Ecophysiologie du sorgho

Rapport de campagne d'hivernage 2002

B. Clerget, M. Sidibe, M. Bagayoko

Projet de recherche ICRISAT/CIRAD

CIRAD

ICRISAT

Ecophysiologie du sorgho

Rapport de campagne d'hivernage 2002

B. Clerget, M. Sidibe, M. Bagayoko
Bamako, Mali. Mai 2003

Introduction

Ce projet d'étude de l'écophysiologie du sorgho, conjoint CIRAD et ICRISAT, 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 zone de production cotonnière en particulier. Il intéresse plusieurs équipes de sélection, d'agronomie, d'agro-météorologie et de technologie à l'IER (Mali), à l'ICRISAT, au CERAAS (Sénégal) et au CIRAD.

Cette troisième campagne d'essais pluviaux a été semée à partir du 11 juin 2002. Elle s'est déroulée dans de bonnes conditions, avec de bonnes pluies en fin de cycle qui ont entraîné des pourritures de grain sur toutes les variétés à l'exception du guinea. 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. L'acquisition des données de terrain doit aussi beaucoup à Moussa Bagayoko, étudiant de l'IPR de Katibougou, qui a été accueilli dans le programme pour son stage de fin d'étude. Une partie des données des essais a été utilisée et présentée dans son mémoire.

Les essais sont présentés et analysés séparément dans ce rapport. Cela permet de conserver dans un document l'ensemble des informations qui ont été recueillies. Elles servent de base aux réflexions en cours sur les modifications à apporter aux modèles de simulation de croissance du sorgho pour les adapter au guinea et plus largement à la prise en compte de la forte réponse photopériodique des variétés cultivées en Afrique de l'Ouest. Une synthèse des principales conclusions est proposée en final. Deux documents déjà diffusés ont été ajoutés en annexe : une note sur l'indice photopériodique et un compte-rendu d'expérience d'incubation de chaux pour la station de Samanko.

Tableau 0-1 : Dates des opérations culturales effectuées dans les essais

Essai	Semis	Levée	Démariage	Urée + DAP	Urée 2	Urée 3	Récolte
1- Variété x densité	26-Jun	29-Jun	11-Jul	25-Jul	12-Aug	16-Sep	15-Oct au 6-Nov
2- Densité et désherbage	26-Jun	29-Jun	9-juil et 25-juil	25-Jul	13-Aug	16-Sep	8 au 11-Nov
3- Variétés x densité x date de semis	11-Jun	14-Jun	28-Jun	10-Jul	29-Jul	16-Sep	
	11-Jul	17-Jul	25-Jul	7-Aug	21-Aug	19-Sep	
4- Variétés x potassium x phosphore	11-Jun	14-Jun	28-Jun	10-Jul	29-Jul	16-Sep	21-Oct au 7-Nov

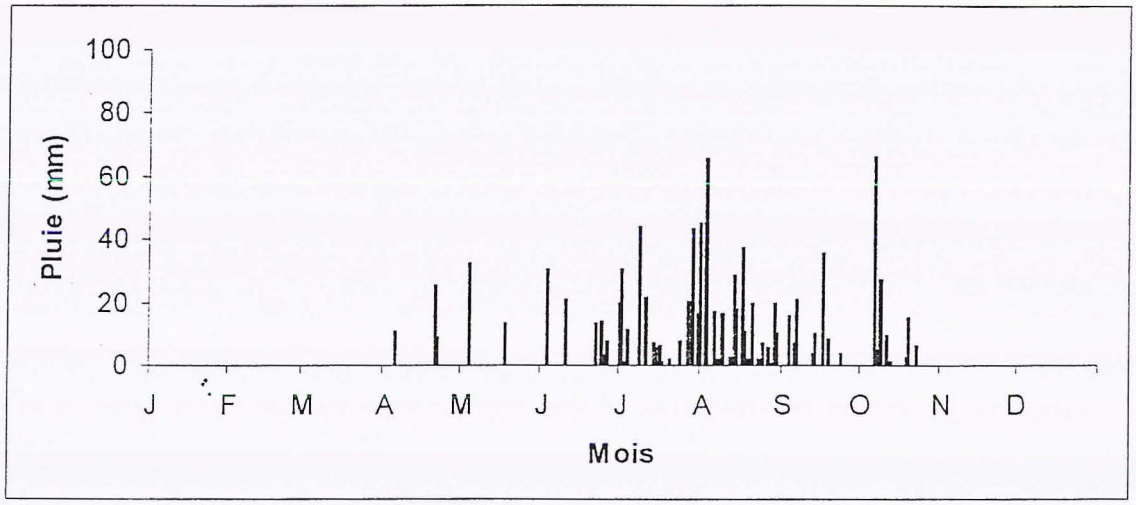

Fig. 0-1 : Pluies quotidiennes de l'année 2002 à la station de Samanko

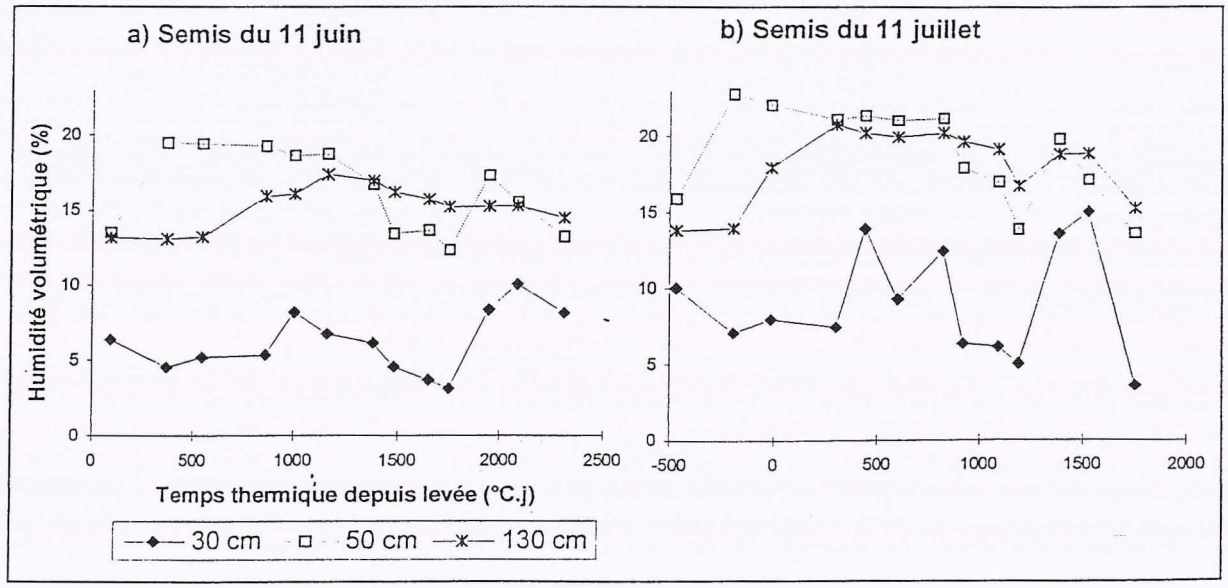

Fig. 0-2 : Evolution de l'humidité volumétrique du sol dans les parcelles de l'essai 1 à Samanko entre le 19 juin et le 11 novembre 2002, pour 3 horizons à 30, 50 et 130 cm ; **a)** parcelles semées le 11 juin, **b)** parcelles semées le 11 juillet.

Matériels et méthodes

Quatre essais ont été semés à la station de Samanko, Mali (12°32N, 8°04W).Un hectare de terrain a été labouré le 3 juin. Le 4 juin, 100 kg de plâtre + 100 kg de DAP + 100 kg de KCL ont été successivement épandus puis enfouis mécaniquement. Le DAP et le KCL n'ont pas été appliqués sur la dernière bande de terrain, réservée pour l'essai sur la réponse au potassium x phosphore. Des billons distants de 0.75 m ont été tracés. Un premier semis manuel des essais 2 à 4 a été effectué le 11 Juin, à 10 grains/poquet. Mais il a échoué pour l'essai 2 en raison de la pluviométrie trop faible. Les plantes levées ont été arrachées et le semis a été refait le 26 juin, à 10 grains/poquet. Les dates des principales opérations culturales sont reportées dans le tableau 0-1. La levée a toujours eu lieu 4 à 5 jours plus tard. Le démariage à 1 plant/poquet a été effectué 2 semaines après la levée. Les sarclages et les apports d'engrais étaient généralement combinés. Un mois après la levée on apportait 100 kg/ha d'urée + 100 kg/ha de DAP, puis 100 kg/ha d'urée après 2-3 semaines et de nouveau après 1 mois.
A la récolte, deux lignes sont échantillonnées dans chaque parcelle des essais 1,2 et 4. Les nombres de plants et de panicules étaient comptés puis les masses fraîches tiges + feuilles et panicules sont pesées. Un échantillon de 10 plantes successives était préalablement isolé de l'une des lignes, traité comme précédemment, puis mis à sécher afin de déterminer les masses sèches de tige, feuille, structure de la panicule et grain et de mesurer les hauteurs d'entre-nœuds ainsi que le nombre de nœuds et de branches de la panicule.
Six tubes de 1.50 m ont été implantés dans l'essai « variétés x date de semis », afin de permettre le suivi de l'humidité du sol par mesures neutroniques. Les données météorologiques ont été enregistrées automatiquement (Centrale Campbell 21X) au pas de temps horaire, à la fois dans la parcelle et dans le parc météo de Samanko, à 500 m de la parcelle.
Le premier objectif de la campagne était de compléter les observations manquantes en 2000 et 2001, en particulier les cinétiques de la densité des tiges et de la croissance de la panicule. Les variétés utilisées étaient donc identiques à celle de 2000 et 2001.

1- Essai variétés x densités. Cinétique de la densité des plantes dans la parcelle

Lors des essais précédents il avait été constaté que la densité finale dans les parcelles était inférieure à celle laissée au moment du démariage. La perte de plants avait été d'autant plus forte que la densité était élevée. Cet essai a donc été mis en place pour mesurer la cinétique de réduction du nombre de plants dans les parcelles et vérifier son éventuelle relation avec celle de la diminution du nombre des talles émis, en interaction avec la hauteur et la tardiveté des variétés. Six variétés ont été choisies pour disposer d'une large gamme de sensibilité à la photopériode et de nanisme.
Les 6 variétés de l'étude ont été semées le 26 Juin à une 4 densités de 67000 plants/ha (0.75 x 0.20 m). Le dispositif était un split-plot à 3 répétitions, avec la densité en sous-blocs. Les parcelles élémentaires comportaient 6 lignes de 5 mètres. Chaque semaine la croissance phénologique était mesurée : hauteur, nombre de feuilles apparues, ligulées puis mortes sur chaque tige de 10 plantes marquées spécialement, ainsi que le nombre total de plants et de tiges dans une placette repérée comportant 25 plants au moment du démariage.

2- Essai des effets de densité et de désherbage

En complément à l'essai 1, il s'agissait de mesurer sur la variété CSM 335, guinea traditionnel, les effets sur la densité et le tallage des plantes et sur l'indice de récolte des très

hautes densités locales résultant de la pratique du semis en billon et de la forte compétition créée par le désherbage tardif. Ces pratiques sont communes dans l'agriculture malienne. Six traitements ont été testés : 1) Désherbé. Démariage à 1 plante/poquet. 2) Désherbé. Démariage à 1 plante/poquet et suppression des talles à mesure de leur apparition 3) Désherbé. Démariage à 3 plantes/poquet 4) Désherbé. Pas de démariage 5) Déherbage et démariage à 3 plantes/poquet tardifs et 6) Déherbage tardif, pas de démariage.
Le dispositif était un bloc de Fisher à 3 répétitions. Les parcelles élémentaires comportaient 6 lignes de 5 m. Le semis a eu lieu le 26 juin.
Cet essai a fait l'objet d'un suivi moindre. Chaque semaine le nombre total de plants et de tiges ont été comptés dans une placette repérée comportant 50 plants au moment du démariage, et la croissance en hauteur a été mesurée. A la récolte les pesées ont été faites sur 2 lignes centrales.

3 - Essai variétés x densités x date de semis sur la croissance de la panicule

Il manquait un suivi précis de la croissance de la panicule afin de déterminer la répartition des assimilats après la fécondation.
Un essai comportant les 3 variétés de l'étude, 3 niveaux de densité : 33000, 67000 et 133000 plants/ha (0.75 x 0.40, 0.20 ou 0.10 m) et 2 dates de semis : 11 juin et 11 juillet a été suivi. Le dispositif était un split-plot à 3 étages, date de semis/densité/variétés, et à 3 répétitions, soit 54 parcelles. Les parcelles élémentaires comportaient 7 lignes de 5 mètres. La croissance phénologique a été mesurée chaque semaine sur 10 plantes par parcelle pour les mesures non-destructives et 1 plante par parcelle pour les mesures destructives. A partir de l'initiation paniculaire, des mesures de masse sèche par organe ont été effectuées sur des échantillons de 5 plantes par parcelle. Les masses racinaires ont été estimées dans chaque parcelle à floraison et à maturité, par tri des racines dans des monolithes de 0.75x0.40x0.40 m. Il n'y a pas eu de récolte puisque les plantes avaient été prélevées à mesure.

4- Essai variétés x potassium x phosphore

L'effet de la fertilisation phosphorée, ténu en 2001, devait être confirmé par une deuxième année d'expérience. Le test d'une éventuelle réponse au potassium a été croisé avec cet essai, essentiellement pour connaître la situation à Samanko et vérifier que cette fertilisation n'avait pas été limitante.
Cinq traitements de fertilisation, décrits dans le tableau suivant, ont été appliqués.

Traitements		1	2	3	4	5
DAP	semis	0	100	100	100	100
(kg/ha)	21 JAL	0	0	0	100	100
KCL	semis	100	100	100	100	100
(kg/ha)	21 JAL	0	0	100	0	100

Le dispositif était un split-plot avec les traitements fertilisation en sous-blocs, à 3 répétitions et des parcelles élémentaires de 4 lignes de 5 m. L'essai a été semé le 11 juin. A la récolte les pesées ont été faites sur 2 lignes centrales.

Résultats et discussions

A Samanko, à l'inverse de la situation régionale, la saison des pluies 2002 a été bonne, avec un total des précipitations de 958 mm. Des précipitations précoces en Avril et Mai ont permis de préparer les terrains et deux pluies importantes en début juin ont permis de semer le 11 juin (Fig. 0-1 et tableau 0-1). Un des semis, l'essai A2, a cependant mal levé et a dû être ressemé le 26 juin. La deuxième quinzaine de juillet a été peu pluvieuse et deux pluies importantes, totalisant 95 mm, sont intervenues très tardivement, les 7 et 9 octobre. Elles ont provoqué la moisissure de tous les grains arrivant à la maturité à ce moment par suite d'une floraison trop précoce.
Le suivi de l'humidité du sol indique des valeurs faibles pour l'horizon 30 cm, probablement liées à une difficulté de calibrage. L'horizon 50 cm a accusé un dessèchement important après 1500 °C.j pour le semis de juin ou 1000 °C.j pour le semis de juillet, vers le 20 septembre, mais les pluies de début Octobre ont rempli cet horizon. Cependant la croissance des sorghos ne semble pas avoir été affecté : aucune courbe ne montre de dépression à cette période.
L'aspect général des essais de 2002 a été le meilleur observé jusque-là et les niveaux de rendement enregistrés ont corroboré cette impression.

1- Essai variétés x densités. Cinétique de la densité des plantes dans la parcelle

Cet essai n'a été semé que le 26 juin parce qu'il comportait 3 nouvelles variétés dont la quantité de semences disponible était limitée. On ne pouvait donc pas prendre le risque d'un semis plus précoce. Dans ces conditions, le nombre de feuilles produites a été inférieur à 30 pour toutes les variétés et les cinétiques d'apparition des feuilles ont été constantes (Fig. 1-1). L'augmentation de densité a nettement réduit à la fois le rythme d'apparition des feuilles et le nombre total de feuilles produites chez 4 des variétés (CSM 335, Sariaso 10, IRAT 174 et ICSH 89002). La réduction du rythme d'apparition des feuilles apparaît clairement après le début de la montaison, intervenue après 600-700 °C.j chez ces 4 variétés (Fig. 1-2). En revanche la densité n'a pas marqué la hauteur finale des plantes dans cette expérience. Le tallage n'a été important que pour la variété CSM 335 aux densités inférieures (33 000 et 67 000 pl/ha) et, de manière inattendue, chez IRAT 204 à la densité inférieure (Fig 1-3). Comparé au semis du 11 juin, de l'essai A3, ce tallage a été faible et a donc limité la densité de tiges présente au moment de la montaison. Il a été régulièrement observé que le tallage diminuait beaucoup entre les semis de début Juin et début Juillet, mais les expériences de 2001 et 2002 montrent que l'essentiel de cette réduction intervient entre le début et la fin du mois de Juin. Chez CSM 335 la production de talles s'est arrêtée au début de la montaison et une partie de ces talles est morte pendant la montaison. Le tallage a au contraire été tardif chez IRAT 204, puisqu'il s'est produit pendant la montaison. En ce qui concerne la densité de plantes, elle a été plus influencée par la variété que par la densité de culture (Fig. 1-4 et 1-5). Des plantes ont disparues chez toutes les variétés pendant la culture, entre le démariage et la récolte : environ 15 % pour CSM 335, 7 % pour Sariaso 10 et 12 % pour ICSH 89002, indépendamment de la densité. Chez IRAT 174, IRAT 204 et Argence les pertes ont été plus importantes aux densités plus élevées. L'estimation des pertes faite à la récolte est nettement plus importante, puisqu'elle est comprise entre 35 % pour Sariaso 10 et 60 % pour IRAT 204 à la plus haute densité (Fig. 1-5). Le suivi des placettes n'a probablement pas reçu toute l'attention nécessaire. Il a cependant permis de constater que la disparition des plants,

lorsqu'elle est importante intervient tardivement, à la fin de la montaison. Ce qui infirme l'hypothèse initiale d'une relation chronologique avec la disparition des talles.
L'effet de la densité sur cette perte de plants pour les 3 variétés habituellement utilisées n'a pas été confirmé au cours de cette expérience. Il est cependant vraisemblable que le faible tallage observé en soit la cause : la densité de tiges dans les parcelles était inférieure à celle des expériences de 2001. Par contre l'effet de la densité sur les variétés naines et pour deux d'entre-elles non-photopériodiques est surprenant. Il devra être confirmé.
Les résultats de rendement ont confirmé l'effet de la densité jusqu'à une valeur élevée pour la majorité des variétés, tant pour la production de biomasse totale que celle de grain (Fig. 1-6). Cela est particulièrement vrai pour les variétés CSM 335, Sariaso 10 et ICSH 89002. L'hybride ICSH 89002 a montré un potentiel de rendement en grain bien supérieur à celui des autres variétés essayées, produisant jusqu'à 6 t/ha. Cependant à l'exception de CSM 335, la production de grain de toutes les variétés a été victime de fortes attaques de punaises puis a entièrement moisi au cours de la maturation en raison des fortes pluies tombées en début Octobre. (Cette année, personne n'a voulu récolter les bordures laissées gracieusement à disposition des récoltants). Le calage de la floraison et sans doute aussi la qualité de grain de ces variétés ne sont pas adaptées aux conditions climatiques de la région.
En ce qui concerne l'indice de récolte, il a été systématiquement plus faible pour la densité inférieure (Fig. 1-7). La production de grain a en effet été plus réduite que celle de la biomasse par la diminution de la densité. Ce qui signifie que si les plantes ont pu compenser par une croissance individuelle plus importante, elles n'ont en revanche pas pu adapter beaucoup la taille des panicules. Le comptage des nombres de nœuds et de branches paniculaires confirme bien cette hypothèse (Fig. 1-9). Par ailleurs les variétés se sont classées en deux groupes très distincts pour l'indice de récolte. Celles à fort indice, supérieur à 0.4 (ICSH 89002, IRAT 204 et Argence) et celles à faible indice, proche de 0.2 (CSM 335, Sariaso 10 et IRAT 174). Cette classification recoupe celle de la sensibilité à la photopériode.
La récolte des talles a été mesurée séparément dans cet essai, afin de connaître leur poids final pour la biomasse et la production de grain. Pour les deux mesures, les tiges principales ont représenté 65 % de la production chez CSM 335 et IRAT 204, à la densité inférieure (Fig. 1-8). Cela signifie que l'indice de récolte des talles est identique à celui des tiges principales. Mais les talles ont eu des masses inférieures à celles des tiges principales et des panicules plus petites, avec un nombre de grain réduit et souvent un faible poids du grain (Tableau 1-1).

Le nombre de nœuds paniculaires a été peu sensible à la densité de culture, à l'exception de la variété CSM 335 (Fig. 1-9) . En revanche le nombre de branches paniculaires a légèrement diminué avec l'augmentation de la densité de culture, jusqu'à 133 000 pl/ha. Les panicules montrent donc une certaine plasticité de leur architecture, mais insuffisante pour compenser les faibles densités, comme déjà mentionné. L'architecture de la panicule de IRAT 174 est très différente de celle des autres variétés : elle a une dizaine de branches par nœud paniculaire contre une moyenne de 5 pour toutes les autres variétés.

Les longueurs d'entre-nœuds ont été mesurées chez les 6 variétés et ont été indépendantes de la densité (Fig. 1-10). Le décalage du numéro du premier entre-nœud touché par l'élongation à faible densité est peut-être un artefact dû à un mauvais repérage des numéros d'entre-nœud. Cependant au début de la montaison, il y avait effectivement plus de feuilles apparues chez CMS 335 et Sariaso 10 à faible densité (Fig. 1-1 et 1-2). Ce point sera à vérifier. La longueur maximale est atteinte par l'entre-nœud de rang 16 ou 17 et reste plus ou moins stable pour les entre-nœuds de rang supérieur.
Enfin les longueurs et largeurs des feuilles ont été mesurées (Fig. 1-11). La surface a été calculée à l'aide de la formule, trouvée identique aux différentes variétés en 2001 :

S = L x l x 0.7234. Comme observé en 2001, les fortes densités ont pour double effet de réduire le nombre de feuilles produites mais aussi la superficie de toutes celles qui sont émises après la 15ème, c'est à dire après le début de la montaison.

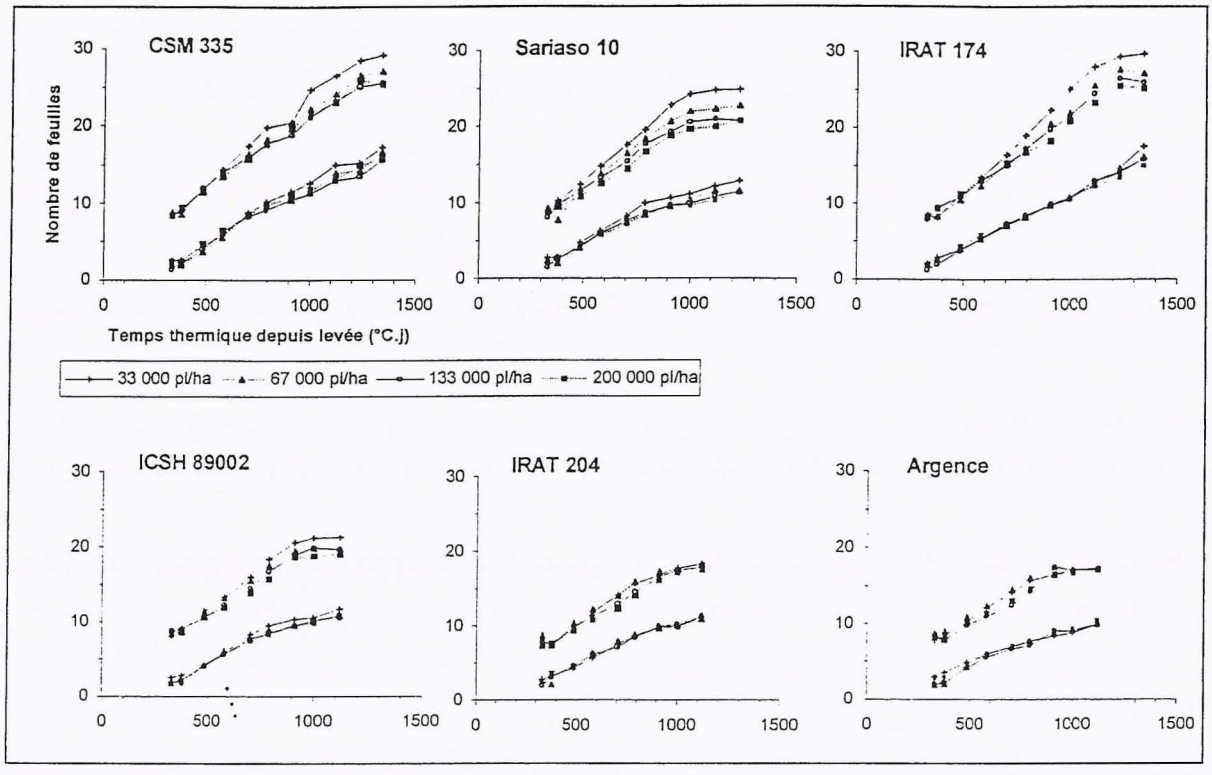

Fig. 1-1 : Cinétiques du développement des 3 variétés en fonction de la date de semis et de la densité. Les courbes supérieures représentent l'aparition des feuilles dans le cornet, les courbes inférieures leur senescence.

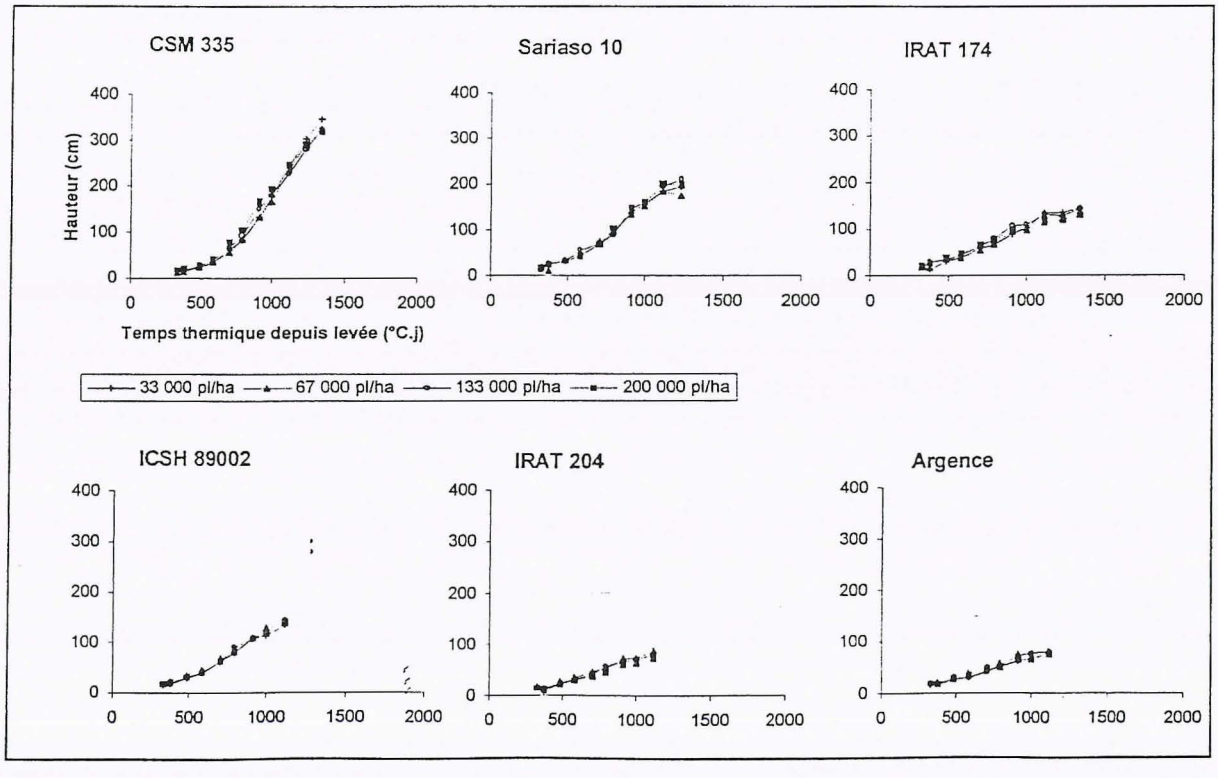

Fig. 1-2 : Croissance en hauteur des plantes des 6 variétés en fonction de la densité

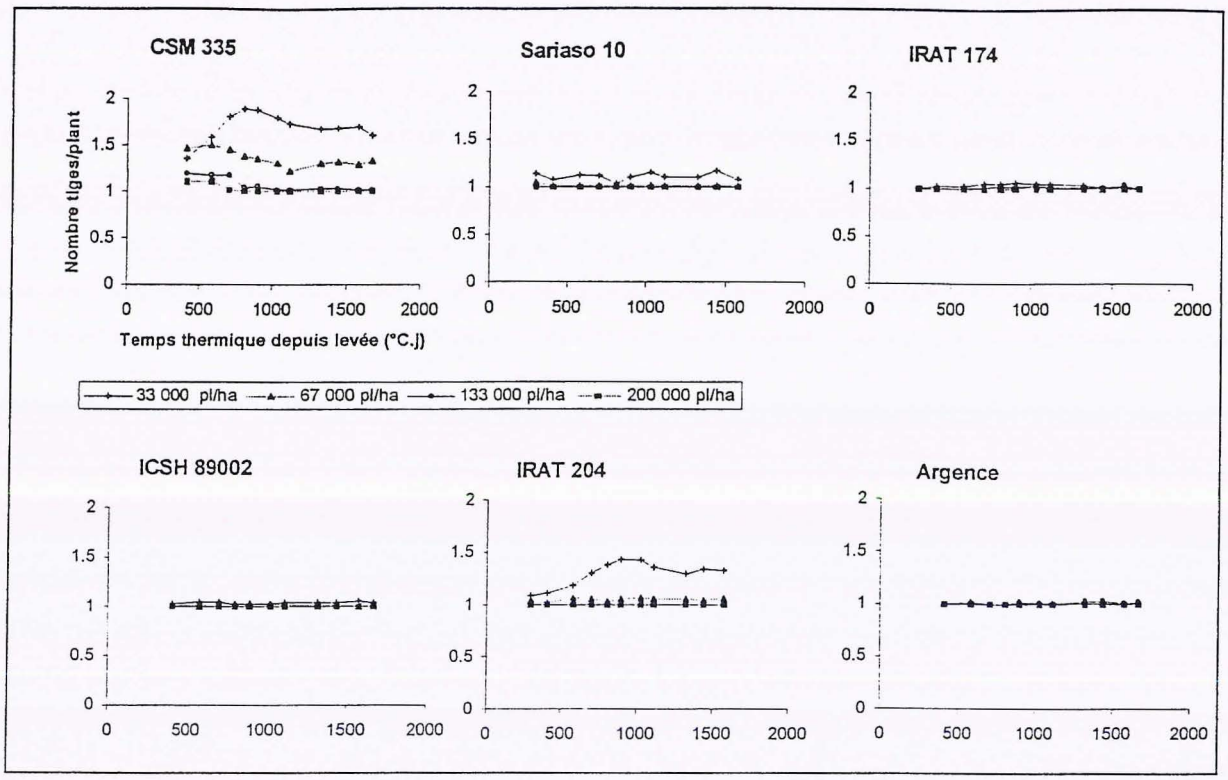

Fig. 1-3 : Evolution du tallage des 6 variétés en fonction de la densité de culture.

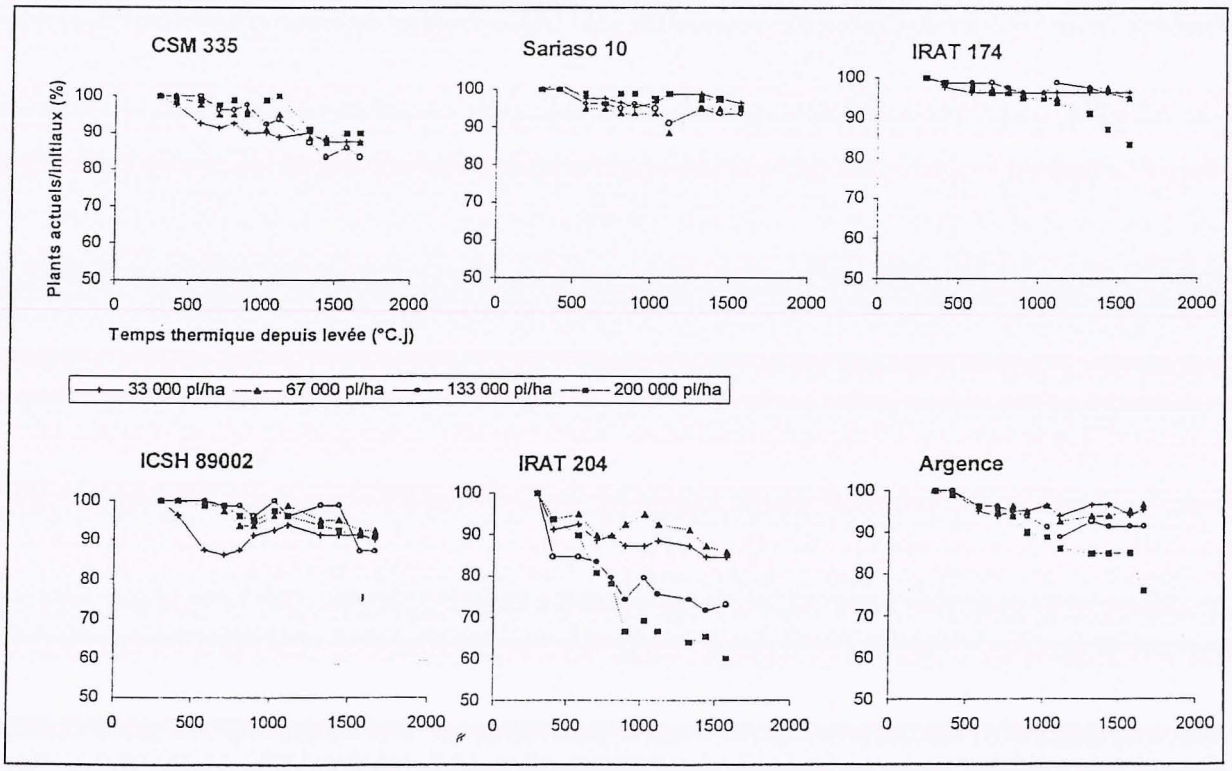

Fig. 1-4 : Evolution de la densité de culture, en nombre de plants présents, par rapport à la densité installée au moment du démariage.

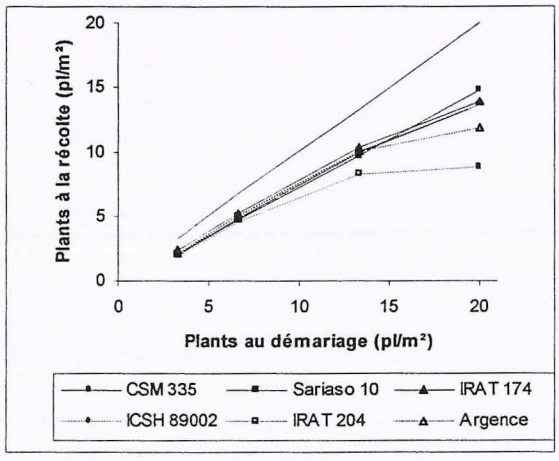

Fig. 1-5 : Densité de plantes mesurée au moment de la récolte en fonction de la densité de plants au moment du démariage. La droite sans marque représente 1:1.

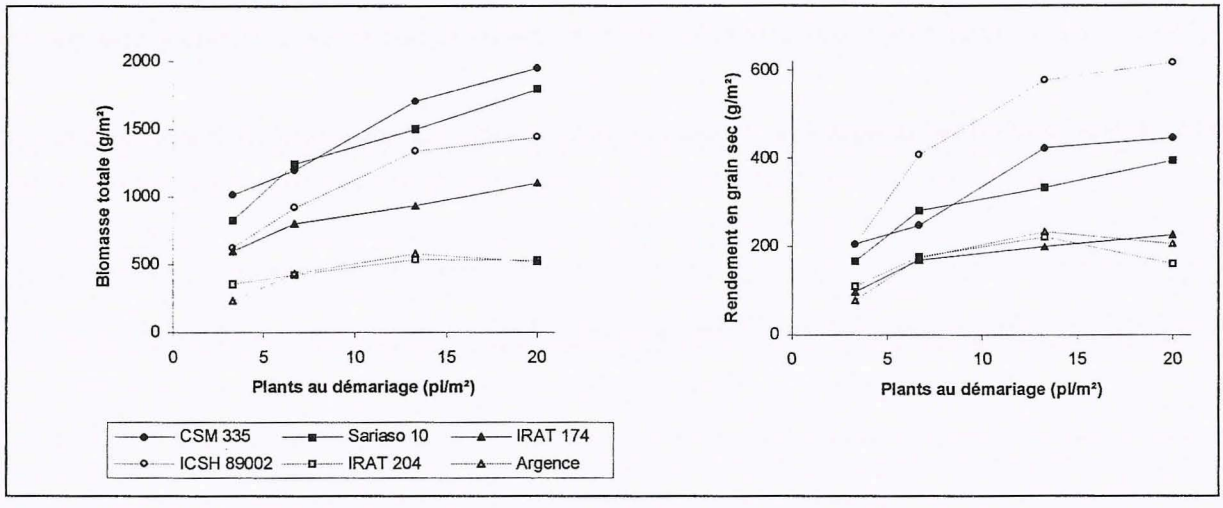

Fig. 1-6 : Evolution de la production totale de biomasse et du rendement en grain pour les 6 variétés, en fonction de la densité au démariage.

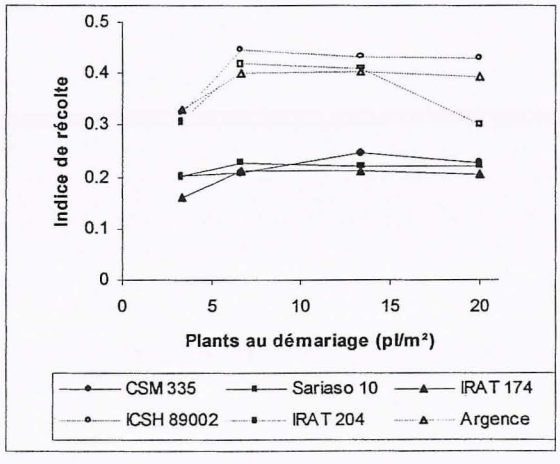

Fig. 1-7 : Evolution de l'indice de récolte pour les 6 variétés en fonction de la densité de plants au démariage.

Tableau 1-1 : Date des évènements et composantes du rendement pour les 6 variétés en fonction de la densité.

Variété	Densité (pl/ha)	Date des évènements				Grains/panicule		Poids de grain (mg)	
		Feuille-drapeau	Floraison	Maturité	panicule/plante	Tige principale	Talles	Tige principale	Talles
CSM 335	33 000	17-Sep	30-Sep	3-Nov	1.7	3319	1600	20.4	19.6
	67 000	16-Sep	27-Sep	31-Oct	1.3	2517	728	19.8	6.0
	133 000	16-Sep	27-Sep	21-Oct	1.0	2107		20.2	
	200 000	15-Sep	28-Sep	29-Oct	1.0	1643		19.5	
Sariaso 10	33 000	2-Sep	15-Sep	11-Oct	1.1	4451		17.4	
	67 000	3-Sep	16-Sep	14-Oct	1.0	3102		18.0	
	133 000	2-Sep	13-Sep	10-Oct	1.0	1857		18.6	
	200 000	31-Aug	12-Sep	10-Oct	1.0	1349		19.8	
IRAT 174	33 000	12-Sep	25-Sep	21-Oct	1.0	2685		14.8	
	67 000	12-Sep	23-Sep	20-Oct	1.0	1954		16.5	
	133 000	12-Sep	23-Sep	19-Oct	0.9	1284		15.1	
	200 000	12-Sep	23-Sep	19-Oct	0.9	1061		16.0	
ICSH 89002	33 000	25-Aug	7-Sep	9-Oct	1.0	4439		20.6	
	67 000	25-Aug	6-Sep	8-Oct	1.0	3804		20.8	
	133 000	24-Aug	7-Sep	8-Oct	1.0	2816		20.5	
	200 000	24-Aug	7-Sep	7-Oct	1.0	2115		21.4	
IRAT 204	33 000	23-Aug	5-Sep	5-Oct	1.5	2075	1453	18.5	6.7
	67 000	21-Aug	2-Sep	3-Oct	1.0	1939		19.6	
	133 000	23-Aug	5-Sep	6-Oct	1.0	1596		17.1	
	200 000	23-Aug	27-Aug	6-Oct	1.0	987		18.6	
Argence	33 000	19-Aug	31-Aug	3-Oct	1.0	1804		18.3	
	67 000	18-Aug	28-Aug	28-Sep	1.0	1886		19.0	
	133 000	19-Aug	30-Aug	1-Oct	1.0	1346		17.2	
	200 000	21-Aug	3-Sep	3-Oct	1.0	936		17.2	

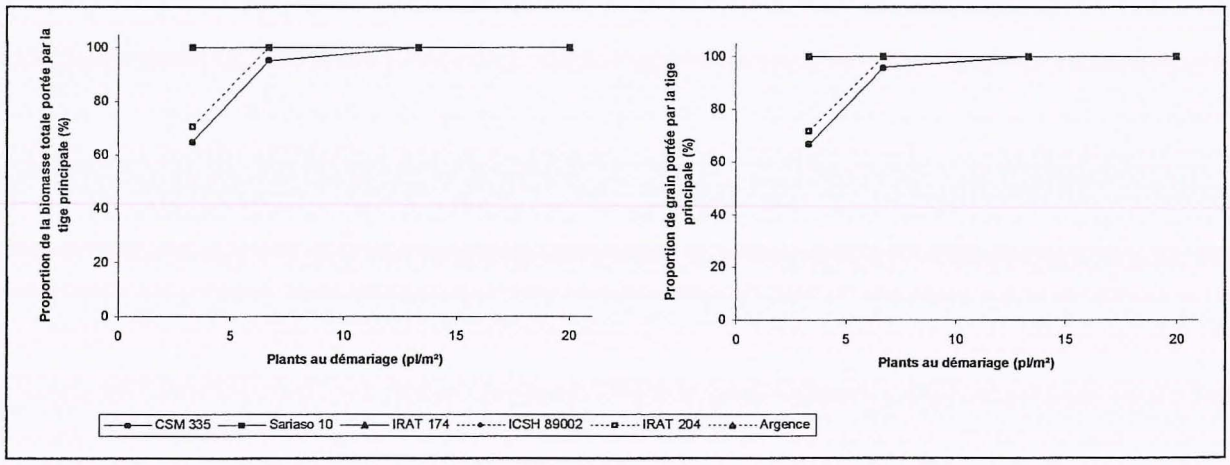

Fig. 1-8 : Evolution de la part de la biomasse, totale ou de grains, portée par la tige principale pour les 6 variétés en fonction de la densité de plants au démariage.

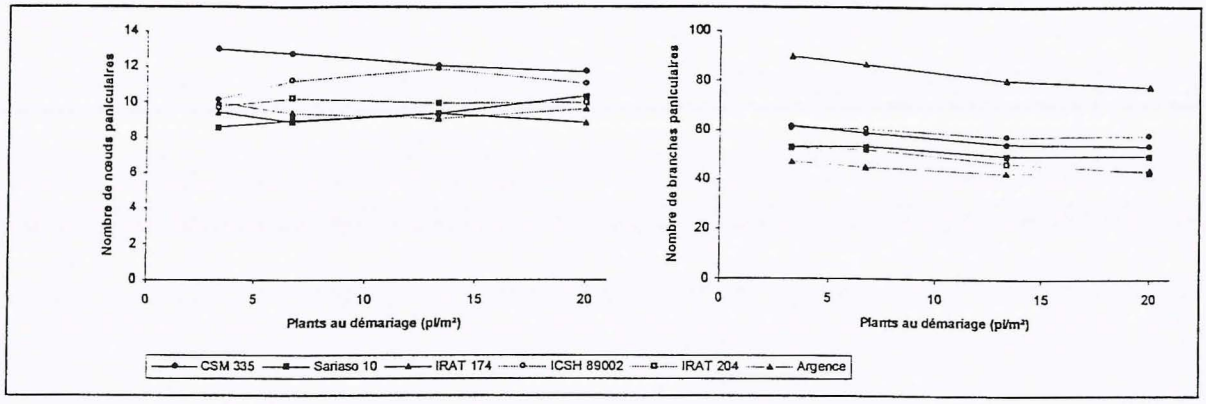

Fig. 1-9 : Evolution de l'architecture de la panicule, nombre de nœuds et nombre de branches, pour les 6 variétés en fonction de la densité de plants au démariage.

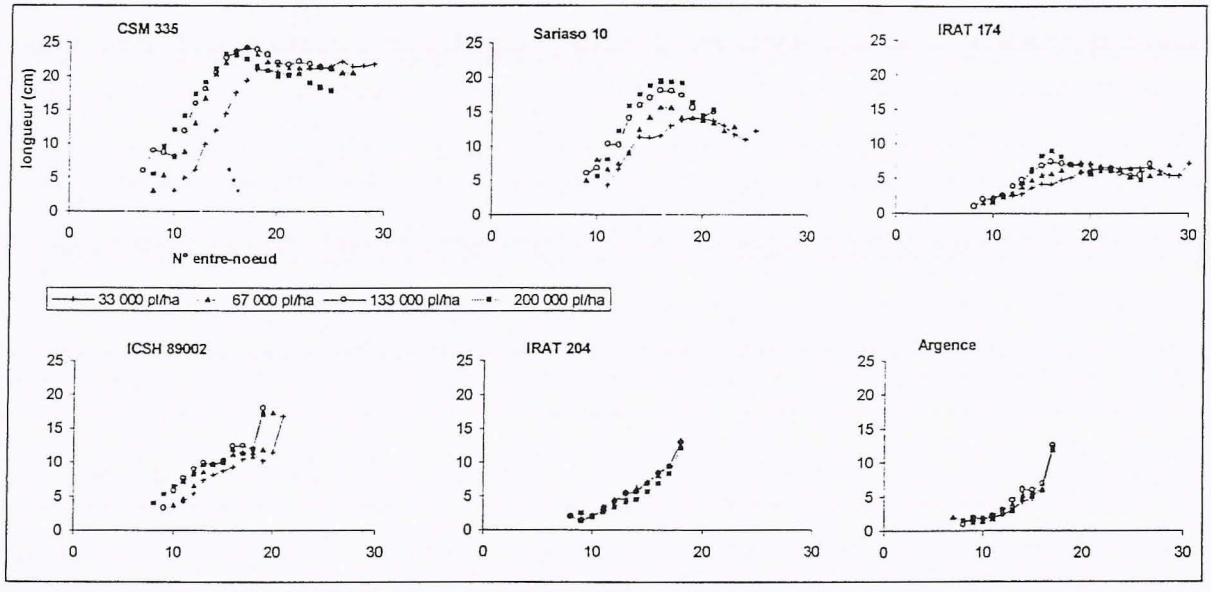

Fig. 1-10 : Longueur moyenne des entre-nœuds allongés pour les 6 variétés en fonction de la densité.

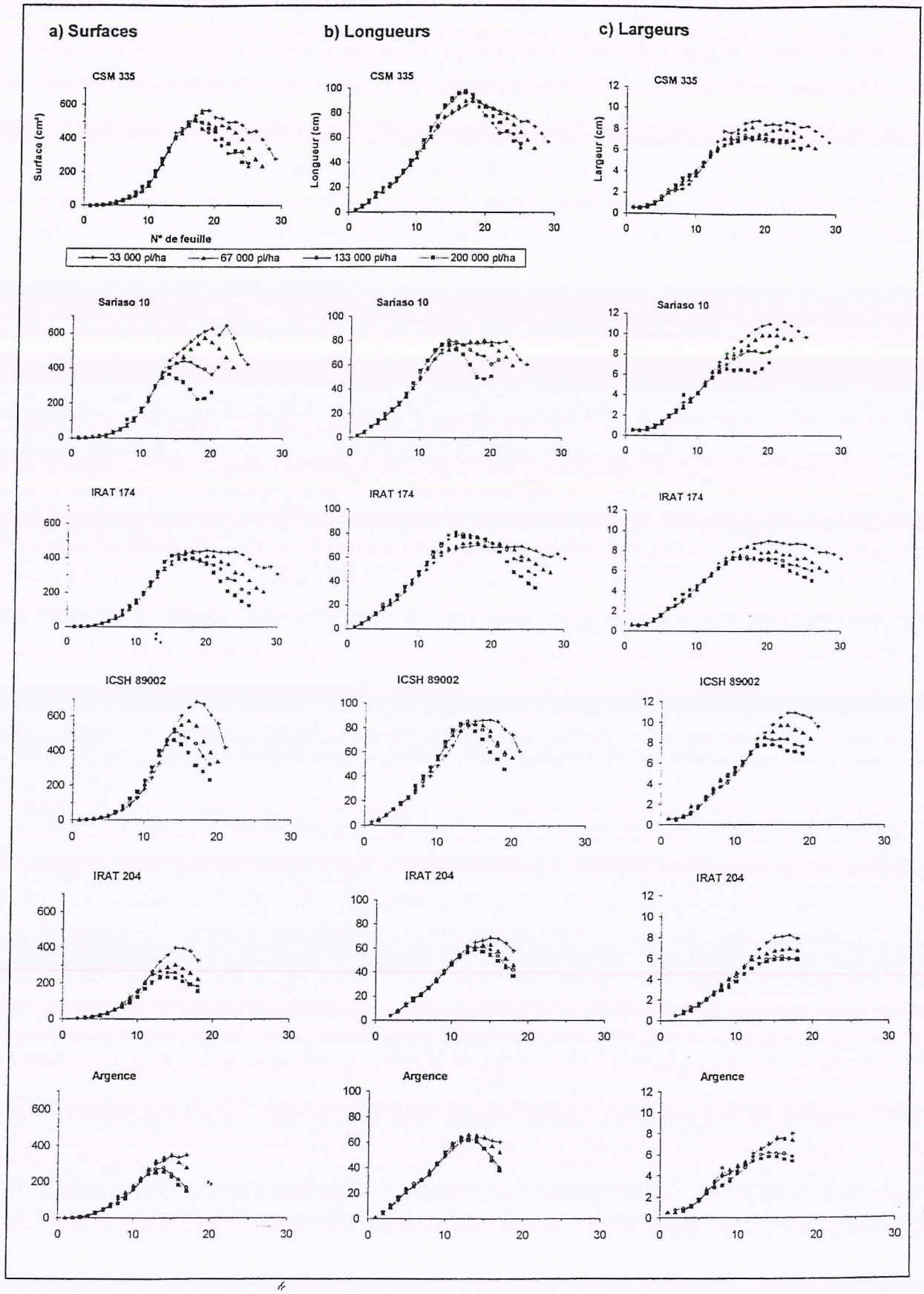

Fig. 1-11 : Surfaces calculées et moyennes des longueurs et largeurs mesurées des feuilles des tiges principales pour les 6 variétés en fonction de la densité au démariage.

2- Essai des effets de densité et de désherbage

Cet essai semé le 11 Juin a dû être arraché et ressemer le 26 Juin en raison de la mauvaise levée de plusieurs parcelles. Les pratiques culturales ont eu un fort effet sur la vitesse de montaison et la hauteur finale des plantes, comprise entre 330 et 435 cm (Fig. 2-1-a). Dans cette expérience ce sont les traitement les moins denses qui ont atteint la hauteur maximale et les plus denses qui sont restés plus courts. L'effet d'étiolement habituellement décrit n'a donc pas joué, par contre la densité a dû provoquer une réduction du nombre de feuilles et par conséquent d'entre-nœuds, comme observé dans l'essai 1.

Seul le traitement démarié à 1 plante par poquet a produit des talles, mais en nombre réduit en raison du semis tardif (Fig. 2-1-b). Elle confirme une hypothèse émise en 2001, en relation avec les observations de E. Weltzien sur le terrain : dans les champs paysans cultivés à très haute densité par poquet au moins en début de culture, il n'y a pas de talle, malgré la capacité de la variété à en produire. Chaque tige observée est une tige principale. La production de talle s'est arrêtée dès le début de la montaison et une partie d'entre eux est morte pendant la première phase de la montaison. La densité de plants a diminué légèrement au cours de la culture pour les quatre traitements ayant 1 ou 3 plants par poquet, soit des densités de 67 000 ou 200 000 pl/ha (Fig. 2-1-c). Entre 5 et 15 % des plantes ont disparues. Par contre de nombreuses plantes sont mortes, essentiellement pendant la fin de la montaison, dans les parcelles qui n'avaient pas été démariées et portaient donc une densité de l'ordre de 10 pl/poquet ou 670 000 pl/ha. 60 à 70 % des plantes ont disparues dans ces parcelles dont la densité finale s'établit donc autour de 200 000 pl/ha.

Cet essai confirme donc bien l'observation de l'essai 1 : la disparition des talles en nombre excessif se produit pendant le début de la montaison, tandis que la disparition des plantes lorsque la densité est trop forte se produit plus tard, pendant la fin de la montaison. La conséquence de cette régulation tardive est la perte d'une biomasse importante au cours de la montaison et le maintien final d'une culture composée de plants à tiges très fines ayant beaucoup souffert de la concurrence des autres plantes. Le démariage, depuis longtemps proposé aux agriculteurs, est donc de nouveau justifié par cette expérience, qui indique dans le même temps que la densité de tiges à rechercher est élevée : 200 000 tiges/ha.

Les rendements mesurés montrent que le démariage tardif ou l'absence de démariage ont été préjudiciables à la production de biomasse totale comme de grain (Fig. 2-2). Et ils confirment la tendance déjà observées dans l'essai 1 : la densité de 200 000 pl/ha assure de meilleures productions de biomasse et de grain que la densité de 67 000 pl/ha, en conditions non limitantes pour l'alimentation en eau et en éléments minéraux.

L'indice de récolte de CSM 335 est faible, de l'ordre de 0.2, et stable (Fig. 2-3). Lorsqu'il y avait des talles leur participation au rendement en biomasse et en grain a été identique, confirmant qu'ils ont le même indice de récolte que les tiges principales.

L'architecture de la panicule répond légèrement aux conditions de culture par une diminution du nombre de nœuds, compris ici entre 14.3 à 12.2, et du nombre de branches par nœud, compris entre 4.5 et 5 (Fig. 2-4).

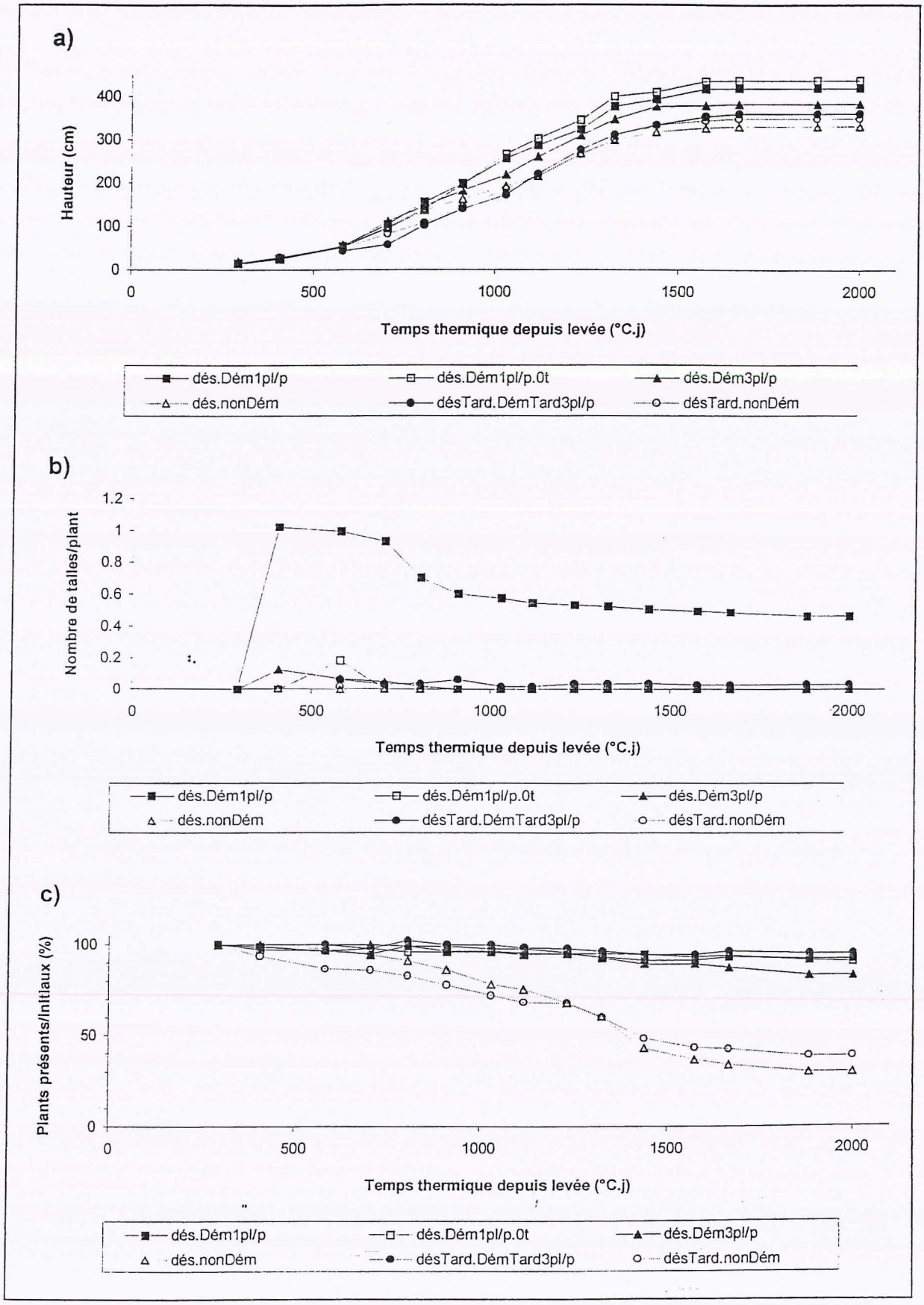

Fig. 2-1 : Croissance en hauteur **(a)** et évolutions du tallage et de la densité de plants au cours de la culture pour CSM 335 en fonction des 6 traitements de conduite du désherbage et du démariage.

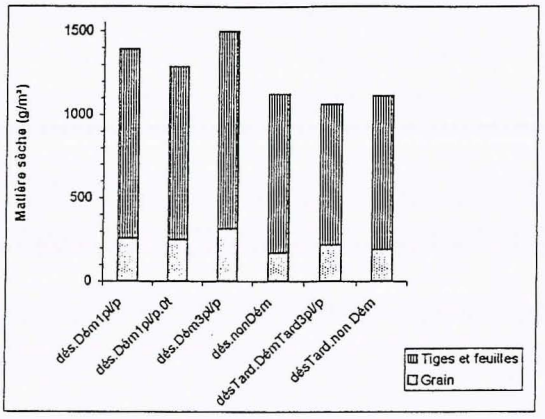

Fig. 2-2 : Rendements en grain et en biomasse totale de CSM 335 en fonction des 6 traitements.

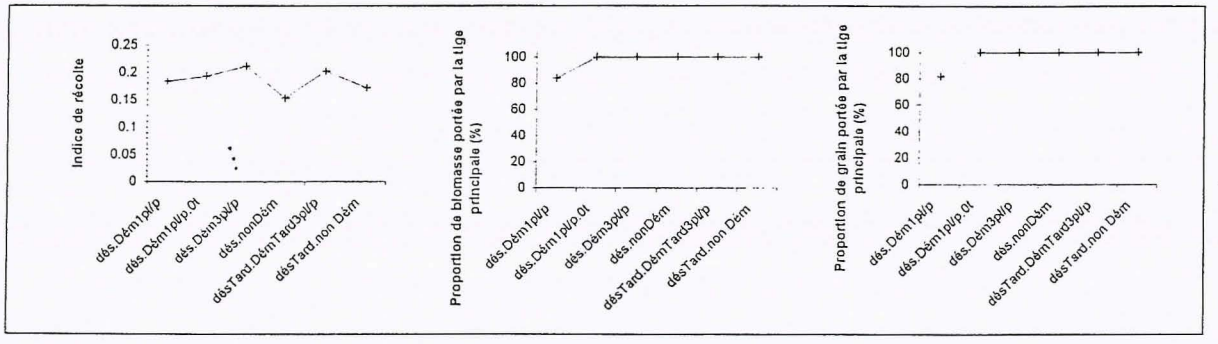

Fig. 2-3 : Indice de récolte et parts de la biomasse, totale ou de grain, portée par la tige principale chez CSM 335 en fonction des 6 traitements.

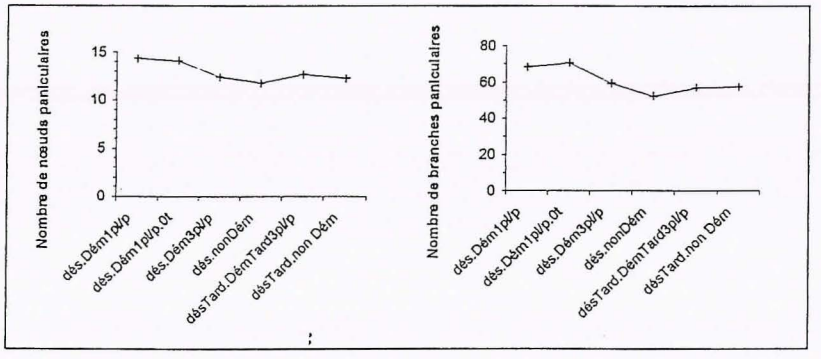

Fig. 2-4 : Evolution de l'architecture de la panicule, nombre de nœuds et de branches, chez CSM 335 en fonction des 6 traitements.

3 - Essai variétés x densités x date de semis sur la croissance de la panicule

Ainsi que les autres, cet essai a eu une bonne croissance ainsi que le montrent les résultats de croissance en masse : la production de biomasse aérienne totale a atteint 20 t/ha de matière sèche et 6 t/ha de grains pour les meilleurs traitements semés en juin.
Les différences de développement et de croissance ont été très importantes et claires entre les deux dates de semis, pour les 3 variétés. Dans la région de Bamako la date de semis normale sous les conditions pluviométriques actuelles est voisine de la deuxième date de semis, le 11 juillet.
En Juin CSM 335 et IRAT 174 ont produit une trentaine de feuilles et Sariaso 10 environ 25, contre 25 et 23 en Juillet (Fig 3-1). Les cinétiques d'initiation foliaire ont été bi-linéaire en Juin, avec rupture du rythme initial un peu avant l'initiation de la 25ème feuille, mais seule la cinétique d'apparition des feuilles de CSM 335 a aussi été bi-linéaire. Pour les 2 autres variétés le rythme d'apparition des feuilles a été quasi-constant. En Juillet, toutes les cinétiques ont été linéaires. L'effet de la densité sur le développement a été très significatif chez les 3 variétés, particulièrement pour le semis du mois de Juin : l'accroissement de la densité a provoqué un ralentissement des rythmes d'initiation des feuilles, tandis que la date de l'initiation paniculaire (IP) ne changeait pas. En conséquence les plantes cultivées à haute densité ont produit 3 à 5 feuilles de moins, suivant les variétés. Chez Sariaso 10 et IRAT 174 cette réaction à la densité a été plus marquée que chez CSM 335. Les rythmes d'apparition des feuilles ont aussi été affectés par la densité, soit directement soit en conséquence de la modification des rythmes d'initiation.
Le tallage a été important chez CSM 335 et Sariaso 10 en Juin, négligeable en Juillet en dehors de CSM 335 cultivé à faible densité (Fig. 3-2). Pour le semis de Juin, il y avait à maturité 2 tiges par plante chez CSM 335 aux densités faibles et moyennes, et 1.5 chez Sariaso 10 à la densité faible. La densité a joué à la fois sur l'émission du nombre de talles et sur leur élimination au cours de la montaison.
La montaison, c'est à dire le début de la croissance de la tige par élongation des entre-nœuds, a commencé avant l'initiation paniculaire pour l'ensemble des traitements (Fig. 3-3). Elle s'est poursuivie après l'apparition de la feuille-drapeau (FD), le temps de l'allongement des derniers entre-nœuds.
La phase d'allongement de la panicule est courte et s'est produite au moment de l'apparition de la feuille-drapeau (Fig. 3-4). Elle a duré 150 à 200 °C.j ou 10 à 14 jours. L'accroissement de la densité a provoqué un raccourcissement de la longueur des panicules à mettre en relation avec la réduction du nombre de nœuds constitutifs déjà remarquée en 2001 et dans l'essai A1 pour la variété CSM 335 (Fig. 1-8).
Les croissances en masse ont été en général suivies à partir de la fin de la montaison (Fig. 3-5). Le suivi de la densité réelle n'a pas été effectué dans cet essai. Compte-tenu des résultats de l'essai 1, qui ne montrait pas de différence entre les variétés mais une disparition de plantes de l'ordre de 15 % au cours de la montaison (Fig. 1-4 et 1-5), toutes les données de masse ont été modérée de 15 % . Les données montrent quelques irrégularités essentiellement crées par des variations de la masse de tige mesurée. Soit cette valeur est effectivement très variable entre échantillons, soit il s'agit d'un artefact, dû à un manque de séchage de certains échantillons de tige. Les mesures de masses sèches de feuilles et de panicules sont en revanche régulières au cours du temps. Les graphes montrent clairement que la croissance en masse des panicules n'a commencé que quelques temps après l'apparition de la feuille drapeau quand les tiges ont atteint leur masse maximale, donc après l'élongation du dernier entre-nœud. Quand cette croissance massique de la panicule a commencé, elle a utilisé toute la biomasse produite par la photosynthèse alliée probablement à une réallocation de la biomasse des tiges chez Sariaso 10 et IRAT 174. Cette réallocation n'a pas eu lieu chez CSM

335, dont la biomasse des tiges est restée stable au cours du remplissage des grains. En revanche la croissance des racines s'est poursuivie chez CSM 335 entre la floraison et la maturité, à l'inverse des 2 autres variétés. La masse des racines adventives est incluse dans cette observation et il est d'observation courante qu'elles continuent effectivement de se développer jusqu'à la maturité pour assurer un ancrage suffisant aux tiges hautes de 4 mètres. Le guinea CSM 335 a ainsi développé 5 à 7 tonnes de masse racinaire au cours de la culture, contre environ 3 tonnes pour les autres variétés. Cela signifie qu'environ 25 % de la biomasse totale (aérienne et racinaire) produite par CSM 335 restera nécessairement dans le champ après culture, contre 15 % avec les deux autres variétés.

La croissance massique de la panicule a commencé un peu après l'apparition de la feuille-drapeau et a été linéaire après un temps d'accélération (Fig. 3-6). La densité n'a pas eu d'effet sur la pente de croissance pour CSM 335 et Sariaso 10 lors du semis du mois de Juin : grâce au tallage le potentiel de grain par m² était atteint à toutes les densités. Il en a été différemment en Juillet, où le tallage n'a pas eu lieu et où le développement des plantes a été moindre par suite de la réduction de la durée de la phase végétative. La vitesse de croissance des panicules a été très différente entre les variétés et les dates de semis. Pour le semis de Juillet à haute densité elle a été voisine chez les 3 variétés, de l'ordre de 0.9 $g.m^{-2}.(°C.j)^{-1}$. Elle a par contre été nettement plus forte chez Sariaso 10 pour le semis de Juin (1.6 $g.m^{-2}.(°C.j)^{-1}$) et nettement plus faible chez CSM 335 et IRAT 174 (0.7 et 0.8 $g.m^{-2}.(°C.j)^{-1}$).

La conséquence a été que les masses de panicules produites à haute densité ont été proches entre les 2 semis pour CSM 335 et IRAT 174, mais nettement supérieures lors du semis de Juin pour Sariaso 10. Ce résultat n'est pas conforme à l'idée courante liant la longueur du cycle et la production. Elle est probablement une conséquence importante de la forte réaction photopériodique des variétés CSM 335 et IRAT 174, qui joue à la fois sur la taille de la panicule (puit) et sur la production de biomasse (source).

Tableau 3-1 : Estimations des durées de développement et du plastochrone paniculaires

Semis	Variété	durée IP-FD (°C.j)	durée IP-allongement panicule (°C.j)	Nombre de nœuds paniculaires	plastochrone paniculaire ($°C.j.nœud^{-1}$)	plastochrone foliaire à IP ($°C.d.feuille^{-1}$)
Juin	CSM 335	400	300	12.6	23.8	62.5
	Sariaso 10	300	200	8.7	23	53.2
	IRAT 174	300	200	9.8	20.4	64.1
Juillet	CSM 335	260	185	11.7	16	30.4
	Sariaso 10	225	150	8.9	16.9	27.3
	IRAT 174	250	176	9.8	18	27.7

En effet, pour CSM 335, la durée de la phase IP-FD, pendant laquelle se développe la panicule est passée de 400 à 260 °C.j entre les semis de Juin et de Juillet, sans modification apparente du potentiel de rendement, donc du nombre de grains par m². Ceci peut s'expliquer simplement par la différence de cinétique des rythmes de développement. A l'instar de la situation observée sur le riz et le blé, on a constaté que l'allongement de la panicule avait commencé un peu avant FD, environ 100 °C.j pour le semis de Juin (Fig. 3-6). Cela correspond environ à 2 phyllochrones, moment de l'arrêt du développement de la panicule chez le riz. En supposant que ces 2 évènements fin du développement et début de la croissance interviennent simultanément, on peut déduire la durée de développement de la

panicule, IP-allongement (Tableau 3-1). L'estimation pour le mois de Juillet a été faite en estimant une réduction proportionnelle des différentes durées. On peut alors estimer le plastochrone paniculaire et constater 1) qu'il a pris des valeurs voisines de la moitié de celles du plastochrone foliaire pour CSM 335 et Sariaso 10, en accord avec les observations réalisées sur blé ou sur riz et 2) qu'il a été plus long en Juin qu'en Juillet, pour CSM 335 et Sariaso 10, en relation avec la valeur du plastochron foliaire au moment de IP. Le développement de la panicule de IRAT 174 pourrait être indépendant du plastochrone foliaire. Ces estimations montrent que la taille de la panicule a peu varié entre les 2 semis en dépit d'une variation importante de la durée de son développement parce que le plastochrone a varié dans le même temps. Le puit « panicule » reste donc assez constant d'une date de semis à l'autre.

Pour la même raison, le feuillage de CSM 335 est en moyenne beaucoup plus âgé que celui de Sariaso 10 au moment où s'est produit le remplissage, lors du semis du mois de Juin. En effet le rythme d'apparition des feuilles de Sariaso 10 n'a pas varié depuis l'émergence, tandis que celui de CSM 335 a été très ralenti après l'apparition de la 15ème feuille et le rythme de sénescence a aussi suivi la même évolution. Les feuilles âgées ont une moindre efficacité de la photosynthèse. Il faut enfin noter qu'en raison de la différence de timing, le remplissage du grain prend le relais d'une phase de forte croissance de la masse de tige chez Sariaso 10 et IRAT 174. Ce qui n'est pas le cas chez CSM 335 chez qui la croissance est beaucoup plus étalée dans le temps. La source « feuilles » est donc vieillissante au moment du remplissage du grain chez les variétés très photopériodiques lorsqu'elles ont été semées tôt. Ce mécanisme peut expliquer les différences de croissance de panicule observées pour CSM 335 et IRAT 174. Elle n'explique pas la croissance rapide de Sariaso 10 en juin.

Enfin au cours de cet essai les masses produites par les tiges principales ont été pesées séparément de celles des talles. Cela permet de connaître la part respective de ces deux types de tige dans l'élaboration de la biomasse totale (Fig. 3-7) et de la biomasse paniculaire (Fig. 7-8). Comme dans l'essai A1, on constate une totale adéquation entre les deux types de courbes, confirmant que talles et tiges principales ont exactement le même indice de récolte, pour les 3 variétés. A faible densité la participation des talles à l'élaboration du rendement a été de l'ordre de 40 % chez CSM 335 et Sariaso 10, dans cet essai semé tôt dans des conditions favorables au tallage. Cet part diminue avec l'augmentation de la densité ou le délai de semis, tout deux défavorables au tallage.

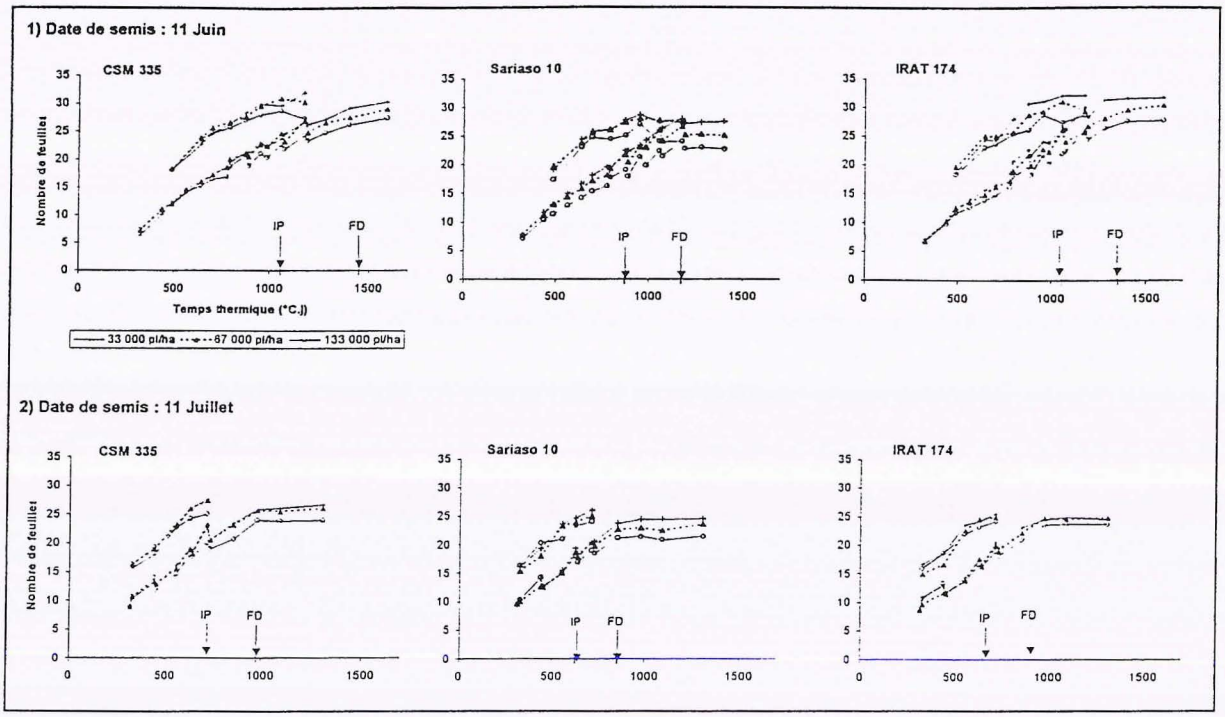

Fig. 3-1 : Cinétiques du développement des 3 variétés en fonction de la date de semis et de la densité. Les courbes supérieures représentent l'initiation des feuilles, les courbes inférieures leur apparition dans le cornet. Les dates d'initiation paniculaire (IP) et de sortie de la feuille-drapeau (FD) sont indiquées par des flèches.

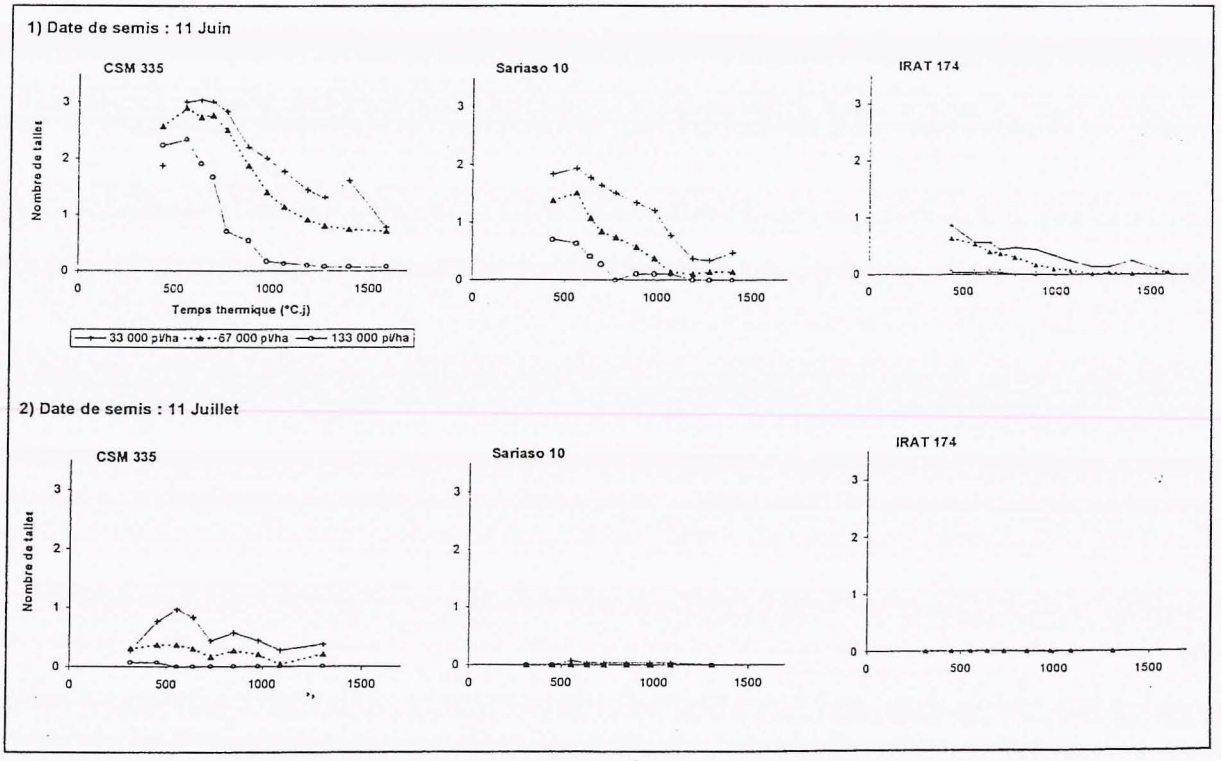

Fig. 3-2 : Evolution du tallage des 3 variétés en fonction de la date de semis et de la densité de culture.

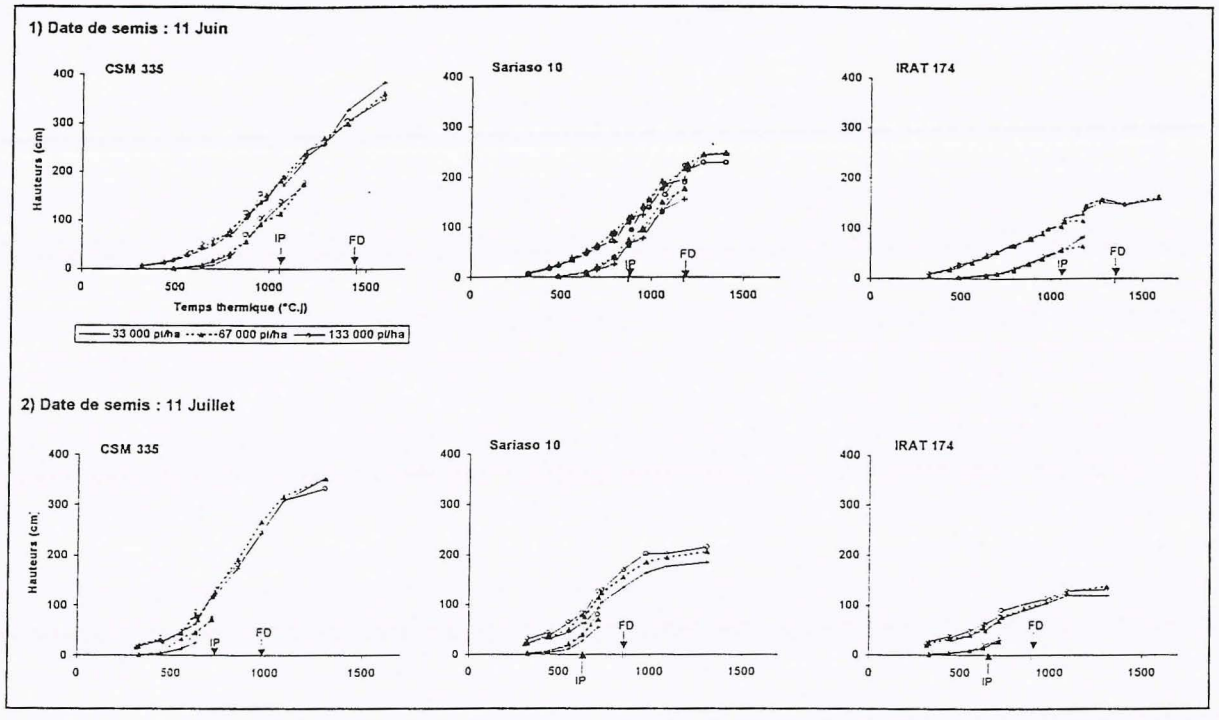

Fig. 3-3 : Croissance en hauteur des plantes et de leur tige en fonction de la date de semis et de la densité. Les dates d'initiation paniculaire (IP) et de sortie de la feuille-drapeau (FD) sont indiquées par des flèches.

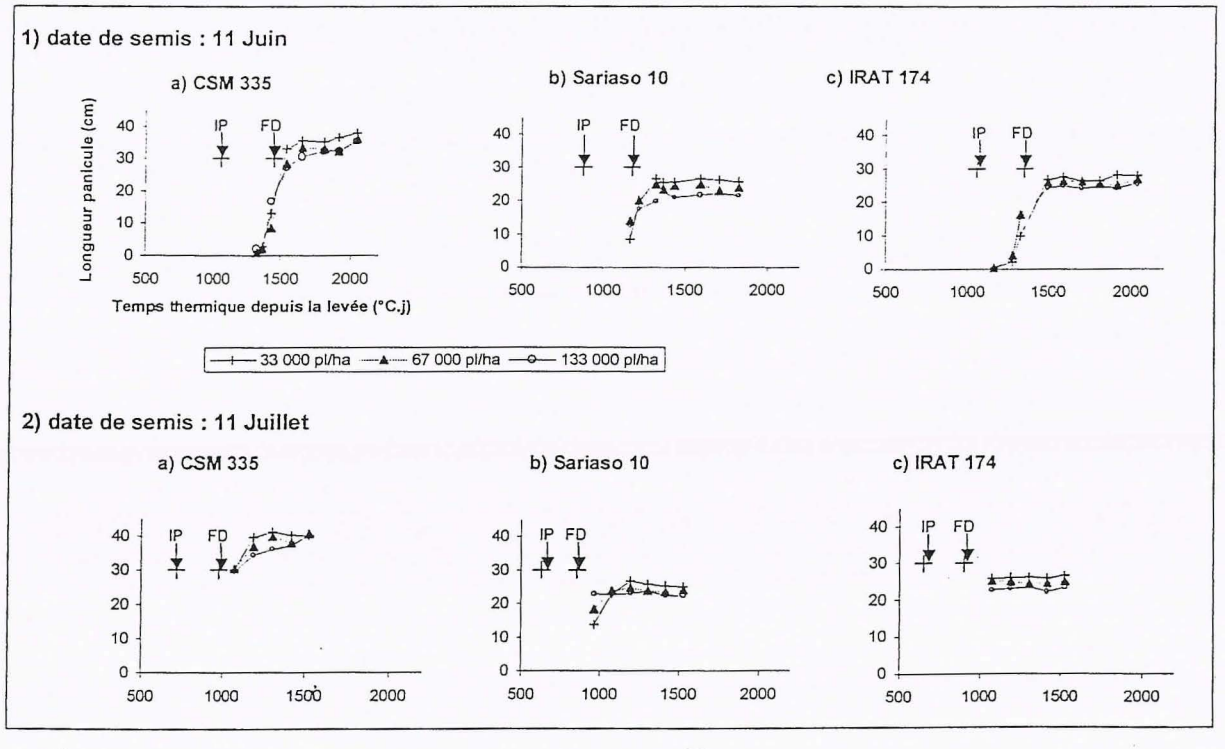

Fig. 3-4 : Croissance en longueur de la panicule des 3 variétés en fonction de la date de semis et de la densité. Les dates d'initiation paniculaire (IP) et de sortie de la feuille-drapeau (FD) sont indiquées par des flèches.

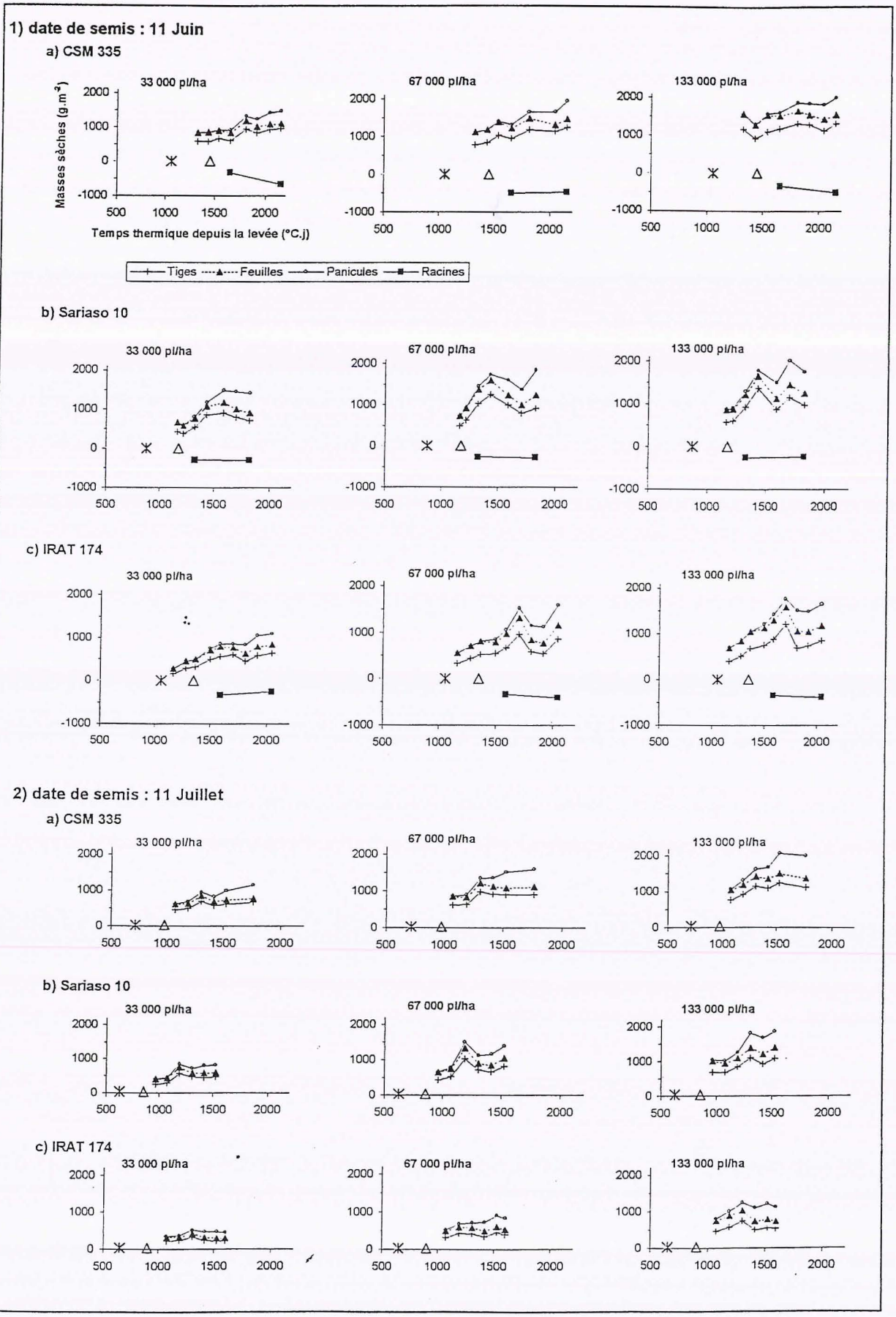

Fig. 3-5 : Croissance massique cumulée pour les 3 variétés en fonction de la date de semis et de la densité. Les dates d'IP (*) et de FD (Δ) sont repérées sur les graphiques.

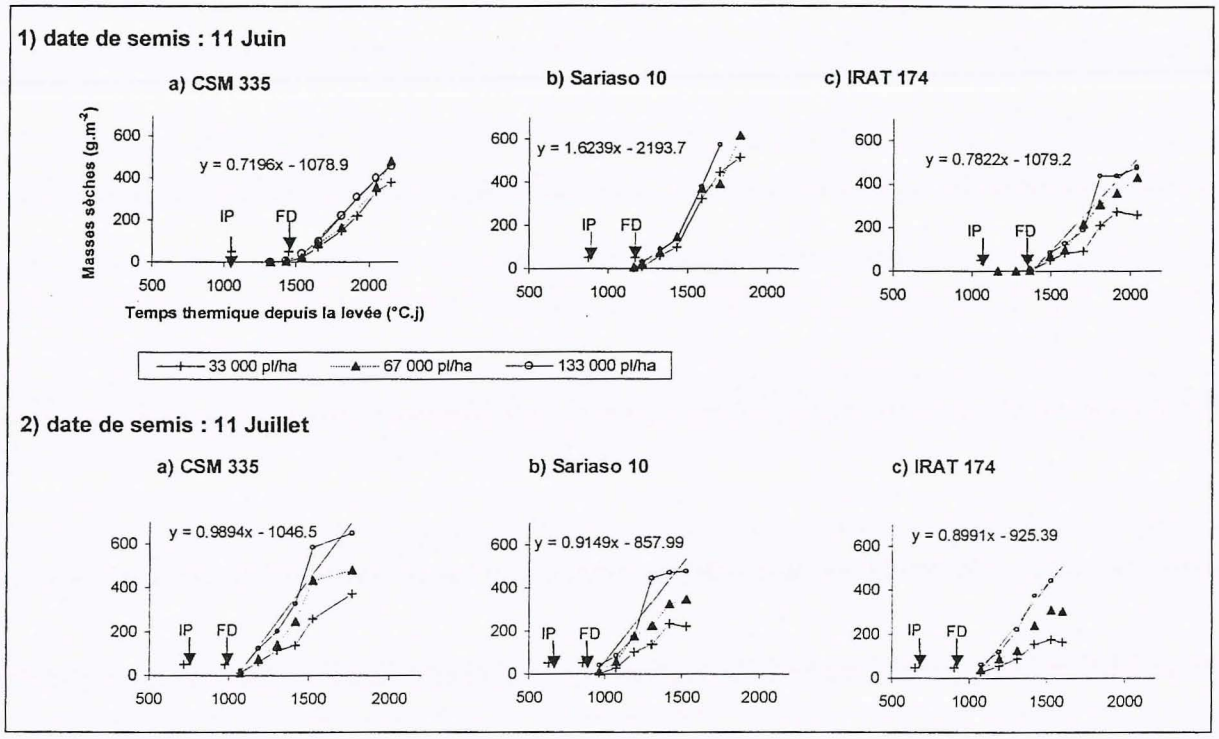

Fig. 3-6 : Croissance en masse des panicules des 3 variétés en fonction de la date de semis et de la densité. Les dates d'initiation paniculaire (IP) et de sortie de la feuille-drapeau (FD) sont indiquées par des flèches.

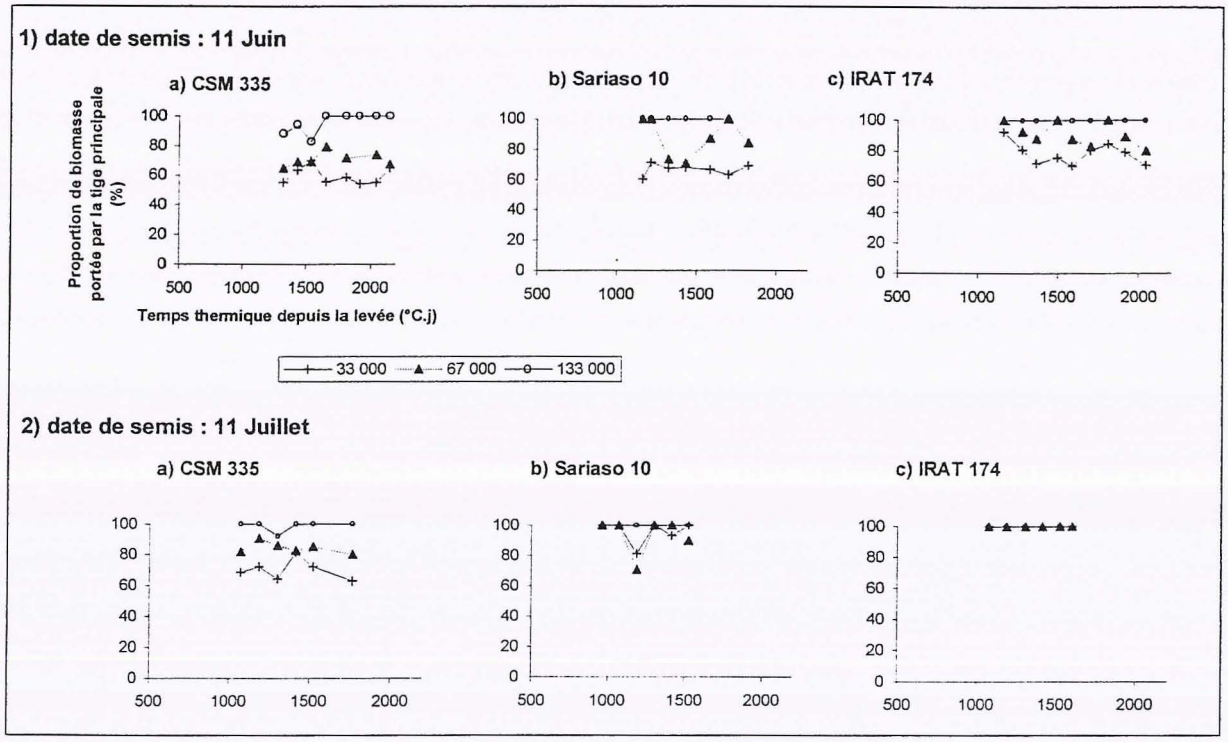

Fig. 3-7 : Evolution de la proportion de biomasse portée par la tige principale, le reste étant porté par les talles.

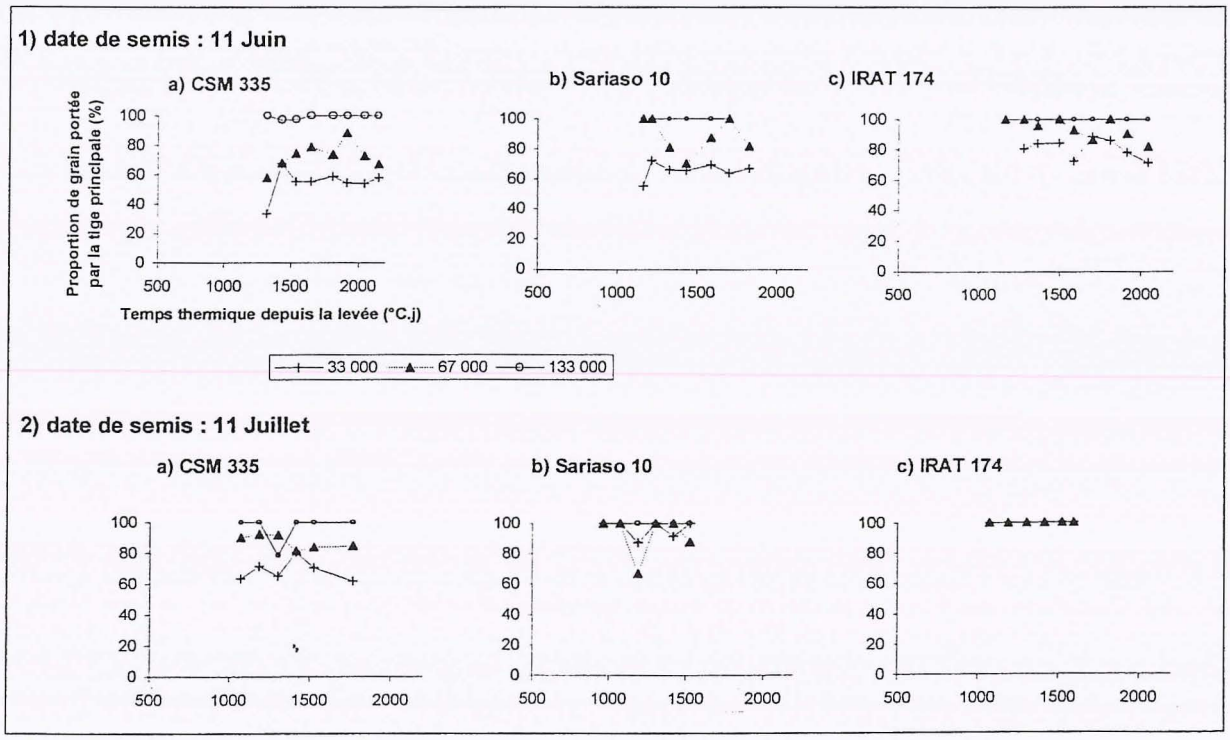

Fig. 3-8 : Evolution de la proportion de biomasse portée par la panicule de la tige principale, la part restante étant portée par les talles.

4- Essai variétés x potassium x phosphore

L'essai a été semé le 11 Juin. Les rythmes d'initiation et d'apparition des feuilles ont été constants pour les 3 variétés et indépendants de la fertilisation P,K (Fig. 4-1). La croissance en hauteur des parcelles de CSM 335 ayant reçu 200 kg/ha de DAP et celle des parcelles de Sariaso 10 ayant reçu une fertilisation P,K ont été très légèrement supérieure à celle des autres parcelles (Fig. 4-2). En ce qui concerne l'architecture de la panicule (nombre de nœuds et de branches paniculaires) ou l'allongement des entre-nœuds, il n'y a eu aucun effet de la fertilisation P,K (Fig. 4-3 et 4-5). Aucun effet significatif des fertilisations P,K n'a été observé sur les rendements et leurs composantes (Tableau 4-1). Toutefois les rendements en biomasse et en grain ont montré une tendance à la croissance en réponse à la fertilisation phosphorée (P=0.10).

Comme en 2001, cet essai montre une petite réponse de la culture à la fertilisation phosphorée, dont l'application est donc indispensable à Samanko. En revanche il n'y a eu aucune réponse à l'application de potassium dans cet essai. Ces deux essais permettent d'assurer que ces deux éléments minéraux n'ont jamais été limitant dans les essais conduits à Samanko entre 2000 et 2002.

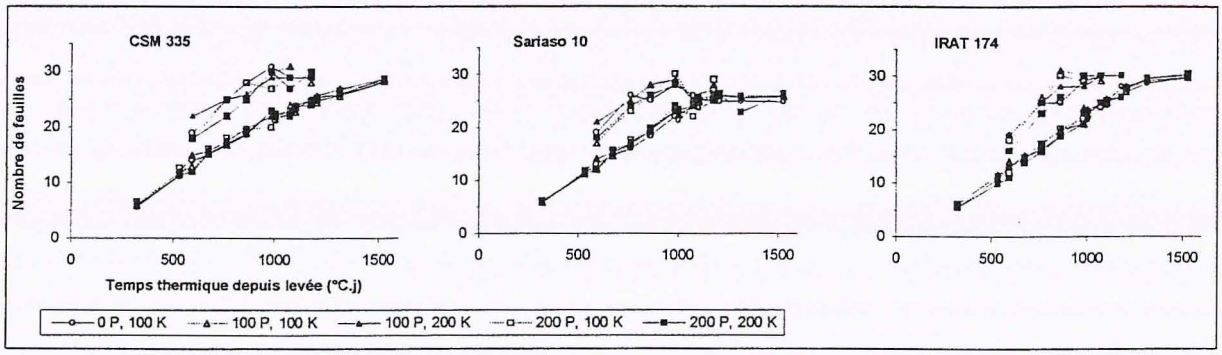

Fig. 4-1 : Cinétiques du développement des 3 variétés en fonction de la fertilisation P,K. Les courbes supérieures représentent l'initiation des feuilles, les courbes inférieures leur apparition dans le cornet.

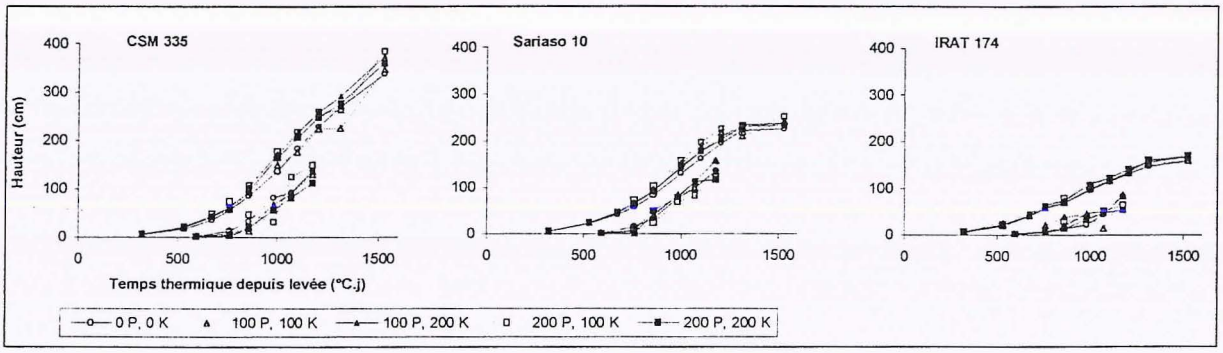

Fig. 4-2 : Croissance en hauteur des 3 variétés en fonction de la fertilisation P,K.

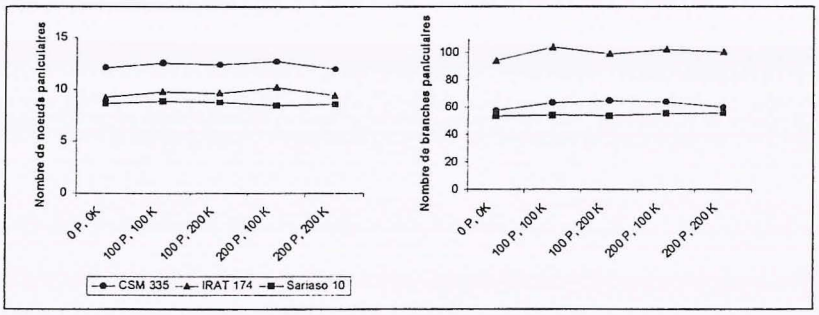

Fig. 4-3 : Architecture de la panicule, nombre de nœuds et de branches, en fonction de la fertilisation P,K.

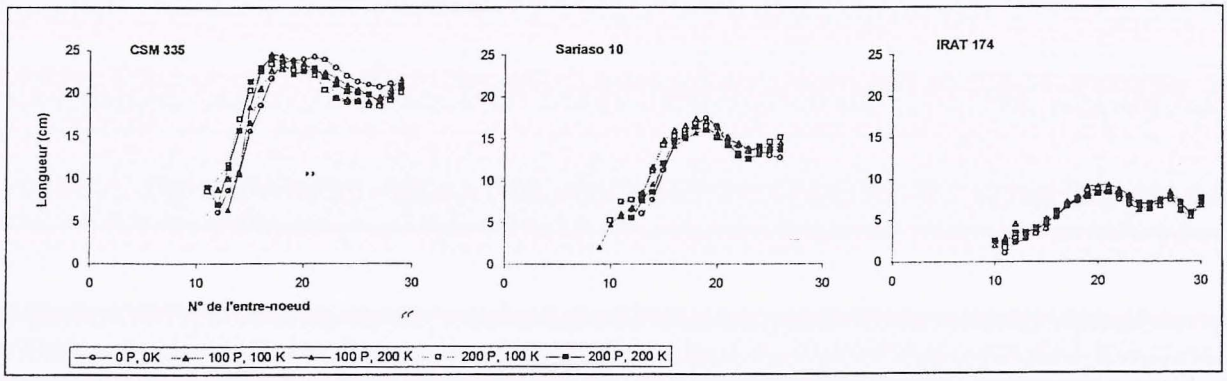

Fig. 4-4 : Longueur des entre-nœuds allongés pour les 3 variétés en fonction de la fertilisation P,K.

Tableau 4-1 : Dates des évènements, masses sèches récoltées et composantes du rendement pour les 3 variétés en fonction des fertilisations P et K.

	Phosphore kg/ha)	Potassium (kg/ha)	Date des évènements			MS aérienne (g/m²)	MS grain (g/m²)	Densité finale (pl/m²)	Panicule/ plante	Grains/panicule		Poids de grain (mg)
			Feuille-Drapeau	Floraison	Maturité					TP	Talles	
CSM 335	0	0	11-Sep	25-Sep	29-Oct	1322	221	4.6	1.3	1949	1088	19.8
	46	0	11-Sep	24-Sep	28-Oct	1101	187	4.2	1.6	1614	1052	20.4
	46	60	11-Sep	24-Sep	29-Oct	1488	252	4.6	1.6	2096	976	20.2
	92	0	11-Sep	24-Sep	29-Oct	1601	272	4.4	1.6	2138	959	19.7
	92	60	11-Sep	25-Sep	28-Oct	1565	253	4.7	1.7	2036	661	20.2
Sariaso 10	0	0	27-Aug	8-Sep	7-Oct	1133	302	4.9	1.0	2966		20.9
	46	0	6-Sep	7-Sep	6-Oct	1266	320	4.7	1.2	3128		22.3
	46	60	27-Aug	7-Sep	6-Oct	1178	295	4.1	1.1	3094	2865	22.2
	92	0	26-Aug	6-Sep	5-Oct	1562	353	4.9	1.1	2942	1968	23.0
	92	60	26-Aug	8-Sep	6-Oct	1374	360	4.1	1.1	3533	1984	23.5
IRAT 174	0	0	8-Sep	19-Sep	18-Oct	792	169	5.0	1.1	2178		15.3
	46	0	7-Sep	18-Sep	18-Oct	797	149	4.4	1.1	2206		15.3
	46	60	7-Sep	18-Sep	18-Oct	963	202	5.2	1.1	2429		16.1
	92	0	6-Sep	18-Sep	18-Oct	1088	183	4.4	1.1	2307	634	17.4
	92	60	6-Sep	18-Sep	18-Oct	918	169	4.5	1.0	2416		15.6
Moyennes												
CSM 335			11-Sep	24-Sep	29-Oct	1416	237	4.5	1.6	1967	947	20.1
Sariaso 10			28-Aug	7-Sep	6-Oct	1303	326	4.5	1.1	3133	2273	22.4
IRAT 174			6-Sep	18-Sep	30-Dec	911	174	4.7	1.1	2307	634	16.0
	0	0	5-Sep	17-Sep	18-Oct	1083	230	4.8	1.1	2365	1088	18.7
	46	0	8-Sep	16-Sep	17-Oct	1055	219	4.4	1.3	2316	1052	19.4
	46	60	4-Sep	16-Sep	18-Oct	1210	250	4.6	1.3	2539	1921	19.5
	92	0	4-Sep	16-Sep	17-Oct	1417	269	4.6	1.3	2462	1187	20.1
	92	60	4-Sep	17-Sep	17-Oct	1286	261	4.5	1.3	2662	1323	19.8

Conclusions

En 2002, une nouvelle série d'essais a été initiée afin de compléter les résultats obtenus en 2000 et 2001 et de répondre à différentes questions qu'ils avaient suscitées.
Les principales conclusions de ces 4 essais peuvent être reprises ici :

- A forte densité la mortalité des plantes est plus tardive que celle des talles puisqu'elle n'intervient qu'à la fin de la montaison. Pour cette raison le démariage est bénéfique si la densité après la levée est très forte (supérieure à 200 000 plants/ha).
- La variété guinea CSM 335 supporte très bien les très fortes densités et doit être cultivée à une densité voisine de 200 000 plants/ha en culture intensifiée.
- Dans les cultures paysannes de sorgho semées avec de nombreux grains par poquet, il n'y a pas d'émission de talles. Toutes les tiges présentes sont des tiges principales.
- Le taux de croissance en masse de la panicule a été variable en fonction des variétés mais aussi en fonction de la date de semis. Il s'agit probablement d'une conséquence de la réaction photopériodique qui en ralentissant les vitesses de développement augmente l'âge moyen des feuilles de la plante.
- La taille de la panicule de sorgho n'augmente pas lorsque la durée du cycle s'accroît. C'est une autre conséquence de la réaction photopériodique qui ralentit les vitesses de développement à mesure qu'elle allonge la durés de la phase végétative.
- IRAT 174 a des caractéristiques de panicule différentes des autres variétés : 1) il y a deux fois plus de branches paniculaires à chaque nœud et 2) son rythme de développement pourrait être indépendant du plastochrone foliaire.
- L'indice de récolte des 3 variétés locale ou sélectionnées pour la région (CSM 335, Sariaso 10 et IRAT 174) est de l'ordre de 0.2, inférieur de moitié à celui de variétés hybrides exogènes (ICSH 89002 et Argence) ou précoce et insensible à la photopériode (IRAT 204). Quel sens peut-avoir la corrélation entre ce faible indice et la sensibilité à la photopériode ?
- P et K ne sont pas des facteurs limitants à Samanko. Toutefois on confirme une réponse à la fertilisation P, qui doit donc être appliquée sur cette station.

Annexe 1

Synthèse provisoire de l'étude de la longueur du cycle en fonction de la date de semis chez trois variétés de sorgho, au Mali. Conséquences pour la mesure de l'indice photopériodique

B. Clerget, 14 mars 2002

Trois variétés ont été étudiées : CSM 335, écotype guinea d'origine malienne, Sariaso 10 lignée caudatum créée au Burkina et IRAT 174, lignée kafir-durra créée au Burkina. Elles ont été semées chaque mois, à une date voisine du 10 du mois, depuis Juillet 2000 à la station de Samanko, Mali (12°32N, 8°04W). De nombreuses observations ont été enregistrées, parmi lesquelles la date de sortie de la feuille-drapeau, dont les courbes sont présentées ici.

Résultats

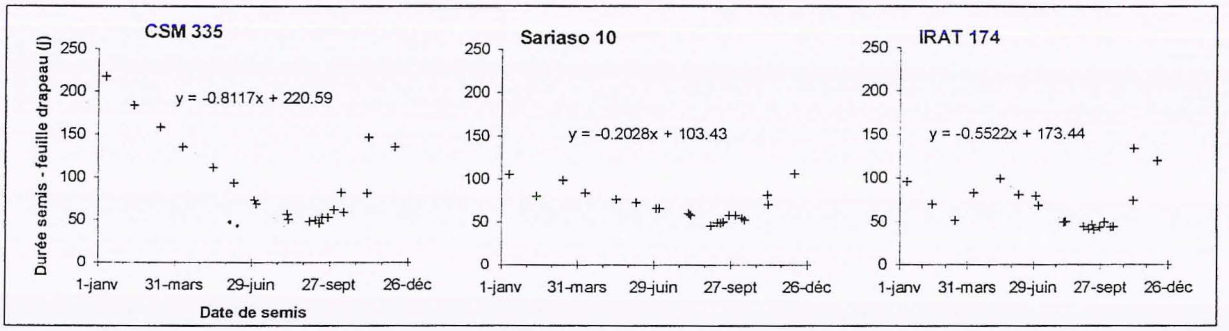

Fig. 1 : Durée de la phase semis-feuille drapeau pour 3 variétés semées chaque mois à Samanko, Mali, de Juin 2000 à Novembre 2001.

Le guinea CSM 335 est trés photopériodique puisque la durée de la phase semis- feuille drapeau (S-FD) a varié de 46 à 217 jours. On observe une décroissance linéaire de la durée de cette phase S-FD pour les semis compris entre les mois de Janvier et de Juillet (Fig. 1). Après Juillet la courbe s'infléchit nettement pour atteindre son minima pour les semis du début du mois de Septembre. La raison en est que pour tous les semis de Janvier à Juillet l'initiation paniculaire, très inhibée, s'est déclenchée entre le 13 Juillet et le 8 Août. Les semis suivants n'appartiennent donc plus à la même série. S-FD augmente à nouveau rapidement pour les semis effectués à partir du mois d'Octobre.

Le caudatum Sariaso 10 est beaucoup moins sensible à la date de semis puisque la durée S-FD a varié entre 45 et 106 jours. On observe une décroissance linéaire de la durée S-FD pour les semis effectués d'Avril à Août. Comme pour le guinea, S-FD est minimum pour les semis de début Septembre. Il passe par un maximum de durée calendaire pour les semis compris entre les mois de Décembre et Mars, mais la durée maximale en temps thermique est atteinte pour les semis de Mars et Avril (résultats non montrés).

Le kafir-durra IRAT 174 a un comportement plus complexe puisqu'il montre 2 minima et 2 maxima au cours d'un cycle de semis annuel. On observe une décroissance linéaire de la durée S-FD pour les semis effectués de Mai à Août. Les durées minimales sont atteintes pour les semis de Mars et de la mi-Septembre, tandis que les durées maximales sont enregistrées pour les semis de Mai et Décembre.

Conséquences pour le calcul de l'indice photopériodique Kp

K (ou Kp) est un indice de réponse à la variation de la photopériode liée à une variation des dates des semis qui a été décrit par Vaksmann (1996)[1] comme le rapport de la différence des durées levée-feuille drapeau pour la première (LFD_{d1}) et la deuxième date de semis (LFD_{d2}) sur l'écart entre les 2 dates de semis (d2-d1).

(1) $$K = \frac{LFD_{d1} - LFD_{d2}}{d2 - d1}$$

Le coefficient varie de 0 à 1. Il est proche de l'unité pour les variétés très photosensibles puisqu'elles fleurissent à date fixe : le cycle végétatif décroît sensiblement de la même valeur que l'écart entre date de semis.

On constate sur les courbes (Fig. 1) qu'il existe une zone de réponse linéaire à la photopériode, de durée variable en fonction des variétés. A l'intérieur de cette zone les mesures de Kp seront reproductibles, indépendantes des dates de semis et permettront de comparer efficacement la sensibilité des variétés à la photopériode. Pour les variétés très photopériodiques la courbe s'infléchit rapidement au début du mois de Juillet. La deuxième date de semis ne devra donc pas intervenir après le 10 Juillet. Cette inflexion n'est sensible chez les variétés moins photopériodiques qu'après le début du mois d'Août, peut-être en raison de la moindre pente de la courbe de réponse. Par ailleurs la réponse complexe de IRAT 174 montre que la mesure ne doit pas non plus être effectuée à une date trop précoce. La fenêtre de mesure commune et raisonnablement prudente pour ces trois variétés apparaît être début Mai-début Juillet.
Les semis de début Septembre apporteront des informations sur le cycle minimal à la latitude donné, lié à des caractéristiques génétiques sur la BVP et la durée la phase juvénile.

Malgré le nombre limité de variétés testées, il est probable qu'elles couvrent en grande partie la variabilité des réponses possibles. Miller (1968)[2] dans une étude beaucoup plus importante n'a pas décrit de comportement fondamentalement différent de ces trois exemples.

Pour finir, la pente de la régression est égale au Kp, qui sont donc de 0.81, 0.20 et 0.55 pour CMS 335, Sariaso 10 et IRAT 174 à la latitude de Samanko.

---

[1] Vaksmann, M., Ouattara, M.,Dione, S., 1996. Plasticité du développement et adaptation des céréales au climat soudano-sahélien. II. Prospection et caractérisation des mils et sorghos du Mali. Risques et intensification ; diagnostic hydrique eet minéral des céréales dans le Sahel céréalier et au Zimbabwe. Rapport d'activités n°2. F.-N. Reyniers. Contrat CEE TS3 CT 93.0223, pp. 14-25

[2] Miller, F. R., Barnes, D. K.,Cruzado, H. J., 1968. Effect of tropical photoperiods on the growth of sorghum when grown in 12 monthly plantings. Crop Science. 8, 499-502.

Annexe 2

Compte-rendu d'une expérience d'incubation de chaux

B. Clerget, 21 juin 2002

Matériel et méthodes

15 pots ont été remplis chacun de 8 kg de terre prélevée entre 0 et 20 cm sur la parcelle 3C, précédent arachide, le 14 mai 2002. Le pH initial a été mesuré sur 5 des pots au hasard, puis 5 doses de chaux ont été testées avec 3 répétitions : 0, 0.5, 1, 2 et 4 tonnes/ha. Les pots ont été placés en serre tempérée et le sol a été maintenu humide pendant toute la durée de l'expérience. Chaque semaine un prélèvement de sol était effectué par carottage sur toute la hauteur du pot et le pH mesuré à l'aide d'un pH-mètre portable (± 0.1). Le calibrage exact n'a pu être réalisé qu'à partir de la semaine 3, à l'aide de solutions tampons.

Résultats et discussions

Fig. 1 : Courbes de suivi du pH en fonction de la dose de chaux appliquée au début de l'expérience. Les barres placées sur le traitement médian représentent la ppds entre traitements pour chaque date de mesure.

Les courbes de suivi du pH en fonction de la dose de chaux appliquée sont reportées à la figure 1. On constate que le pH initial de la parcelle est compris entre 4.5 et 5, donc nettement acide. Les mesures sont assez variables pour un même traitement entre répétitions et entre dates. On peut cependant dégager les conclusions recherchées concernant la dose de chaux à appliquer dans ces terrains. La dose de 0.5 t/ha modifie peu le pH qui reste voisin de 5, donc toujours inférieur à la limite souvent citée de 5.2 liée à la toxicité aluminique. Les doses de 1 et 2 tonnes/ha ont remonté le pH à des valeurs comprises entre 5.5 et 6 qui se situent dans la zone recherchée. La dose de 4 t/ha a provoqué une remontée violente du pH lors de son application suivie d'une baisse rapide pour revenir à un pH compris entre 5.5 et 6. Ce dernier traitement est donc à déconseiller.

Conclusion

Il faut appliquer une dose comprise entre 1 et 2 t/ha de chaux dans les parcelles pluviales de la station de Samanko pour remonter le pH dans une zone favorable aux cultures. L'application de calcium déplacera d'autres éléments, le potassium en particulier, et elle doit donc être minimale. 1 à 1.5 t/ha semble donc la dose à conseiller en définitive.

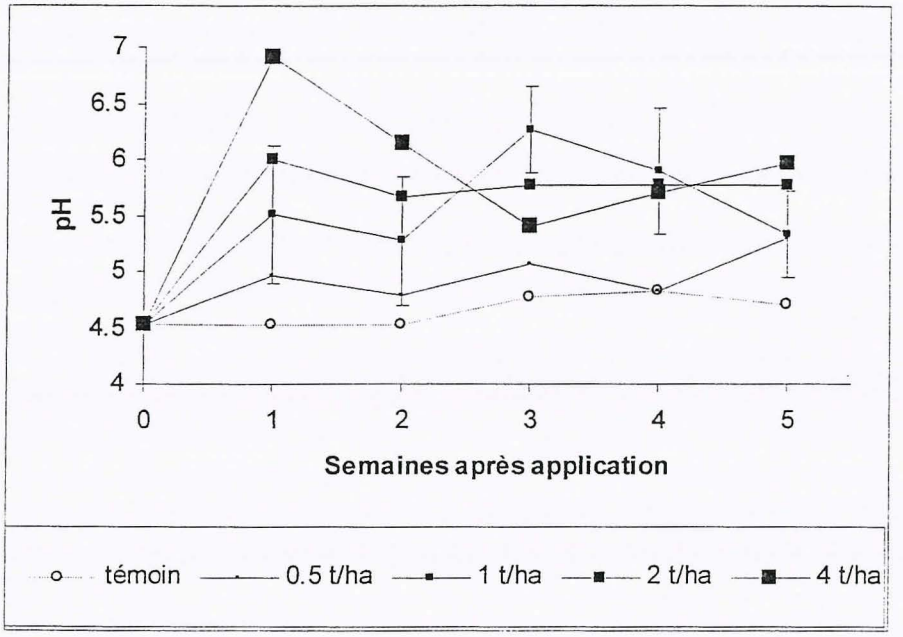

Fig. 1 : Courbes de suivi du pH en fonction de la dose de chaux appliquée au début de l'expérience. Les barres placées sur le traitement médian représentent la ppds entre traitements pour chaque date de mesure.