

# **Ecophysiologie du sorgho**

## **Rapport de campagne d'hivernage 2008**

**Projet de recherche ICRISAT/CIRAD**

B. Clerget, M. Sidibe

Avec la collaboration de Samba Traoré et Albin Diarra



## Table des matières

Introduction.....	3
Données climatiques pour les 2 stations .....	5
<b>Potentiel de production d'hybrides et de variétés de taille réduite. Effet de la densité et composantes du rendement. ....</b>	<b>7</b>
Résumé.....	7
Objectif de l'essai.....	7
Matériel et méthodes.....	7
Résultats et discussions.....	11
1. La durée du cycle de développement .....	11
2. Rendements et composantes du rendement.....	13
<b>Potentiel de production d'hybrides et de variétés naines. Effet de l'irrigation pendant la période de remplissage des grains .....</b>	<b>15</b>
Résumé.....	15
Objectif de l'essai.....	15
Matériel et méthodes.....	15
Résultats et discussions.....	19
1. Le suivi de l'humidité du sol.....	19
2. Les cycles de développement.....	21
3. Rendements et composantes du rendement.....	23
<b>Relations entre la hauteur de tige, l'enracinement et le potentiel de rendement.....</b>	<b>25</b>
Résumé.....	25
Objectif de l'essai.....	25
Matériel et méthodes.....	27
Résultats et discussions.....	29
1. La durée du cycle de développement .....	29
2. Rendements et composantes du rendement.....	29
3. Vitesses de développement et de croissance .....	31
3.1. Croissance en hauteur.....	31
3.2. Vitesses d'apparition et de sénescence des feuilles .....	31
3.3. Cinétique du tallage.....	31
3.4. Vitesse des fronts racinaires .....	33
3.5. L'accumulation de biomasse .....	35
<b>Potentiel de rendement de CSM 63E.....</b>	<b>37</b>
Résumé.....	37
Objectif de l'essai.....	37
Matériel et méthodes.....	37
Résultats et discussion .....	41
1. La durée du cycle de développement .....	41
2. Rendements et composantes du rendement.....	45

Clerget B., Sidibe M. mars 2009. Ecophysiology du sorgho. Rapport de campagne d'hivernage 2008. Projet de recherche ICRISAT/CIRAD. Bamako, Mali: Cirad, 47 p.

## **Ecophysiologie du sorgho Rapport de campagne d'hivernage 2008**

**B. Clerget, M. Sidibe**

Bamako, Mali. Mars 2009

### **Introduction**

Ce projet conjoint CIRAD et ICRISAT d'étude de l'écophysiologie du sorgho tropical a débuté en juin 2000. Il a pour objectifs (1) de quantifier et de modéliser les interactions du photopériodisme sur la croissance du sorgho en Afrique de l'Ouest en mettant particulièrement l'accent sur les sorghos locaux de race guinea, pour lesquels il n'a pas été publié de modèle opérationnel (2) de proposer à l'aide de simulation un compromis architectural optimal pour une variété de sorgho améliorée et photosensible en fonction de la variabilité du climat par zone d'adaptation.

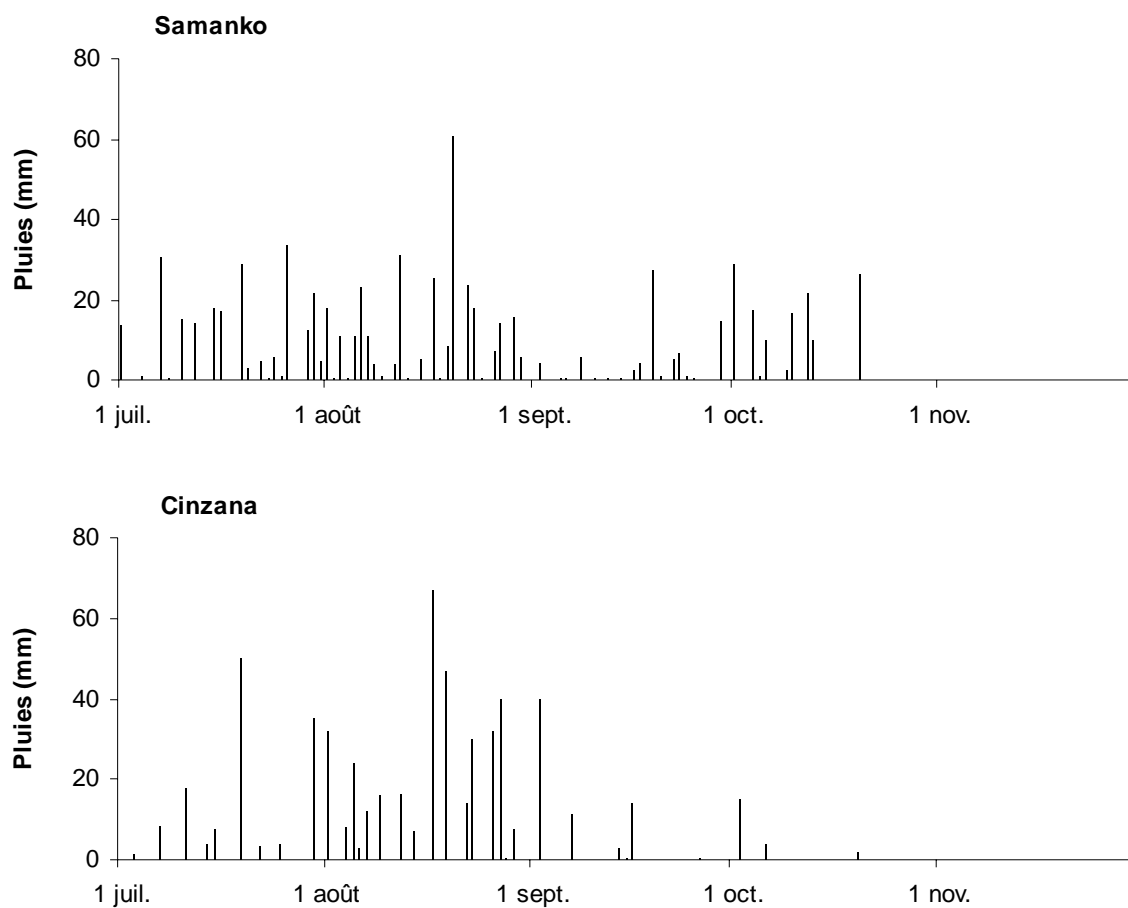
Ce projet s'inscrit dans une démarche large visant une meilleure utilisation de la biodiversité des sorghos locaux dans les processus régionaux d'intensification des cultures de céréale, en zones sahélo-soudaniennes et soudaniennes. Il intéresse plusieurs équipes de sélection et d'agronomie, à l'ICRISAT et au CIRAD, à l'IER (Mali), l'INERA (Burkina Faso), l'INRAN (Niger), l'IAR et le LCRI (Nigeria).

Cette neuvième et dernière campagne d'essais pluviaux a été semée en juillet 2008. Elle a été conduite sur les stations ICRISAT de Samanko et IER de Cinzana. A Samanko, elle s'est déroulée dans de bonnes conditions pluviométriques en dépit d'un début tardif de la saison, avec une répartition correcte des précipitations jusqu'à mi-octobre. A Cinzana au contraire, le début tardif et peu consistant des pluies du mois de juillet a été suivi par un arrêt précoce de la saison des pluies, le 2 septembre.

Préparée par B. Clerget, chercheur du CIRAD en charge de ce projet, elle a été très largement conduite et suivie par Mamourou Sidibé, technicien du programme, qui a aussi eu la charge de la saisie informatique de l'ensemble des données. Les essais de Cinzana ont été conduits en co-responsabilité avec Samba Traoré et suivis par Albin Diarra.

Cinq essais ont été conduits, portant sur (1) le potentiel et la réponse à la densité des nouveaux hybrides et variétés de sorgho de race guinea de l'ICRISAT-Mali et de l'IER, à Samanko et à Cinzana, (2) l'effet de l'irrigation pendant le remplissage des grains sur le rendement d'hybrides et de variétés à Samanko, (3) la relation entre la hauteur de la tige, l'enracinement et le potentiel de rendement, à Samanko, (4) le potentiel de la variété précoce CSM 63E à Cinzana en fonction de la date de semis et enfin (5) le potentiel de la variété précoce CSM 63E à Cinzana en fonction de la fumure. Ce dernier essai a été abandonné parce que la levée avait été très mauvaise, sans doute en raison de la période de sécheresse qui a suivi le semis, et ne sera donc pas reportée.

En 2008, le projet a été financé par le CIRAD, l'ICRISAT et le FIDA (Projet PROMISO, TAG#817).

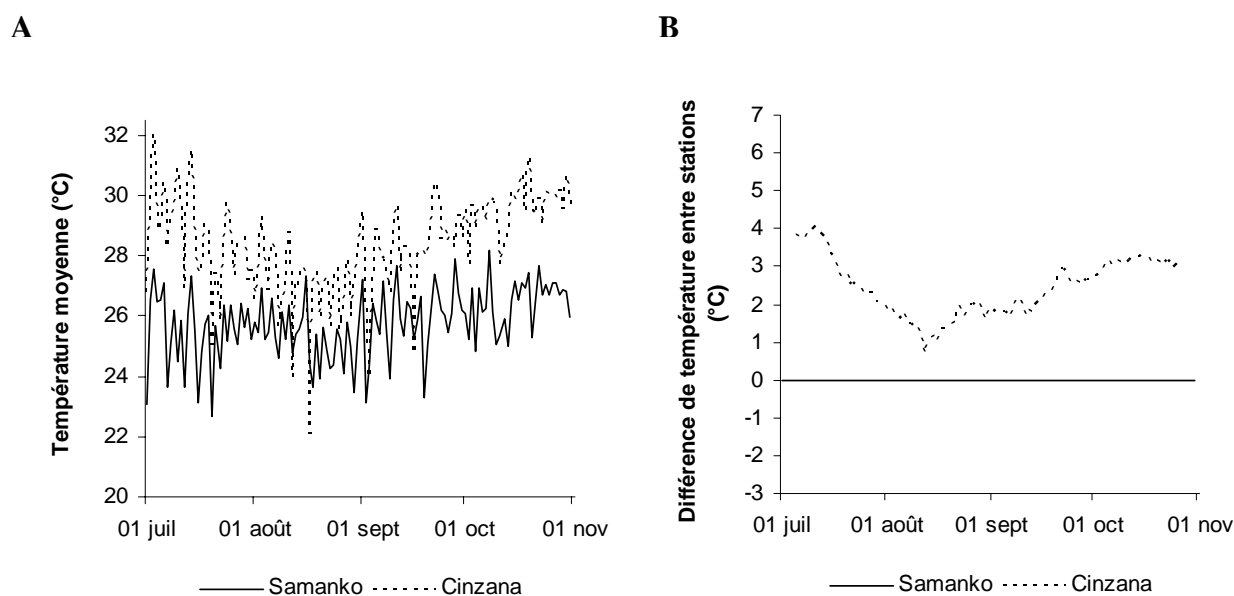


**Fig. 1 :** Pluviométrie quotidienne à Samanko et Cinzana pendant la saison de 2008.

## Données climatiques pour les 2 stations

A Samanko comme à Cinzana la saison des pluies a commencé assez tard, ne permettant de semer que le 8 et le 12 juillet, respectivement. Les pluies quotidiennes sont données pour les 2 stations (Fig. 1). Le mois de septembre a été sec à Samanko avec une seule pluie importante le 19 septembre tandis que le mois d'octobre a été au contraire humide avec des pluies régulières jusqu'au 20 octobre. A Cinzana la dernière grande pluie est intervenue le 2 septembre puis les mois de septembre et octobre ont été très secs.

Les températures quotidiennes moyennes  $[(Max+Min)/2]$  ont été plus élevées à Cinzana qu'à Samanko pendant toute la saison de culture (Fig. 2A). La différence a été voisine de  $2^{\circ}C$  pendant la période la plus humide de début août à mi-septembre, mais plus élevée en début juillet, avant la pluie et à partir du 15 septembre en raison de l'absence de pluie à Cinzana (Fig. 2B).



**Fig. 2 :** **A.** Températures quotidiennes moyennes sur chaque station pendant la saison de culture. **B.** Moyenne décadaire mobile de la différence entre les températures moyennes à Samanko et Cinzana.

**Tableau 1:** Dates des principales opérations culturales

Semis	Levée	Démariage	Urée + DAP	Urée 2	Récolte
<b>Samanko</b>					
8 juil.	12 juil.	28 juil.	5 août	25 août	29 oct.-11 nov.
<b>Cinzana</b>					
12 juil.	21 juil.	10 août	14 août	4 sept.	31 oct.-9 nov.

# **Potentiel de production d'hybrides et de variétés de taille réduite. Effet de la densité et composantes du rendement.**

## **Résumé**

Un essai variété x densité a été conduit sur 2 stations au Mali, Samanko et Cinzana avec une fertilisation élevée afin de déterminer le potentiel de production en grain de 2 hybrides et 3 variétés naines de sorgho et d'un témoin local, CSM 335. Toutes les variétés ont été un peu plus précoces que CSM 335. Les rendements moyens en biomasse ont été élevés à Samanko (12,5 t/ha) avec un effet variétal significatif et moindres à Cinzana (7,9t/ha) avec des effets significatifs des variétés et de la densité. Les hybrides ont produit autant de biomasse que CSM 335 sur les deux stations, les variétés naines ont eu une production inférieure. De la même manière, les rendements moyens en grain ont été élevés à Samanko (3,6 t/ha) avec un effet variétal significatif et modérés à Cinzana (2,1 t/ha) avec un effet densité significatif. A Samanko, les hybrides ont produit plus de grain aux densités faibles et intermédiaires grâce à leur capacité à développer des panicules de taille beaucoup plus importante. Mais la différence de niveau de rendement a été perdue à forte densité, pour laquelle le témoin local CSM 335 et Nafalen 6 ont montré le même potentiel de rendement que les hybrides.

## **Objectif de l'essai**

Le programme régional de création d'hybrides de sorgho guinea poursuit la mise au point d'hybrides adaptés à la demande paysanne et des variétés de taille réduite arrivent aussi au stade de la diffusion. Il a été montré depuis 2002 que les sorghos guinea supportent très bien les fortes densités et ont un meilleur potentiel dans ces conditions. Le programme d'agronomie-écophysiologie apporte un soutien à la mise au point de l'itinéraire technique adapté aux nouvelles variétés et aux hybrides en testant leur potentiel de production en fonction de la densité de semis. En 2008, cet essai a été réalisé sur 2 stations de recherche du Mali : Samanko et Cinzana.

## **Matériel et méthodes**

Les essais ont été semés sur les stations de Samanko (12°32N, 8°04W) et Cinzana (13°15N, 5°57W) sur des terrains préalablement labourés puis billonnés à 0,75 m de distance. Les semis ont été manuels, réalisés avec 5 grains/poquet avec une distance de 0,20 m entre poquets. Le démariage a été effectué 2 semaines après la levée à 1, 2 ou 3 plants/poquet suivant les parcelles afin d'assurer des densités de 67, 133 ou 200 000 plants/ha. Les dates des principales opérations culturales sont reportées au tableau 1.

Les sarclages et les apports d'engrais étaient effectués simultanément. 100 kg/ha de DAP + 100 kg/ha de KCl + 100 kg/ha de plâtre ont été apportés au semis, puis 100 kg/ha de DAP + 100 kg/ha d'urée un mois après la levée et enfin 100 kg/ha d'urée 4 semaines plus tard.





Les trois essais comportaient 5 variétés communes, issues des programmes de l'ICRISAT et de l'IER : 2 hybrides guinea (12A x CGM 19/9-1-1 et 12A x Lata 3 (Bala Berthé), ICRISAT), 1 variété naine inter-raciale (Kalaban 00-SB-F5DT-19, IER), et 2 variétés naines guinea (Nafalen-6 et Lata 3 (Bala Berthé), ICRISAT) et 1 témoin local (CSM 335, écotype local) Chaque variété était testée à trois densités de culture, 67, 133 et 200 000 pl/ha, dans un dispositif split-plot en blocs à 3 répétitions avec la densité en sous-blocs. Les parcelles élémentaires comportaient 4 lignes de 5 m de long.

Les dates des stades feuille-drapeau, floraison et maturité ont été enregistrées par parcelle comme la date à laquelle 50% des plantes d'une des lignes de la parcelle avaient atteint le stade concerné (feuille-drapeau déployée, floraison de la moitié de la panicule et point noir sur les grains de la base de la panicule qui sont les derniers à franchir ce stade).

A maturité, les 2 lignes intérieures de chaque parcelle ont été récoltées en isolant une placette de 10 plantes pour peser ultérieurement le grain sec. Les poids de tige et de panicule ont été enregistrés.

A Samanko, la phénologie et la croissance végétative ont été mesurées chaque semaine de façon non-destructive sur une placette de 10 plantes dans chaque parcelle, repérées de 1 à 10 (feuilles apparues, hauteur de plante, nombre de talles). La récolte des placettes de 10 plantes a finalement été effectuée ainsi que celles des 2 lignes intérieures de chaque parcelle. Les organes ont été séparés puis mis à sécher afin de déterminer les masses sèches de tige, feuille, axes de la panicule et grain pour la tige principale et pour les talles.

Les données météorologiques étaient enregistrées automatiquement (Centrale Campbell 21X) au pas de temps horaire dans le parc météo de la station de Samanko, à 500 m de la parcelle.

A Cinzana, la pluviométrie est enregistrée manuellement tandis que des données de température au pas de temps de 5 mn ont été fournies par le programme AMMA.

L'ensemble des données a été traité à l'aide du logiciel SAS<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> SAS. 2004. Version 9.1. Cary, NC (USA), SAS Institute Inc.

**Tableau 2 :** Dates et durées depuis le semis des principaux événements phénologiques à Samanko

Variété	Densité (plantes.ha <sup>-1</sup> )	Date			Durée (j)		
		Feuille- drapeau	Floraison	Maturité	Feuille-drapeau	Floraison	Maturité
CSM335	67000	19 sept	30 sept	29 oct	74	84	113
	133000	18 sept	29 sept	29 oct	72	83	113
	200000	18 sept	29 sept	27 oct	73	83	112
12AxCGM19/9-1-1	67000	17 sept	28 sept	27 oct	71	82	112
	133000	16 sept	27 sept	26 oct	70	81	110
	200000	16 sept	27 sept	25 oct	70	81	109
12Axlata3(BalaBerthe)	67000	17 sept	27 sept	26 oct	71	82	111
	133000	15 sept	26 sept	24 oct	70	80	109
	200000	15 sept	26 sept	26 oct	69	80	110
Kalaban (00-SB-F5DT-19)	67000	18 sept	28 sept	28 oct	72	83	112
	133000	17 sept	27 sept	27 oct	71	82	111
	200000	17 sept	27 sept	26 oct	71	81	111
Lata3(BalaBerthe)	67000	11 sept	22 sept	22 oct	65	76	106
	133000	10 sept	22 sept	22 oct	65	76	106
	200000	10 sept	22 sept	22 oct	64	76	106
Nafalen6	67000	11 sept	22 sept	22 oct	65	76	106
	133000	10 sept	20 sept	21 oct	64	75	105
	200000	10 sept	21 sept	21 oct	64	75	105

**Tableau 3 :** Dates et durées depuis le semis des principaux événements phénologiques à Cinzana

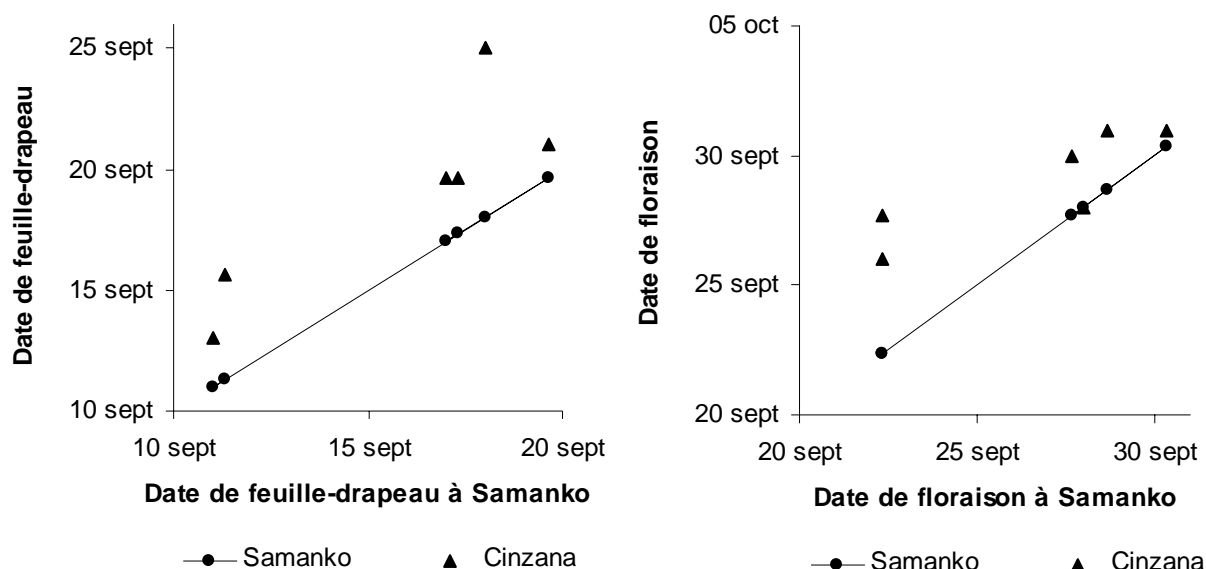
Variété	Densité (plantes.ha <sup>-1</sup> )	Date			Durée (j)		
		Feuille- drapeau	Floraison	Maturité	Feuille- drapeau	Floraison	Maturité
CSM335	67000	21 sept	01 oct	23 oct	71	81	103
	133000	19 sept	30 sept	25 oct	70	80	106
	200000	22 sept	01 oct	24 oct	72	81	105
12AxCGM19/9-1-1	67000	19 sept	28 sept	23 oct	70	78	103
	133000	19 sept	28 sept	23 oct	70	78	104
	200000	21 sept	29 sept	25 oct	71	79	105
12Axlata3(BalaBerthe)	67000	19 sept	30 sept	23 oct	70	80	104
	133000	18 sept	30 sept	22 oct	68	80	102
	200000	19 sept	29 sept	24 oct	70	79	104
Kalaban (00-SB-F5DT-19)	67000	25 sept	01 oct	22 oct	75	81	103
	133000	19 sept	28 sept	21 oct	70	78	101
	200000	25 sept	30 sept	21 oct	75	80	101
Lata3(BalaBerthe)	67000	13 sept	27 sept	25 oct	63	78	105
	133000	13 sept	30 sept	23 oct	63	80	103
	200000	15 sept	27 sept	23 oct	66	78	104
Nafalen6	67000	15 sept	26 sept	25 oct	66	76	105
	133000	13 sept	26 sept	22 oct	63	76	102
	200000	13 sept	26 sept	22 oct	63	76	103

## Résultats et discussions

### 1. La durée du cycle de développement

Sur les 2 stations le témoin CSM 335 a été de 2 jours plus tardif que les 2 hybrides et que la variété Kalaban et 7-8 jours plus tardif que Lata3 et Nafalen6 (Tableaux 2 et 3). Le stade feuille-drapeau est intervenu entre le 18 et le 22 septembre pour CSM 335 et la floraison entre le 29 septembre et le 1<sup>er</sup> Octobre, sur les 2 stations. L'écart entre les dates de floraison s'est réduit à 1 jour à partir de dates de semis distantes de 4 jours. La densité n'a pas modifié les durées de cycle.

Les durées de cycle ont été quasi-identiques sur les 2 stations ; les stades feuille-drapeau et floraison ont été atteints 4 jours plus tard à Cinzana en raison du décalage de semis de 4 jours (Fig. 1).



**Fig. 1 :** Comparaison des dates de **a)** déploiement des feuilles-drapeau et de **b)** floraison sur chaque station pour les 5 variétés communes aux trois essais.

**Tableau 4 :** Rendements et composantes du rendement à Samanko

Variété	Densité (plantes.ha <sup>-1</sup> )	Densité de tiges finale (tiges/m <sup>2</sup> )	Hauteur finale (cm)	Tallage (talles/pl)	Biomasse totale (t/ha)	Rendement en grain (t/ha)	Indice de récolte (%)	Nombre de grains par panicule	Poids d'un grain (mg)
CSM335	67000	7.4	320	0.1	11.3	2.6	22.8	1991	19.2
	133000	12.1	306		13.5	3.1	23.0	1791	19.2
	200000	14.4	304		16.7	3.8	22.9	1760	19.6
12AxCGM19/9-1-1	67000	7.6	242	0.0	14.1	4.1	29.5	3681	18.0
	133000	11.8	255		13.7	4.2	31.0	3312	16.5
	200000	17.4	234		14.2	3.9	27.2	2710	17.6
12AxLata3(BalaBerthe)	67000	7.2	259	0.1	12.9	4.3	33.4	3546	20.2
	133000	12.9	245		12.9	4.1	31.7	2714	18.6
	200000	17.9	228		12.3	3.9	31.5	1386	19.0
Kalaban (00-SB-F5DT-19)	67000	6.0	184	0.0	11.6	3.6	31.1	3511	16.6
	133000	12.4	185		12.0	3.1	26.8	2218	15.4
	200000	15.8	174		10.2	3.0	28.7	1816	15.2
Lata3(BalaBerthe)	67000	8.8	228	0.1	10.6	3.1	29.9	2296	21.2
	133000	11.8	215		9.5	2.9	31.3	1936	20.8
	200000	16.6	227		12.3	3.8	31.0	1480	24.0
Nafalen6	67000	6.9	183	0.0	10.5	3.1	29.6	2387	22.2
	133000	12.4	204		12.4	3.5	27.7	1610	22.6
	200000	16.2	181		13.6	4.0	28.7	1660	22.1
Moyenne		12.0	232		12.5	3.6	28.5	2323	19.3
Erreur standard		0.9	30		2.3	0.7	2.1	553	1.2
ppds		1.1	11		2.7	0.9	2.5	648	1.5
<b>Facteurs de l'AOV</b>									
Densité		***	ns		ns	ns	ns	***	ns
Variété		**	***		*	*	***	***	***
Densité x Variété		ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns

**Tableau 5 :** Rendements et composantes du rendement à Cinzana

Variété	Densité (plantes.ha <sup>-1</sup> )	Densité de tiges finale (tiges/m <sup>2</sup> )	Hauteur finale (cm)	Tallage (talles/pl)	Biomasse totale (t/ha)	Rendement en grain (t/ha)	Indice de récolte (%)
CSM335	67000	8.3	346	1.3	6.6	1.6	25.1
	133000	10.0	331		7.7	1.8	23.7
	200000	12.1	313		12.9	3.6	27.9
12AxCGM19/9-1-1	67000	8.6	228	1.3	5.5	1.8	31.9
	133000	12.2	223		8.1	2.1	23.2
	200000	15.1	238		10.7	2.8	25.3
12AxLata3(BalaBerthe)	67000	8.8	218	1.5	8.8	1.9	22.2
	133000	13.1	239		10.4	1.6	14.9
	200000	12.9	240		11.2	1.9	16.8
Kalaban (00-SB-F5DT-19)	67000	6.6	164	1.1	5.5	1.5	26.8
	133000	9.6	163		7.9	1.7	20.9
	200000	11.5	182		9.5	2.7	28.8
Lata3(BalaBerthe)	67000	10.3	205	1.6	7.5	2.6	34.3
	133000	13.5	209		4.3	1.1	21.7
	200000	14.2	217		5.2	1.6	30.1
Nafalen6	67000	7.6	159	1.3	5.7	1.8	31.9
	133000	10.8	169		4.4	1.3	27.3
	200000	12.9	193		9.9	3.8	38.1
Moyenne		10.9	219		7.9	2.1	26.5
Erreur standard		1.6	20		2.3	0.9	5.9
ppds		1.9	24		2.0	0.8	5.0
<b>Facteurs de l'AOV</b>							
Densité		***	ns		*	*	**
Variété		**	***		*	ns	*
Densité x Variété		ns	ns		ns	ns	ns

## 2. Rendements et composantes du rendement

La culture a été réussie à Samanko où la parcelle avait un aspect homogène. En revanche à Cinzana, la saison a été beaucoup moins favorable que la précédente. La levée n'a pas été bonne dans quelques parcelles et la sécheresse de septembre a révélé de fortes hétérogénéités dans le champ créées par la présence d'anciennes termitières rendant le sol plus séchant. Cette hétérogénéité n'était pas apparue en 2007 en raison de la très bonne pluviométrie.

Les rendements moyens en biomasse ont été élevés à Samanko (12,5 t/ha) et plus faibles à Cinzana (7,9 t/ha), avec un effet significatif des variétés sur les 2 stations et un effet de la densité seulement à Cinzana (Tableaux 4 et 5). Sur les 2 stations, la production de biomasse de CSM 335 et Nafalen 6 a augmenté avec la densité. Sur les 2 stations, les hybrides et CSM 335 ont produit la plus grande quantité de biomasse, Lata 3 la plus petite.

Les rendements moyens en grain sec ont été élevés à Samanko (3,6 t/ha) et moindres à Cinzana (2,1 t/ha). A Samanko, le facteur variété a eu un effet significatif sur le rendement en grain mais pas la densité et la situation inverse s'est produite à Cinzana. A Samanko, la production des hybrides a été élevée et stable aux 3 densités de culture. Le tallage a été insignifiant dans cet essai et la raison de cette stabilité vient de la capacité de ces hybrides à développer des panicules de taille bien supérieures à celles du témoin CMS 335 à faible densité : plus de 3500 grains par panicule contre 2000. Kalaban semble partager aussi cette capacité, mais avec plus grande sensibilité de la taille de la panicule à l'augmentation de la densité. Cet avantage des hybrides à faible densité est perdu à haute densité.

Il n'y a pas eu de liaison entre les rendements en grain et la dates de floraisons, proches entre elles.

Sur les deux stations la densité finale de tige a été significativement dépendante de la variété. Les 2 hybrides et Lata3 ont conservé une densité moyenne supérieure à celles des autres variétés au moment de la récolte.

Les hauteurs finales ont, comme attendu, varié significativement avec la variété mais elles n'ont pas été influencées par la densité de culture. CSM 335 a été plus haute, suivie par les deux hybrides.

Le tallage résiduel au moment de la récolte, seulement mesurable dans les parcelles à faible densité portant un seul plant par poquet, a été nul à Samanko et beaucoup plus important à Cinzana où toutes les variétés portaient plus d'une talle, sans grande différence entre elles.

Les indices de récolte moyens ont été plus élevés à Cinzana (26,5%) qu'à Samanko (19,3%), avec des différences significatives entre variétés et entre densités à Cinzana, mais seulement entre variétés à Samanko. A Samanko, en conditions de rendements plus élevés, l'indice de récolte de Lata3 et de l'hybride dont il est parent a été plus élevé, tandis que celui de CSM 335 a été plus faible. A Cinzana, avec des rendements moindres, l'indice de récolte moyen de la variété naine Nafalen6 a été le plus élevé tandis que celui de l'hybride 12AxLata3 a au contraire été le plus faible. A Cinzana, les indices de récolte à densité moyenne, comme les rendements, ont été inhabituellement faibles, alors qu'ils sont généralement intermédiaires entre ceux des 2 autres densités. Ce résultat est probablement le fruit du hasard des répartitions des sous-blocs dans un champ hétérogène.

A Samanko, comme déjà écrit, les hybrides et Kalaban ont montré une capacité significative à produire des panicules portant presque deux fois plus de grain que les guinea traditionnels, en conditions de faible densité. Le nombre de grain par panicule a aussi été significativement et négativement corrélé avec la densité de culture. Enfin le poids moyen des grains de Lata3 et Nafalen6 a été significativement plus élevé tandis que ceux de Kalaban ont été plus petits, sans influence de la densité de culture.

**Tableau 1:** Dates des principales opérations culturales

Semis	Levée	Démariage	Urée + DAP	Urée 2	Urée 3 irrigué	Irrigations	Récolte
30 juin	4 juil.	15 juil.	29 juil.	21 août	19 sept.	11 sept. 16 sept. 29 sept. 17 oct. 24 oct. 11 nov.	7 oct. au 21 nov.

# Potentiel de production d'hybrides et de variétés naines. Effet de l'irrigation pendant la période de remplissage des grains

## Résumé

Un essai destiné à mesurer un éventuel gain de rendement en grain grâce à des irrigations pendant la phase de remplissage des grains a été mis en place à Samanko. Trois couples de variétés précoces, intermédiaires et tardives avaient été choisis afin que l'un d'entre eux fleurisse au moment de l'arrêt des pluies. La fin de la saison des pluies est intervenue tardivement, à mi-octobre, et une seule variété a satisfait à cette condition. Malheureusement un autre facteur, inconnu, a limité drastiquement son rendement en grain et par conséquent l'essai a échoué. Il a permis de montrer la grande intensité de l'attaque de cécidomyies entre le 26 septembre et le 30 octobre, date de floraison du témoin local. Les variétés plus précoces ont échappé à cette attaque, la plus tardive aussi.

## Objectif de l'essai

Le potentiel de rendement en grain des sorghos de cycle adapté à leur zone de culture est limité par le volume de la réserve hydrique qu'ils peuvent utiliser pendant la période de remplissage des grains, après l'arrêt des pluies. Cet essai avait pour objectif de comparer les rendements en grain et les composantes du rendement de variétés et d'hybrides en fonction de l'alimentation en eau après la floraison.

## Matériel et méthodes

L'essai a été semé sur la station de Samanko (12°32N, 8°04W) sur un terrain préalablement labouré puis billonné à 0,75 m de distance. Le semis a été manuel, réalisé avec 5 grains/poquet avec une distance de 0,20 m entre poquets. Le démariage a été effectué 2 semaines après la levée à 1 plant/poquet suivant les parcelles afin d'assurer une densité de 67 000 plants/ha. Les dates des principales opérations culturales sont reportées au tableau 1. Les sarclages et les apports d'engrais étaient effectués simultanément. 100 kg/ha de DAP + 100 kg/ha de KCl + 100 kg/ha de plâtre ont été apportés au semis, puis 100 kg/ha de DAP + 100 kg/ha d'urée un mois après la levée, 100 kg/ha d'urée 4 semaines plus tard et enfin 100 kg/ha d'urée un mois plus tard dans les parcelles irriguées.

Six variétés de précocités différentes afin d'obtenir au moins un traitement bien calé par rapport à la date d'arrêt des pluies de l'année, non prévisible :

	Variété	Hybride
Précoce	CSM 63E	FambéA x CSM 63E
Intermédiaire	CSM 335	12A x Lata-3
Tardif	IS 15401	GPN 271-20A x IS 6731





Les dates des stades feuille-drapeau, floraison et maturité ont été enregistrées par parcelle comme la date à laquelle 50% des plantes d'une des lignes de la parcelle avaient atteint le stade concerné (feuille-drapeau déployée, floraison de la moitié de la panicule et point noir sur les grains de la base de la panicule qui sont les derniers à franchir ce stade).

A maturité, des placettes de 10 plantes consécutives ont été récoltées sur l'une des 2 lignes intérieures de chaque parcelle. Les organes ont été séparés, pesés en frais puis mis à sécher afin de déterminer les masses fraîches et sèches de tige, axes de la panicule et grain pour la tige principale et pour les talles. Enfin la longueur depuis le premier nœud, les nombres de nœuds paniculaires et de branches primaires des 10 panicules des tiges principales ont été mesurés. Les plantes restantes sur les 2 lignes intérieures ont été comptées et récoltées et les poids de tige et de panicule ont été enregistrés.

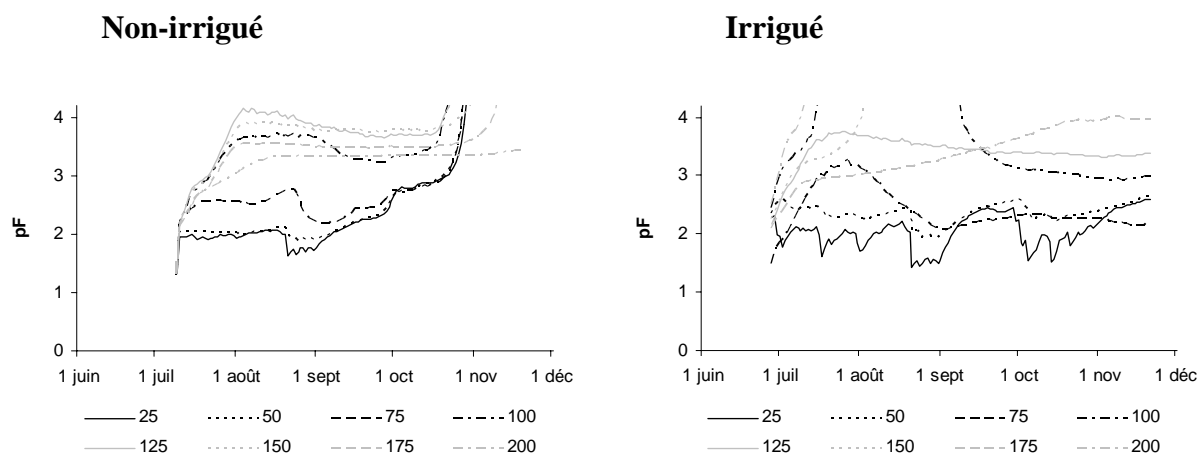
Les données météorologiques étaient enregistrées automatiquement (Centrale 21X, Campbell Scientific Ltd, Shepshed, Loughborough, UK) au pas de temps horaire dans le parc météo de la station de Samanko, à 500 m de la parcelle.

L'évolution de la teneur en eau des sols a été suivie grâce à deux séries de 8 capteurs d'humidité du sol (Watermark 200, Irrrometer Co., Riverside CA, USA), mises en place chaque 25 cm dans un trou de 2 m de profondeur. Les 2 trous ont été forés dans deux parcelles voisines de la variété tardive IS 15401, l'une irriguée et l'autre non. Une thermistance (107, Campbell Scientific) et 2 thermocouples cuivre/constantan ont été associés aux tensiomètres à 25, 50 et 200. Les potentiels hydriques étaient mesurés chaque 6 heures et enregistrées par une centrale d'acquisition (21X, Campbell Scientific). Afin de s'affranchir des variations rythmiques quotidiennes des mesures, probablement liées aux variations de température, seule la mesure de 6 heures du matin a été utilisée.

L'ensemble des données a été traité à l'aide du logiciel SAS<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> SAS. 2004. Version 9.1. Cary, NC (USA), SAS Institute Inc.



**Fig. 1** : pF (=Log( $\psi_e$ )) dans les horizons de 0,25 à 2,00 m au cours de la saison de culture dans les parcelles sèches et irriguées.

## Résultats et discussions

### 1. Le suivi de l'humidité du sol

Les deux séries de tensiomètres ont été mis en place le 28 juin 2008, 2 jours avant le semis. Les potentiels hydriques ( $\psi$ ) sont restés très élevés dans les horizons profonds, supérieurs à 10 bars, et ont approchés 0 en condition de saturation dans les horizons de surface. Par conséquent il a été choisi d'utiliser le  $pF = \log_{10}(\psi)$ . ( $pF \approx 2,5$  à la capacité de rétention,  $pF = 3,5$  au point de flétrissement et  $pF = 4,2$  au point de flétrissement permanent).

Le suivi dans la parcelle non-irriguée montre que seuls les horizons jusqu'à 0,75 m ont accumulé de l'eau pendant la saison des pluies et ont participé à l'alimentation hydrique de la culture (Fig. 1, non-irriguée). Les 3 horizons se sont desséchés au même rythme pendant le mois de septembre pour atteindre le point de flétrissement au début du mois d'octobre. Leur dessèchement est alors devenu très lent, indiquant un faible prélèvement d'eau par les plantes. L'ensemble des précipitations reçues pendant les mois de septembre et d'octobre (207 mm) n'a pas affecté l'humidité du sol à 0,25 m de profondeur : l'eau a été stockée dans l'horizon de surface et très rapidement utilisée et évaporée.

L'absence de descente du front hydrique en dessous de 0,75 m a été expliquée lorsqu'une fosse a été creusée pour retirer les tensiomètres. Entre 0,75 m et 1,00 m il y a une rupture de composition du sol. Le sol sablo-limono-argileux de surface laisse place jusqu'à au moins 2 m à un horizon profond argileux gris-vert à larges concrétions ferriques, imperméable. Quelques racines fines de sorgho y ont pénétrées mais elles étaient dépourvues de ramifications et de poils absorbants.

La parcelle irriguée a reçu 6 irrigations apportant chacune une dose de l'ordre de 40 mm entre le 11 septembre et le 11 novembre (Tableau 1). Le suivi des potentiels hydriques a montré que les 2 premières irrigations de septembre (11 et 16) n'ont pas atteint l'horizon 0,25 m mais elles ont stoppé les prélèvements d'eau dans les horizons 0,25 et 0,50 importants jusque-là (Fig. 1, irriguée). Les irrigations suivantes, combinées avec les pluies, ont ramené l'horizon 0,25 à saturation pendant le début du mois d'octobre, puis il s'est asséché progressivement tandis que les horizons plus profonds ne participaient pratiquement pas à l'alimentation hydrique des plantes.

**Tableau 2 :** Dates et durées depuis le semis des principaux évènements physiologiques.

Traitement	Date				Durée (j)			
	Feuille-drapeau	Floraison	Maturité	Récolte	Feuille-drapeau	Floraison	Maturité	Récolte
irigué	14 sept	26 sept		17 nov	77	88		140
non-irigué	13 sept	25 sept		17 nov	76	87		140
irigué	18 sept	28 sept		17 nov	80	91		140
non-irigué	18 sept	28 sept		17 nov	80	90		140
irigué	21 août	30 août	02 oct	07 oct	52	61	94	99
non-irigué	18 août	27 août	02 oct	07 oct	49	59	94	99
irigué	07 sept	17 sept	19 oct	22 oct	70	79	111	114
non-irigué	06 sept	16 sept	16 oct	22 oct	69	78	109	114
irigué	18 sept	30 sept		17 nov	80	92		140
non-irigué	18 sept	30 sept		17 nov	80	92		140
irigué	09 oct	18 oct	19 nov	21 nov	101	111	142	144
non-irigué	09 oct	18 oct	16 nov	20 nov	101	111	139	143

## 2. Les cycles de développement

Les cycles semis à feuille-drapeau ont été voisins à ce qui était attendu, à une exception près : CSM 63E et l'hybride FambéA x CSM 63E ont été les variétés plus précoces, avec toutefois une différence de cycle d'une vingtaine de jours (Tableau 2). CSM 335 et 12A x Lata3 ont eu des cycles proches, à 3 jours près, mais l'hybride GPN 271-20A x IS 6731 n'a pas été tardif et a eu les mêmes durées de cycle que CSM 335. IS 15401 a été 20 jours plus tardif que CSM 335 et les hybrides intermédiaires. L'irrigation n'a pas eu d'effet sur les dates des évènements physiologiques.

La saison des pluies s'est achevée par une dernière pluie le 20 octobre et par conséquent IS 15401 est la seule variété dont le cycle a été calé en conformité avec l'hypothèse de l'expérience puisqu'elle a fleuri à la fin de la saison des pluies et que la maturation des grains s'est déroulée pendant le début de la saison sèche. C'est donc pour cette seule variété qu'un différentiel de production irrigué/non-irrigué est attendu.

Cependant CSM 63E a fleuri en fin août et la phase de remplissage du grain a pu éventuellement souffrir de la sécheresse de 3 semaines de septembre, jusqu'au 19 septembre. Pour les autres variétés intermédiaires, la floraison a eu lieu pendant la 2<sup>ème</sup> quinzaine de septembre et la phase de remplissage des grains a donc été entièrement à l'abri de la sécheresse.

**Tableau 3 : Rendements et composantes du rendement.**

Variété	Traitement	Densité de tiges finale (tiges.m <sup>-2</sup> )	Hauteur de tiges finale (m)	Nombre de feuilles total	Biomasse totale (t/ha)	Rendement en grain (t/ha)	Indice de récolte (%)	Nombre de grains par panicule	Poids d'un grain (mg)
12A x Lata-3	irrigué	13.2	269		14.2	0.7	4.9	379	16.9
	non-irrigué	14.0	294		15.1	2.5	16.1	1183	18.6
CSM 335	irrigué	12.4	322		12.6	0.2	1.2	134	15.3
	non-irrigué	12.4	317		9.5	0.3	3.0	323	13.8
CSM 63E	irrigué	13.3	240	18.3	8.5	2.2	25.9	924	19.3
	non-irrigué	13.3	256	18.9	10.3	2.2	20.9	826	19.6
FambéA x CSM 63E	irrigué	13.8	306		15.0	2.2	14.9	902	18.4
	non-irrigué	12.4	349		16.6	2.7	16.4	1085	19.0
GPN 271-20A x IS 6731	irrigué	12.1	326		13.2	0.0	0.2	29	12.8
	non-irrigué	11.9	347		13.0	0.1	0.7	78	12.9
IS 15401	irrigué	11.8	372		11.8	1.0	8.5	945	23.5
	non-irrigué	11.7	390		14.4	1.2	8.7	949	21.0
Moyenne		12.7	316		12.9	1.3	10.1	646	17.6
Erreur standard		0.8	40		2.5	0.5	1.9	231	1.2
ppds		1.2	29		3.5	0.6	2.6	317	1.6
<b>Facteurs de l'AOV</b>									
Traitement		ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
Variété		**	***	-	***	***	***	***	***
Variété x traitement		ns	*	-	ns	*	***	*	ns

**Tableau 4 : Architecture des panicules de CSM 63E et IS 15401.**

Variété	Traitement	Panicules		
		Longueur (cm)	Nombre de nœuds	Nombre de ramifications primaires
CSM 63E	non-irrigué	32.3	10.3	47.2
	irrigué	36.5	11.0	47.4
IS 15401	non-irrigué	26.9	10.3	49.9
	irrigué	26.7	10.5	52.1

### 3. Rendements et composantes du rendement

Le développement végétatif de l'ensemble de la culture a été bon, ainsi que l'indiquent la densité finale moyenne élevée (12,7 tiges/m<sup>2</sup>), la hauteur moyenne des plantes (3,16m) et le rendement moyen en biomasse (12,9 t/ha) (Tableau 3). Par contre la phase reproductive s'est mal passée ainsi que l'indique la faiblesse du rendement moyen en grain (1,3 t/ha), de l'indice de récolte (10,1%), du nombre moyen de grains par panicule (646) et même du poids moyen des grains (17,6 mg).

Ce résultat contrasté est la conséquence d'une violente attaque de cécidomyies qui a provoqué la destruction de presque tous les grains des variétés CSM 335 et GPN 271-20A x IS 6731 qui ont fleuri du 28 au 30 septembre. Cette date correspond à la date moyenne de la dernière pluie à Bamako, le 25 septembre, et à celle de la floraison des variétés locales, telle CSM 335. Les parcelles qui ont fleuri jusqu'au 25 septembre semblent avoir été indemmes tandis que les parcelles irriguées de 12AxLata3 qui ont fleuri le 26 septembre ont été fortement touchées. Malheureusement les rendements en grain de IS 15401 ont aussi été faibles au regard de son potentiel et identiques pour les 2 traitements, de même que le nombre de grains par panicule. Il ne s'agit pas de dégât de cécidomyies, parce que les panicules étaient complètes, mais particulièrement petites. Les mesures effectuées sur les panicules ont montré que le nombre de nœuds paniculaires avait été conforme au nombre attendu, 10, mais qu'en revanche le nombre de ramifications primaires avait été particulièrement faible, 51 en moyenne, alors que les observations précédents laissaient attendre 62 pour un semis de début juillet (Tableau 4). Comme pour les autres variétés le poids de grain a aussi été faible, 22,3 mg en moyenne contre 25 à 28 mg mesurés précédemment. Par conséquent le développement des panicules de IS 15401, entre l'initiation paniculaire ± le 15 septembre et l'épiaison le 15 octobre a subi des contraintes qui n'ont pas été levées par l'irrigation. Il ne s'agit pas non plus d'un problème nutritif aigu puisque le rendement en grain des 2 variétés précoces a été correct. La question reste ouverte...

Hormis une réduction non significative de la biomasse totale, les irrigations appliquées dans les parcelles de CSM 63E pendant le remplissage du grain n'ont pas eu d'effet. Et les variétés intermédiaires n'ont pas subies de sécheresse pendant le remplissage du grain. On peut donc conclure que l'expérimentation de 2008 a échoué.

Les seules mesures de rendement en grain non affectées par les cécidomyies ont été celles réalisées sur CSM 63E et l'hybride FambéA x CSM 63E, en l'absence de stress hydrique. Elles indiquent une différence significative entre ces variétés pour les rendements en biomasse totale mais pas pour les rendements en grains, malgré une différence de cycle de 20 jours.



**Tableau 1** : Dates des principales opérations culturales

Semis	Levée	Démariage	Urée + DAP	Urée 2	Récolte
8 juil.	12 juil.	28 juil.	5 août	25 août	27 oct. au 10 nov.

## **Relations entre la hauteur de tige, l'enracinement et le potentiel de rendement**

### **Résumé**

La relation entre la hauteur de la tige et la répartition des assimilats vers les racines ou les panicules reste mal connue chez les sorghos ouest-africains. Un essai comportant deux couples de lignées ségrégantes tardivement pour la hauteur et toutes issues de la même population Guinea Naine a été mis en place afin de documenter cette question. Une variété caudatum bien adaptée a été ajoutée pour évaluer l'hypothèse d'un possible moindre enracinement des variétés de cette race, ainsi que le témoin guinea local CSM 335. Il a été observé que les 2 lignées de l'un des couples ont été plus précoces que l'autre, ont eut une vitesse de développement inférieure entraînant une réduction du nombre de feuilles total par tige, de la hauteur finale, de la biomasse aérienne, du rendement en grain et de la biomasse racinaire au moment de la floraison. En revanche, à l'intérieur de chacun des couples, la différence de hauteur entre lignées n'a été que de 0,50m et les lignées n'ont été significativement distinguables pour aucun des autres caractères. Les vitesses des fronts racinaires et de croissance de la biomasse racinaire de la variété de race caudatum n'ont pas été différentes de celles des autres variétés. Enfin les rendements en grain ont été supérieurs pour les témoins guinea et caudatum et légèrement supérieur chez les lignées courtes des 2 couples testés. Les rendements en biomasse ont été corrélés avec la hauteur des tiges pour les lignées partageant le même fond génétique.

### **Objectif de l'essai**

Dans les expérimentations conduites à Samanko entre 2000 et 2003, il était apparu que la masse de racines produite ne dépendait ni de la variété (CSM 335, Sariaso 10 et IRAT 174) ni de la densité de semis. La question d'une possible influence du nanisme a cependant été posée : la croissance racinaire pourrait-elle aussi ralentie par le nanisme ou au contraire favorisée par la plus grande quantité d'assimilats laissée disponible par la construction de tiges plus courtes. Cet essai avait pour but de tester cette question sur deux paires de lignées issues de la ségrégation pour la hauteur chez deux lignes parentales en cours de sélection pour la réduction de la taille. Malheureusement la différence de hauteur entre individus des 2 paires n'était que de 1m pour un semis au 30 juin 2006, puisque la population d'origine est une population de taille réduite. Le témoin CSM 335 a été ajouté comme variété de grande taille. D'autre part des observations partielles non appuyées sur des données amenait à penser que les variétés de race guinea ont un meilleur enracinement que celles de la race caudatum dans les sols de la station de Samanko. Cette expérience avait aussi pour but de quantifier cette assertion.

Enfin, le nanisme est la voie habituelle d'augmentation de l'indice de récolte et par conséquent de l'augmentation du rendement en grain. La comparaison entre des lignées de hauteurs différentes mais génétiquement proches devrait permettre de vérifier la validité de cette relation chez les sorghos guinea.



## Matériel et méthodes

L'essai a été semé sur la station de Samanko (12°32N, 8°04W) sur un terrain préalablement labouré puis billonné à 0,75 m de distance. Le semis a été manuel, réalisé avec 5 grains/poquet avec une distance de 0,20 m entre poquets. Le démariage a été effectué 2 semaines après la levée à 1 plant/poquet suivant les parcelles afin d'assurer une densité de 67 000 plants/ha. Les dates des principales opérations culturales sont reportées au tableau 1. Les sarclages et les apports d'engrais étaient effectués simultanément. 100 kg/ha de DAP + 100 kg/ha de KCl + 100 kg/ha de plâtre ont été apportés au semis, puis 100 kg/ha de DAP + 100 kg/ha d'urée un mois après la levée et enfin 100 kg/ha d'urée 4 semaines plus tard.

Six variétés ont été utilisées, dont 4 Descendances dérivées de la Population Guinea Naine, une variété caudatum représentative Malisor 92-1 et la variété témoin guinea CSM 335.

Pedigree	Nom court	Hauteur
GPN01 S01 266-1-2-7-03-a	GPN01 H	260
GPN01 S01 266-1-2-7-04-b	GPN01 S	170
GPN03 Wobougou Bleu B15.19-1a-5-Vth	GPN03 H	240
GPN03 Wobougou Bleu B15.19-1a-5-Vtc	GPN03 S	140
Variété caudatum représentative Malisor 92-1	Malisor 92-1	
Témoin guinea CSM 335	CSM 335	

Chaque variété a été semée dans une parcelle de 9 lignes de 5 m de long.

Les dates des stades feuille-drapeau, floraison et maturité ont été enregistrées par parcelle comme la date à laquelle 50% des plantes d'une des lignes de la parcelle avaient atteint le stade concerné (feuille-drapeau déployée, floraison de la moitié de la panicule et point noir sur les grains de la base de la panicule qui sont les derniers à franchir ce stade).

La phénologie et la croissance végétative ont été mesurées chaque semaine de façon non-destructive sur une placette de 10 plantes dans chaque parcelle, repérées de 1 à 10 (feuilles apparues, hauteur de plante, nombre de talles). A trois stades, début de la montaison, floraison et maturité du grain, une placette de 10 plantes a été récoltée pour chaque variété. Les organes ont été séparés puis mis à sécher afin de déterminer les masses sèches de tige, feuille, axes de la panicule et grain pour la tige principale et pour les talles. Deux fosses étaient ensuite creusées à chaque extrémité de ces placettes de 10 plantes afin de mesurer les distances atteintes par les fronts racinaires. Deux blocs de 0,75 x 0,40 x 0,40m étaient prélevés par tranche de 0,20m dans la partie supérieure de ces fosses afin d'extraire les racines, les sécher et les peser. Enfin à maturité, 2 lignes consécutives de chaque parcelle ont été entièrement récoltées afin de mesurer les masses de tiges et de panicule.

Les données météorologiques étaient enregistrées automatiquement (Centrale Campbell 21X) au pas de temps horaire dans le parc météo de la station de Samanko, à 500 m de la parcelle. A Cinzana, la pluviométrie est enregistrée manuellement tandis que des données de température au pas de temps de 5 mn ont été fournies par le programme AMMA.

L'ensemble des données a été traité à l'aide du logiciel SAS<sup>1</sup>.

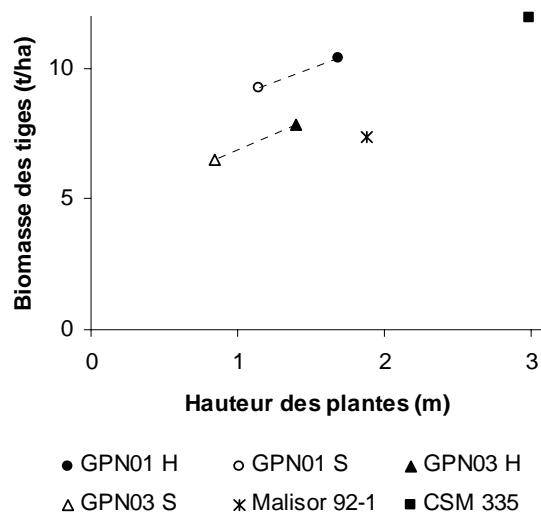
<sup>1</sup> SAS. 2004. Version 9.1. Cary, NC (USA), SAS Institute Inc.

**Tableau 2 :** Dates et durées depuis le semis des principaux évènements physiologiques

Variété	Dates				Durée (j)			
	Feuille-drapeau	Floraison	Maturité	Récolte	Feuille-drapeau	Floraison	Maturité	Récolte
GPN01 H	20 sept	02 oct	03 nov	06 nov	74	86	118	121
GPN01 S	20 sept	02 oct	03 nov	05 nov	74	86	118	120
GPN03 H	14 sept	26 sept	25 oct	28 oct	68	80	109	112
GPN03 S	17 sept	27 sept	28 oct	27 oct	71	81	112	111
Malisor 92-1	02 sept	13 sept	12 oct	15 oct	56	67	96	99
CSM 335	17 sept	29 sept	30 oct	10 nov	71	83	114	125

**Tableau 3 :** Rendements et composantes du rendement. Erreurs-standard et ppds sont celles de l'essai adjacent, hybrides et variétés naines, qui comportait des variétés du même type et même cycle.

Variété	Densité de tiges finale (tiges/m <sup>2</sup> )	Hauteur finale (m)	Tallage (talle/plante)	Biomasse totale (t/ha)	Rendement en grain (t/ha)	Indice de récolte (%)	Nombre de grains par panicule	Poids d'un grain (mg)
GPN01 H	7.4	1.69	0.1	12.6	2.2	17.7	2106	17.4
GPN01 S	7.3	1.15	0.2	11.9	2.7	22.5	2587	17.1
GPN03 H	6.5	1.40	0.0	10.1	2.2	21.8	2037	17.7
GPN03 S	6.5	0.84	0.0	9.0	2.5	27.8	2499	16.5
Malisor 92-1	6.5	1.88	0.0	10.6	3.2	30.5	1940	27.5
CSM 335	8.2	2.99	0.3	15.0	3.0	20.3	2379	20.4
Moyenne	7.1	1.66	0.1	11.5	2.6	23.4	2258	19.4
<i>Erreur-standard</i>	0.9	0.30		2.3	0.7	2.1	553	1.2
<i>ppds</i>	1.1	0.11		2.7	0.9	2.5	648	1.5



**Fig 1 :** Relation entre la hauteur des plantes et la biomasse des tiges, feuilles incluses.

## Résultats et discussions

### 1. La durée du cycle de développement

Les 2 lignées issues de la population GPN01 ont eu les mêmes cycles, plus long de 3 jours que celui du témoin CSM 335 (Tableau 2). En revanche, la lignée GPN03 H (haute) a été de 3 jours plus précoce que la lignée GPN03 S (courte). La lignée GPN03 S a eu les mêmes durées de cycle que le témoin CSM 335. Enfin la lignée caudatum Malisor 92-1 a été beaucoup plus précoce que tous ces matériels puisqu'elle a fleuri 16 jours plus tôt que le témoin CSM 335.

### 2. Rendements et composantes du rendement

Les lignées issues de GPN01 et GPN03 ont effectivement atteint des hauteurs différentes mais avec des amplitudes de seulement 0,54 et 0,56 m (Tableau 3). Toutes les lignées ont été de taille inférieure à celle du témoin CSM 335 et même du caudatum Malisor 92-1.

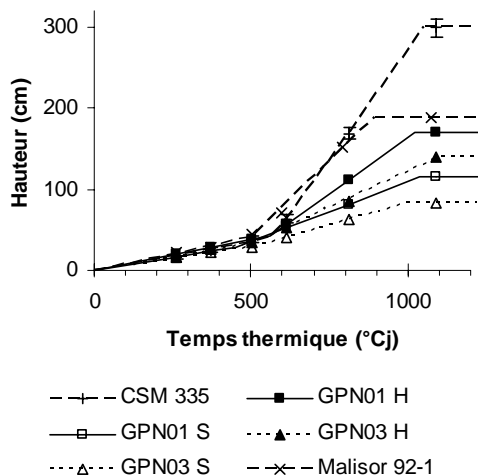
La densité de culture a été très homogène et la densité de tiges finales a été significativement supérieure chez CSM 335 et légèrement supérieure chez les 2 lignées issues de GPN01 en raison de la présence de quelques talles résiduelles à la récolte. Le nombre de talles à la récolte a été faibles pour le témoin CSM 335 (0,31 talle/plante), très faible pour les lignées issues de GPN01 (0,15 talle/plante) et nul pour les autres variétés. Il n'y a pas eu de différence pour le tallage entre les lignées hautes et courtes.

Les rendements en biomasse ont été conformes à ce qui est attendu pour le témoin CSM 335 (15,0 t/ha). Toutes les autres variétés ont produit moins de biomasse que CSM 335 et les lignées issues de GPN03 ont eu la plus faible production. La biomasse des deux lignées courtes a été inférieure de 0,7 et 1,1 t/ha à celle des lignées hautes. La biomasse des tiges a été corrélée avec leur longueur, ou hauteur des plantes, mais avec de nettes différences génétiques : les lignées GPN01 ont eu des tiges plus lourdes que les lignées GPN03 à hauteur identique (Fig. 1).

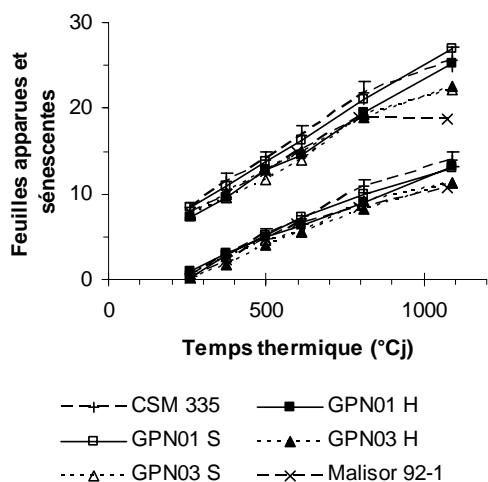
Les rendements en grains secs ont été conformes à ce qui est attendu pour CSM 335 cultivé à cette densité de 67 000 pl/ha (3,0 t/ha). Les rendements en grain de Malisor 92-1 et CSM 335 ont été supérieurs à ceux des 4 lignées issues de GPN01 et GPN03. Le rendement des 2 lignées courtes issues de GPN01 et GPN03 a été légèrement supérieur à celui des lignées hautes.

En conséquence, les indices de récolte des lignées courtes qui ont produit le moins de biomasse et plus de grain, ont été significativement supérieurs à ceux des lignées hautes. L'indice de récolte de Malisor 92-1 a été le plus élevé.

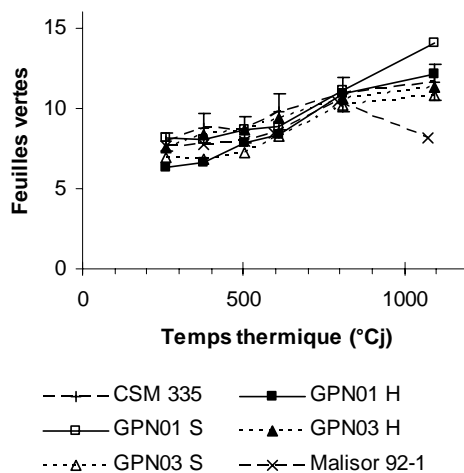
Le nombre de grains par panicule a été inférieur chez les 2 lignées hautes issues de GPN01 et GPN03 et chez Malisor 92-1. Le poids des grains des lignées issues de GPN01 et GPN03 a été faible et celui de Malisor 92-1 a été élevé au contraire. Malisor 92-1 a donc produit des panicules portant un nombre réduit de grains mais de poids bien supérieur à celui des 5 autres variétés guinea.



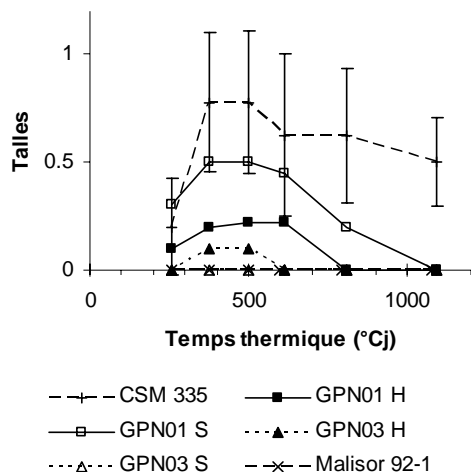
**Fig. 2 :** Cinétique de la croissance en hauteur des 6 variétés. Les barres indiquent l'intervalle de confiance des moyennes calculées pour le témoin CSM 335.



**Fig. 3 :** Cinétique d'apparition (courbes supérieures) et de sénescence (courbes inférieures) de feuilles des 6 variétés jusqu'au stade FD. Les barres indiquent les intervalles de confiance pour le témoin CSM 335.



**Fig. 4 :** Cinétique du nombre de feuilles vertes portées par la tige jusqu'au stade FD.



**Fig. 5 :** Cinétique du nombre de talles par plante jusqu'à FD. Les barres indiquent les intervalles de confiance pour CSM 335

### **3. Vitesses de développement et de croissance**

#### **3.1. Croissance en hauteur**

Les 6 variétés ont eu des vitesses de croissance en hauteur constantes et identiques jusqu'au début de la montaison après 500 à 600 °CJ ou 36 à 43 jours (Fig. 2). Ces vitesses ont été beaucoup plus rapides mais toujours constantes pendant la montaison et en relation positive mais non proportionnelle avec la hauteur finale.

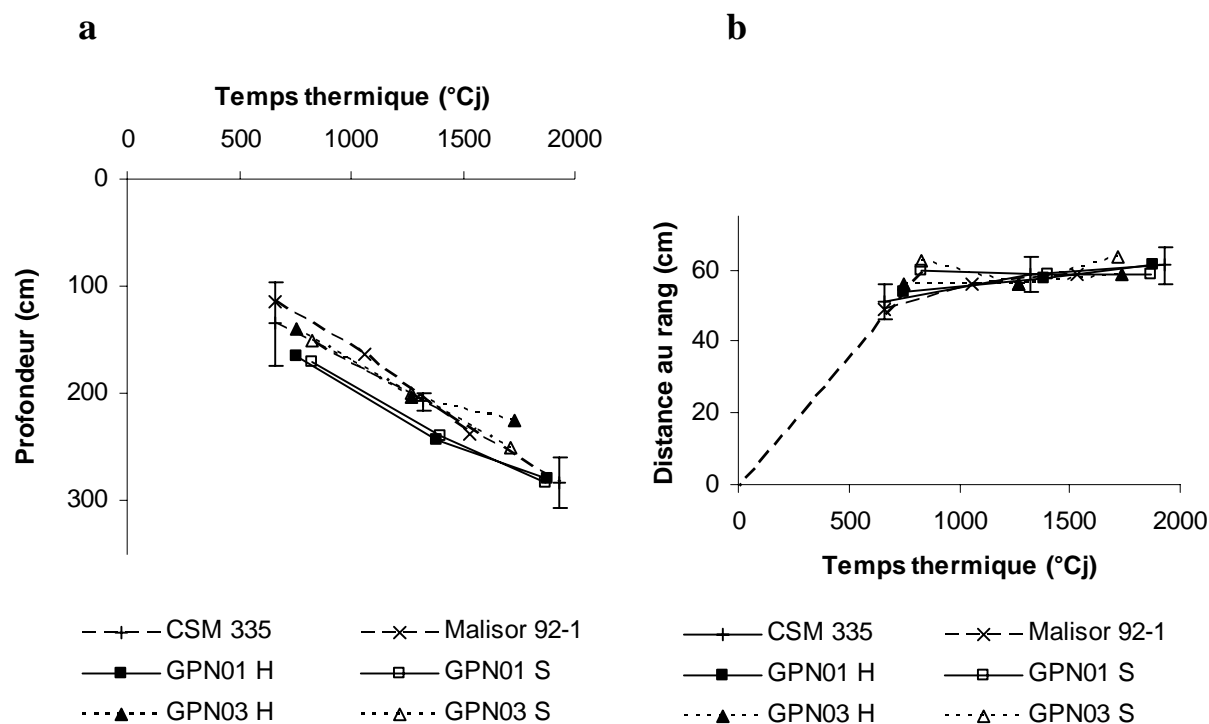
#### **3.2. Vitesses d'apparition et de sénescence des feuilles**

Les vitesses d'apparition des feuilles des 6 variétés ont été constantes jusqu'à l'apparition de la feuille-drapeau et légèrement plus rapide pour CSM 335 et GPN01 S que pour les autres variétés (Fig. 3). Les vitesses de sénescence des feuilles ont été plus lentes pendant la montaison que pendant la phase précédente et ont encore ralenti après l'apparition de la feuille-drapeau pour les 3 variétés les plus précoces. Par voie de conséquence, le nombre de feuilles vertes portées par les tiges principales a augmenté rapidement de 1 à 7 pendant la première phase de 21 jours en raison de l'absence de sénescence (Fig. 4). Ce nombre est resté stable pendant la phase suivante jusqu'au début de la montaison vers 40 jours puis a de nouveau augmenté pendant la montaison jusqu'à son maximum au moment de la sortie de la feuille-drapeau. A ce moment, le nombre de feuilles vertes a été identique pour les variétés de même cycle, à l'exception de GPN01 S qui aurait produit un plus grand nombre de feuilles totales.

#### **3.3. Cinétique du tallage**

Le tallage a été faible pour un essai semé à 67 000 plantes/ha, puisque les plants de CSM 335 ont émis moins de 1 talle en moyenne probablement en raison de la date de semis un peu tardive (8 juillet) (Fig. 5). En dehors de GPN01 S, le tallage des autres variétés a été très faible ou nul. La mort d'une partie des talles pendant la montaison n'a laissé que 0,5 talles/plante chez CSM 335 au stade feuille-drapeau et aucune pour les autres variétés.





**Fig. 6 :** Evolution des fronts racinaires **a)** verticaux et **b)** horizontaux mesurés pour chaque variété au début de la montaison, à floraison et à maturité. Les barres centrées sur les valeurs prises par CSM 335 indiquent l'intervalle de confiance (5%) des moyennes.

**Tableau 4 :** Estimations des vitesses de croissance racinaire quotidiennes

	Croissance racinaire (cm.jour <sup>-1</sup> )					
	CSM 335	Malisor 92-1	GPN01 H	GPN01 S	GPN03 H	GPN03 S
Horizontale	1.1	1.1	1.2	1.3	1.2	1.4
Verticale levée-montaison	2.8	2.4	3.5	3.6	2.9	3.2
Verticale montaison-floraison	1.8	1.9	2.0	2.0	2.0	1.9

### 3.4. *Vitesse des fronts racinaires*

Entre le début de la montaison et la maturité du grain, les vitesses du front racinaire vertical ont été identiques pour les 6 variétés, égales en moyenne à  $1,9 \text{ cm.jour}^{-1}$  entre le début de la montaison et la floraison (Fig. 6a et Tableau 4). Cependant les 2 lignées issues de GPN01 avaient atteint un horizon 20 cm plus profond que les autres variétés dès le début de la montaison et cette différence a été conservée jusqu'à la maturité. Ces deux lignées auraient par conséquent une vitesse de croissance racinaire initiale de  $3,5 \text{ cm.jour}^{-1}$  supérieure à la moyenne de  $3,1 \text{ cm.jour}^{-1}$ . Il n'y a pas eu de différence de vitesse du front racinaire vertical entre les lignées hautes et courtes. Le front racinaire de la variété caudatum Malisor 92-1 est descendu aussi rapidement que celui des autres variétés avec toutefois un retard d'une vingtaine de centimètres au début de la montaison, non significatif. A l'inverse cette variété pourrait avoir une vitesse racinaire verticale initiale de  $2,4 \text{ cm.jour}^{-1}$  inférieure à celles des autres matériels, en accord avec les observations précédentes.

La croissance du front racinaire horizontal s'est arrêtée à 60 cm en moyenne, à 15 cm du rang de plantes adjacent, bien au-delà de la moitié de la distance entre rangs (37.5 cm) (Fig 5b, Tableau 4). La fin de cette croissance est intervenue un peu après ou simultanément avec la première notation réalisée au début de la montaison. La vitesse moyenne de ce front racinaire horizontal, homogène pour 4 des variétés et probablement pour les 6, a été de  $1,2 \text{ cm.jour}^{-1}$ .

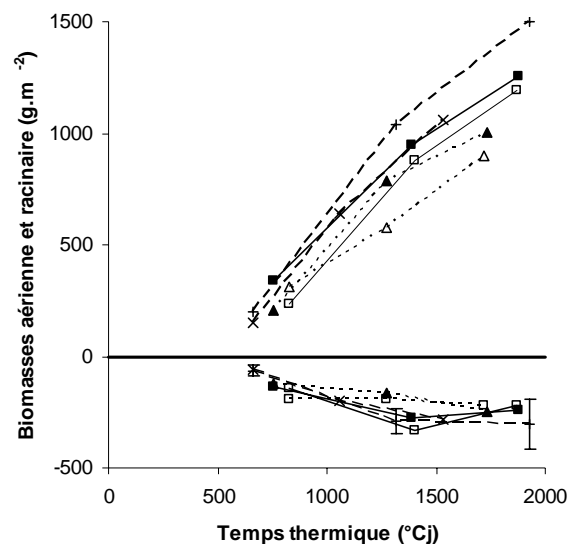


Fig. 7 : Evolution des biomasses aériennes (positives) et racinaires (négatives, sous le sol) mesurées pour chaque variété au début de la montaison, à floraison et à maturité. Les barres centrées sur les valeurs de CSM 335 indiquent l'intervalle de confiance des moyennes.

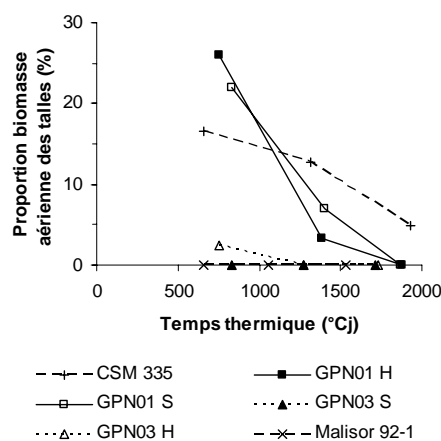


Fig. 8 : Evolution de la proportion de la biomasse aérienne portée par les talles pour chaque variété au début de la montaison, à floraison et à maturité.

Tableau 5 : Répartitions par organes des biomasses aériennes et racinaires mesurées à maturité

Variété	Biomasse sèche (g.m <sup>-2</sup> )						
	Aérienne				Racinaire		
	Total	Tiges	Feuilles	Panicules	Total	Souterraines	Adventives
CSM 335	1499	880	174	445	304	122	182
GPN01 H	1258	685	207	367	244	103	142
GPN01 S	1190	502	246	443	221	126	96
GPN03 H	1006	437	210	359	250	117	134
GPN03 S	897	255	214	428	218	100	118
Malisor 92-1	1060	486	132	442	285	121	165
Moyenne	1152	541	197	414	254	115	139
Ecart-type	214	216	39	40	64	24	46

### 3.5. L'accumulation de biomasse

L'accumulation de biomasse aérienne a été plus rapide pendant la montaison que pendant la phase de remplissage du grain pour 4 des 6 variétés (Fig. 7). Elle a été plus importante pour le témoin CSM 335 que pour les autres variétés et n'a pas été que légèrement différente entre les lignées hautes et courtes. Les lignées issues de GPN03 ont produit nettement moins de biomasse que les autres variétés. Au début de la montaison, la proportion de biomasse portée par les talles atteignait 25 % chez les lignées issues de GPN01 et 20% chez CSM 335, mais elle a rapidement décru pendant la montaison pour n'être plus que de 5% à la maturité chez CMS 335 et nulle chez les autres variétés (Fig. 8).

A la maturité, la variation de la masse des tiges explique l'ensemble de la variation intervariétale de la biomasse aérienne (Tableau 5). Les masses de feuilles et de panicules ont été peu variables, tandis que la masse des tiges a varié en relation avec leur hauteur mais aussi avec la densité propre à la variété : à hauteur moindre, les tiges des lignées issues de GPN01 ont été plus lourdes que celles de Malisor 92-1.

L'essentiel de la masse racinaire a été accumulée pendant la montaison pour 4 des variétés, non différentes entre-elles (Fig. 7). Cette accumulation a été significativement plus lente pour les lignées issues de GPN03 mais elle s'est poursuivie pendant la phase de remplissage des grains, à l'inverse des autres variétés, de sorte qu'à maturité aucune variété ne s'écarte significativement de la masse moyenne racinaire de 2,54 t/ha (Tableau 5). La masse racinaire mesurée était composée de la masse des racines souterraines dans l'horizon 0-40 cm qui contient plus de 95% de cette masse, ainsi que montré précédemment, et de la masse des racines adventives nodales situées au pied de la tige. La masse des racines adventives a été du même ordre de grandeur que celle des racines souterraines. La masse des racines souterraines a été peu variables, tandis que la masse des racines adventives explique 70% de la variabilité de la masse racinaire : plus les tiges sont hautes plus elles ont développées un masse importante de racines adventives. Cette relation pourrait être proportionnelle (Fig. 9). Par conséquent, les variétés à paille haute investissent plus d'énergie dans les racines en raison d'une plus grande production de racines adventives, que les variétés courtes.

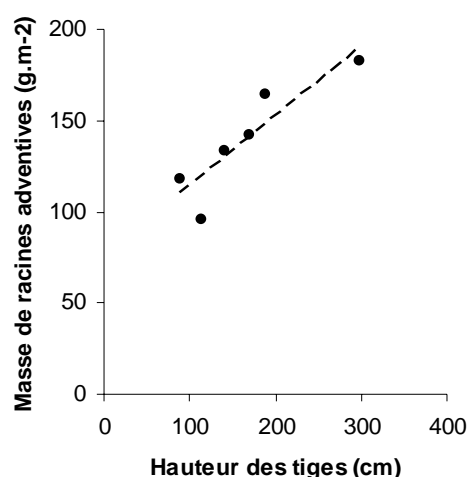


Fig. 9 : Relation entre la hauteur moyenne des tiges des 6 variétés et la masse de racines adventives à la maturité.

**Tableau 1:** Dates des principales opérations culturales

Semis	Levée	Démariage	Urée + DAP	Urée 2	Récolte
12 juil.	21 juil.	10 août	14 août	4 sept.	21 oct.
1 août	5 août	24 août	4 sept.		16 nov.

## Potentiel de rendement de CSM 63E

### Résumé

Un essai date de semis x densité a été conduit à Cinzana, avec une fertilisation élevée afin de déterminer le potentiel de production en grain de la variété précoce CSM 63E. La variété était aussi cultivée dans l'essai 'irrigué' à Samanko. Les rendements en grain sec ont atteint 2,7 t/ha à Cinzana contre 2,2 t/ha à Samanko et ont été significativement influencés par la date de semis mais pas par la densité. Les conditions climatiques beaucoup moins favorables en 2008 n'ont pas permis d'atteindre le niveau de rendement en grain observé à Cinzana en 2007.

### Objectif de l'essai

La variété CSM 63E a un comportement de variété non-photopériodique pour les semis entre Juin et Août. Par conséquent elle est très précoce et devrait en principe n'être adaptée que dans les régions sahéliennes. Pourtant elle connaît depuis plusieurs années un développement important dans la région de Ségou, en zone sahélo-soudanienne, à la suite d'opérations semencières conduites par les associations paysannes. Ce succès non attendu suppose d'une part que la variété résiste correctement à toutes les attaques et maladies prédites pour une telle variété trop précoce en regard des critères définis pour la zone et d'autre part qu'elle a un potentiel de rendement satisfaisant pour les paysans. C'est ce dernier point qu'il s'agissait de mesurer.

### Matériel et méthodes

L'essai a été semé sur la station de Cinzana (13°15N, 5°57W), sur un terrain préalablement labouré puis billonné à 0,75 m de distance. Les semis ont été manuels, réalisés avec 5 grains/poquet avec une distance de 0,20 m entre poquets. Le démariage a été effectué 2 semaines après la levée à 1, 2,3 ou 4 plants/poquet suivant les parcelles afin d'assurer des densités de 67, 133, 200 ou 267 000 plants/ha. Les dates des principales opérations culturales sont reportées au tableau 1.

Les sarclages et les apports d'engrais étaient effectués simultanément. 100 kg/ha de DAP + 100 kg/ha de KCl + 100 kg/ha de plâtre ont été apportés au semis, puis 100 kg/ha de DAP + 100 kg/ha d'urée un mois après la levée et enfin 100 kg/ha d'urée 4 semaines plus tard.

La variété a aussi été utilisée dans l'essai 'irrigué' à Samanko qui a été semé le 30 juin 2008 à la densité de 133 000 pl/ha.

La variété CSM 63E a été fournie par le programme de sélection ICRISAT de Samanko. Elle a été testée à deux dates de semis distantes de 2 semaines et 4 densités de culture, 67, 133, 200 et 267 000 pl/ha, dans un dispositif split-plot en blocs à 3 répétitions avec la date de semis en sous-blocs. Les parcelles élémentaires comportaient 4 lignes de 5 m de long.



Les dates des stades feuille-drapeau, floraison et maturité ont été enregistrées par parcelle comme la date à laquelle 50% des plantes d'une des lignes de la parcelle avaient atteint le stade concerné (feuille-drapeau déployée, floraison de la moitié de la panicule et point noir sur les grains de la base de la panicule qui sont les derniers à atteindre ce stade).

A maturité, les 2 lignes intérieures de chaque parcelle ont été récoltées en isolant une placette de 10 plantes pour peser ultérieurement le grain sec. Les poids de tige et de panicule ont été enregistrés.

La pluviométrie est enregistrée manuellement tandis que des données de température au pas de temps de 5 mn ont été fournies par le programme AMMA.

L'ensemble des données a été traité à l'aide du logiciel SAS<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> SAS. 2004. Version 9.1. Cary, NC (USA), SAS Institute Inc.



**Tableau 2 :** Dates des principaux évènements phénologiques et durées des phases depuis le semis

Semis	Densité (plantes.ha <sup>-1</sup> )	Date			Durée (j)		
		Feuille- drapeau	Floraison	Maturité	Feuille- drapeau	Floraison	Maturité
12 juil	67000	05 sept	18 sept	07 oct	55	68	87
	133000	05 sept	18 sept	07 oct	55	68	87
	200000	05 sept	18 sept	07 oct	55	68	87
	267000	05 sept	18 sept	07 oct	55	68	87
01 août	67000	26 sept	07 oct	24 oct	56	67	84
	133000	26 sept	07 oct	24 oct	56	67	84
	200000	26 sept	07 oct	24 oct	56	67	84
	267000	26 sept	07 oct	24 oct	56	67	84

**Tableau 3 :** Dates des principaux évènements phénologiques et durées des phases depuis le semis pour les essais de **a)** Samanko et **b)** Cinzana en 2007 et **c)** Samanko en 2008

**a)**

Semis	Densité (plantes.ha <sup>-1</sup> )	Date				Durée (j)		
		Levée	Feuille- drapeau	Floraison	Maturité	Feuille- drapeau	Floraison	Maturité
16 juil	67000	19 juil	03 sept	14 sept	16 oct	46	57	89
	133000	19 juil	05 sept	16 sept	16 oct	48	59	89
	200000	19 juil	04 sept	14 sept	16 oct	47	58	89
	267000	19 juil	04 sept	14 sept	16 oct	47	58	89
01 août	67000	05 août	17 sept	28 sept	29 oct	43	54	85
	133000	05 août	17 sept	27 sept	29 oct	43	54	85
	200000	05 août	17 sept	28 sept	29 oct	43	54	85
	267000	05 août	19 sept	29 sept	29 oct	45	55	85

**b)**

Date de semis	Densité (plante.ha <sup>-1</sup> )	Date		Durée (j)	
		Floraison	Maturité	Floraison	Maturité
18 juil	67000	20 sept	10 oct	64	84
	133000	20 sept	10 oct	64	84
	200000	20 sept	10 oct	64	84
	267000	20 sept	10 oct	64	84
04 août	67000	30 sept	26 oct	57	83
	133000	30 sept	26 oct	57	83
	200000	30 sept	26 oct	57	83
	267000	29 sept	26 oct	56	83

**c)**

Semis	Densité (plantes.ha <sup>-1</sup> )	Parcelle	Date			Durée (j)		
			Feuille- drapeau	Floraison	Maturité	Feuille- drapeau	Floraison	Maturité
30 juin	133 000	irigué	21 août	30 août	02 oct	52	61	94
		non-irigué	18 août	27 août	02 oct	49	59	94

## Résultats et discussion

### 1. La durée du cycle de développement

Les durées de cycle ont été indépendantes de la date de semis et de la densité (Tableau 2). Les durées observées entre feuille-drapeau et floraison ont été supérieures à 10 jours tandis que la maturation du grain se serait effectuée en seulement 20 jours. Les critères d'observation n'ont probablement pas été appliqués strictement. Les dates de floraison et de maturité ont été proches de celles enregistrées en 2007, pour des dates de semis très voisines, à l'exception de la date de floraison pour le semis d'août 2007, probablement mal reportée (Tableau 3b). La durée jusqu'au stade feuille-drapeau, plus facile à noter, a été de 3 jours plus longue à Cinzana que dans l'essai de Samanko semé 12 jours plus tôt (Tableau 3c).

Les nombres de feuilles totales produites sur les plantes des parcelles semées à la densité de 67 000 pl/ha a été de  $18,8 \pm 0,5$  à Cinzana, non différent des  $19,2 \pm 0,4$  de l'essai de 2007. Il a été de  $18,6 \pm 0,3$  dans l'essai de Samanko, significativement supérieur au  $16,4 \pm 0,6$  de 2007, en raison de la date de semis du 30 juin, plus précoce de 16 jours. Ce résultat complète donc l'observation de 2007 : pour une même date de semis moins de feuilles ont été émises à Samanko qu'à Cinzana, probablement en raison d'une initiation paniculaire plus précoce et lorsque la date de semis a été plus précoce dans la saison des pluies, plus de feuilles ont été émises en raison d'une réponse photopériodique de CSM 63E qui a peu modifié la date d'initiation paniculaire et plus la vitesse d'initiation des feuilles par l'apex.

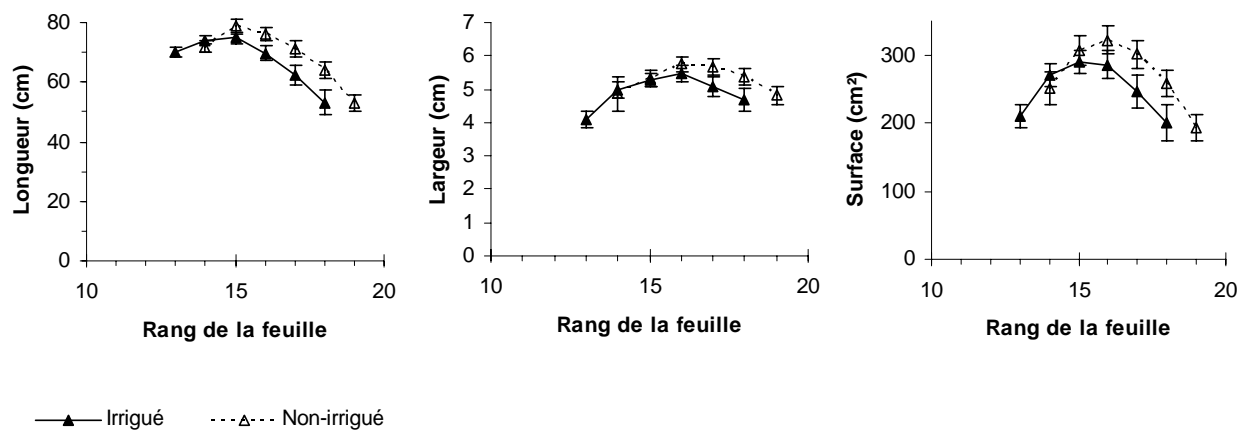
**Tableau 4 :** Rendements et composantes du rendement des essais de 2008 **a)** à Cinzana et **b)** à Samanko

**a)**

Semis	Densité (plantes.ha <sup>-1</sup> )	Densité de tiges finale (tiges.m <sup>-2</sup> )	Hauteur de tiges finale (m)	Biomasse totale (t/ha)	Rendement en grain (t/ha)	Indice de récolte (%)	Nombre de grains par panicule	Poids d'un grain (mg)
12 juillet	67000	7.1	261	6.3	1.9	29.2	1434	19.7
	133000	12.2	257	8.5	2.5	29.8	1167	18.2
	200000	13.5	291	9.1	2.7	29.6	1111	18.8
	267000	17.0	281	10.6	2.5	25.2	895	17.7
01 août	67000	8.5	156	3.5	0.9	26.2		
	133000	10.7	183	4.3	1.2	26.6		
	200000	14.7	188	3.8	0.9	24.4		
	267000	15.7	176	4.1	1.0	25.5		
Moyenne		12.4	224	6.3	1.7	27.1	1152	18.6
Erreur standard		1.9	21	1.8	0.5	3.4	203	1.5
ppds		4.6	52	4.4	2.3	8.4	541	4.1
<b>Facteurs de l'AOV</b>								
Date		ns	***	**	**	ns	-	-
Densité		***	ns	ns	ns	ns	*	ns
Date x densité		ns	ns	ns	ns	ns	-	-

**b)**

Semis	Densité (plantes.ha <sup>-1</sup> )	Parcelle	Densité de tiges finale (tiges.m <sup>-2</sup> )	Hauteur de tiges finale (m)	Nombre de feuilles total	Biomasse totale (t/ha)	Rendement en grain (t/ha)	Indice de récolte (%)	Nombre de grains par panicule	Poids d'un grain (mg)
30 juin	133 000	irrigué	13.3	240	18.3	8.5	2.2	25.9	924	19.3
30 juin	133 000	non-irrigué	13.3	256	18.9	10.3	2.2	20.9	826	19.6



**Fig. 1** : Longueur et largeurs mesurées et surfaces estimées des dernières feuilles des tiges principales de CSM 63E en fonction du bloc de culture.

**Tableau 5 :** Rendements et composantes du rendement des essais de 2007 a) à Cinzana et b) à Samanko

**a)**

Semis	Densité (plantes.ha <sup>-1</sup> )	Densité de tiges finale (tiges.m <sup>-2</sup> )	Hauteur de tiges finale (m)	Biomasse totale (t/ha)	Rendement en grain (t/ha)	Indice de récolte (%)	Nombre de grains par panicule	Poids d'un grain (mg)
17 Juillet	67000	12.5	293	17.7	4.1	23.3	1566	22.0
	133000	14.4	279	16.2	4.1	25.5	1291	21.3
	200000	19.4	282	16.8	4.2	24.8	1095	21.7
	267000	22.2	292	18.8	4.5	24.1	1125	20.7
2 Août	67000	6.5	250	7.2	1.9	26.3	1499	19.7
	133000	12.7	258	8.4	2.1	25.2	924	19.7
	200000	14.0	262	8.6	2.0	23.9	890	19.0
	267000	18.7	224	8.9	2.2	25.1	680	20.0
Moyenne		15.0	267	12.8	3.2	24.8	1134	20.5
Erreur standard		2.2	29	1.6	0.3	1.3	248	1.2
ppds		3.4	45	2.1	0.5	2.0	382	1.9
<b>Facteurs de l'AOV</b>								
Date		***	**	***	***	ns	*	**
Densité		***	ns	ns	ns	ns	**	ns
Date x densité		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

**b)**

Semis	Densité (plantes.ha <sup>-1</sup> )	Densité de tiges finale (tiges/m <sup>2</sup> )	Hauteur de tiges finale (m)	Biomasse totale (t/ha)	Rendement en grain (t/ha)	Indice de récolte (%)	Nombre de feuilles total	Nombre de grains par panicule	Poids d'un grain (mg)
16 Juillet	67000	8.3	225	8.3	1.9	26.6	16.4	1579	18.4
	133000	12.4	224	8.5	2.5	26.1	16.1	1025	18.5
	200000	17.1	223	8.1	2.1	27.6	16.2	620	18.2
	267000	22.5	229	9.6	1.9	21.6	15.0	487	17.8
1 Août	67000	5.7	154	2.2	1.0	26.9	14.9	935	16.2
	133000	11.5	147	3.5	0.9	18.7	14.6	593	16.8
	200000	13.9	175	3.6	1.3	20.7	15.2	514	16.7
	267000	18.3	147	3.5	1.0	17.7	14.1	544	16.2
Moyenne		13.7	203	5.9	1.6	23.3	15.3	787	17.3
Erreur standard		1.3	40	1.4	0.2	6.7	1.9	173	1.2
ppds		2.0	30	2.2	0.5	3.7	0.8	338	1.9
<b>Facteurs de l'AOV</b>									
Date		***	***	***	***	ns	***	**	ns
Densité		***	ns	ns	ns	ns	***	***	ns
Date x densité		*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

## 2. Rendements et composantes du rendement

Les dates de semis de 2007 et 2008 à Cinzana ont été très voisines. En 2008, le développement végétatif visuel de la culture conduite à Cinzana a été bien inférieur à celui de 2007, ce qui est corroboré par les notations quantitatives de densité finale, indiquant un tallage moindre, et de hauteurs finales inférieures de 0,40m en moyenne (Tableaux 4a et 5a). L'implantation de la culture a été difficile en raison de conditions un peu sèches à la levée, suivies par une pluie importante de 50 mm puis une nouvelle sécheresse de 10 jours. Et le mois de septembre a été sec, avec une pluie isolée de 14 mm le 16 septembre, suivie par une dernière pluie de 15 mm le 1<sup>er</sup> Octobre. Par conséquent les niveaux de production de 2008 à Cinzana ont été bien inférieurs à ceux de 2007, aux 2 dates de semis : en moyenne 6,3 t/ha de biomasse contre 12,8 et 1,7 t/ha de grain contre 3,2. Ceci va de pair avec une réduction nombre de grains par panicule (non-significative) et surtout de poids des grains (significative), pour la première date de semis. Par contre les indices de récolte pour la première date de récolte ont été plus élevés en 2008 : le rendement en grain a été plus stable que la production de biomasse dans les tiges. La date de semis a eu un effet significatif sur toutes ces variables, à l'exception du nombre de grains par panicule, et la densité n'a pas eu d'effet significatif.

En 2008, les niveaux de productions de biomasse et de grains pour le semis de juillet à la densité de 133 000 pl/ha ont été proches à Cinzana et Samanko (Tableau 4a et b). A Cinzana, la production de biomasse a été de 8,5 t/ha contre 8,5 à 10,3 t/ha à Samanko. Cette proximité est à mettre en relation avec la date de semis plus précoce qui a induit une densité de tiges légèrement supérieure à Samanko et un nombre total de feuilles identique sur les 2 stations (18,6 à Samanko contre 18,8 à Cinzana). En 2007, il avait été montré que la différence de nombres de feuilles totales entre Cinzana (19,6) et Samanko (16,4) avait induit une grande différence d'indice foliaire et par conséquent de capacité photosynthétique. Afin de documenter cette hypothèse, les longueurs et largeurs des dernières feuilles ont été mesurées à Samanko en 2008. Par chance, le nombre de feuilles total a été significativement différent entre les 2 blocs préparés pour le traitement (Tableau 4b), en raison de l'hétérogénéité naturelle du terrain, et cela a permis de mettre en évidence qu'une différence moyenne de 0,6 feuilles a modifié significativement le profil des surfaces des dernières feuilles (Fig. 1) et induit une différence de 1,8 t/ha de production de biomasse (non significative). Cette différence de potentiel ne s'est cependant pas exprimée sur le rendement en grain. Ces observations renforcent donc l'hypothèse du rôle majeur du nombre de feuilles total dans le potentiel de production des variétés précoces chez qui une petite variation du nombre de feuilles total induit une grande variation de la surface foliaire disponible pour la photosynthèse au moment du développement de la panicule et du remplissage du grain.

Les rendements en grain ont été de 2,5 t/ha à Cinzana contre 2,2 t/ha à Samanko, donc proches. Si les poids de grain ont été voisins sur les 2 stations, l'indice de récolte et le nombre de grains par panicules ont été moindres à Samanko.

A Samanko le rendement en grain en 2008 a pu être limité par la sécheresse de 3 semaines en début septembre subie dans un sol dans l'horizon utile ne dépasse pas 1m. La production de biomasse à la densité de 133 000 pl/ha a été de 8,5 et 10,3 t/ha en 2008 contre 8,5 t/ha en 2007 tandis que les rendements en grain ont été inférieurs en 2008 (2,2 t/ha contre 2,5) (Tableaux 4b et 5b). Les densités finales ont été voisines pour les 2 années (13,3 tiges.m<sup>-2</sup> contre 12,4) et les hauteurs des tiges ont été supérieures en 2008 (2,40 et 2,56m contre 2,24) en raison de l'augmentation du nombre de feuilles et par conséquent d'entre-nœuds produits (18,3 et 18,9 contre 16,4) en réponse à la date de semis plus précoce. La petite augmentation moyenne de biomasse produite en réponse à l'augmentation du nombre total de feuilles

apparaît faible à Samanko et on est loin d'atteindre les 16-18 t/ha mesurée à Cinzana en 2007, en raison des caractéristiques du sol, de fertilité et de réserve hydrique très inférieures et d'un tallage inférieur (13,3 tiges.m<sup>-2</sup> à Samanko contre 14,4 à Cinzana).

En conclusion générale, les conditions exceptionnelles rencontrées à Cinzana en 2007 ont permis de montrer le potentiel important de rendement en grain de la variété précoce CSM 63E. Mais ce potentiel est difficile à exprimer dans les conditions pluviométriques très variables de la région qui retardent la date de semis avec pour conséquence une chute rapide du potentiel photosynthétique, qui contrarient régulièrement la croissance des plantes au moment de l'émergence et qui limitent souvent la disponibilité en eau pendant la phase de maturation du grain, en particulier lorsque le sol est peu profond.