responses. *Field Crop Research*, 10 : 181-196.
- PATEL P. N. et HALL A. E., 1990. Genotypic variation and classification of Cowpea for reproductive responses to high temperature under long photoperiods. *Crop Science*, 30 : 614-621.
- WARRAG M. O. A. et HALL A. E., 1983. Reproductive responses of cowpea to Heat stress: genotypic differences in tolerance to heat at flowering. *Crop Science*, 23 : 1088-1092.
- WARRAG M.O. A. et HALL A. E., 1984. Reproductive responses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) to heat stress. II. Responses to night air temperature. *Field Crop Research*, 8 : 17-33.