

CHAPITRE III : RESULTATS

3.1. Effets sur les caractéristiques du sol

L'évolution des caractéristiques du sol en fonction de l'écartement de semis et des doses de fertilisation minérale est résumée dans le tableau 3 et le tableau 4. L'analyse du sol après récolte a montré que les écartements de semis et la fertilisation minérale n'ont pas influencé le pH eau ($8,64 \pm 0,07$), le pH KCl ($8,22 \pm 0,10$), la quantité de phosphore assimilable ($13,40 \pm 1,56$ ppm), la teneur en matière organique ($0,84 \pm 0,09\%$), le rapport C/N ($11,42 \pm 0,71$) et l'azote totale ($0,043 \pm 0,005 \%$). Les valeurs de pH après récolte révèlent un milieu alcalin cependant, les pH avant semis été légèrement alcalin (Tableau 1). Le phosphore assimilable mesuré après récolte (13,4 ppm) est largement supérieur à celui mesuré avant semis (5,8 ppm).

Pour ce qui est des bases échangeables seule la teneur en Na^+ varie avec les doses de fertilisation minérale ($P = 0,02$ et $\text{PPDS} = 0,15$). En effet, les parcelles avec la dose D4 ont une teneur en Na^+ plus faible alors que celles avec les doses D1 et D3 ont obtenu les teneurs en Na^+ les plus élevées. La capacité d'échange cationique (CEC) et le taux de saturation (V) ne sont pas influencés par l'écartement de semis et la fertilisation minérale leurs moyennes respectives sont : $9,66 \pm 1,20$ meq/100 g et $92,65 \pm 3,31 \%$.

Tableau 3 : Effet des écartements de semis et de la fertilisation sur l'acidité, le phosphore et la matière organique du sol

Source de variance	pH		P/ASS (ppm)	Carbone total	Azote total	C/N	MO (%)
	Eau	KCl		(%)			
Ecartement de semis (A)							
A1: 80 cm x 40 cm	8,64 ± 0,03	8,19 ± 0,05	13,9 ± 0,7	0,50 ± 0,02	0,042 ± 0,002	11,8 ± 0,2	0,85 ± 0,04
A2: 70 cm x 30 cm	8,66 ± 0,03	8,25 ± 0,03	12,9 ± 0,6	0,47 ± 0,02	0,044 ± 0,002	11,0 ± 0,4	0,82 ± 0,03
Fertilisation minérale (D) en (kg ha ⁻¹)							
D1: 0 NPK + 0 Urée	8,66 ± 0,06	8,16 ± 0,13	13,6 ± 1,1	0,50 ± 0,04	0,046 ± 0,003	10,9 ± 0,4	0,86 ± 0,06
D2: 150 NPK + 100 Urée (témoin vulgarisé)	8,68 ± 0,04	8,25 ± 0,03	12,9 ± 1,0	0,50 ± 0,04	0,045 ± 0,004	11,1 ± 0,4	0,86 ± 0,07
D3: 200 NPK + 150 Urée	8,64 ± 0,05	8,26 ± 0,04	13,0 ± 0,8	0,45 ± 0,03	0,041 ± 0,004	11,3 ± 0,5	0,77 ± 0,06
D4: 250 NPK + 150 Urée	8,58 ± 0,03	8,18 ± 0,05	13,4 ± 1,2	0,48 ± 0,04	0,040 ± 0,003	11,2 ± 0,5	0,83 ± 0,07
D5: 300 NPK + 200 Urée	8,60 ± 0,06	8,23 ± 0,03	14,1 ± 1,2	0,50 ± 0,03	0,044 ± 0,004	11,7 ± 0,7	0,87 ± 0,06
Moyenne + Ecart-type (n=4)	8,64 ± 0,07	8,22 ± 0,10	13,4 ± 1,6	0,49 ± 0,05	0,043 ± 0,005	11,4 ± 0,7	0,84 ± 0,09
Coefficient de variation (%)	1,6	2,3	23,3	20,4	22,9	12,4	20,4
Probabilité et signification du test							
Ecartement (A)	0,289 ^{ns}	0,326 ^{ns}	0,354 ^{ns}	0,497 ^{ns}	0,603 ^{ns}	0,101 ^{ns}	0,497 ^{ns}
Fertilisation (D)	0,631 ^{ns}	0,805 ^{ns}	0,948 ^{ns}	0,779 ^{ns}	0,661 ^{ns}	0,444 ^{ns}	0,779 ^{ns}
Interaction A x D	0,693 ^{ns}	0,417 ^{ns}	0,651 ^{ns}	0,140 ^{ns}	0,278 ^{ns}	0,504 ^{ns}	0,140 ^{ns}

A (distance entre lignes de semis x distance entre poquets de semis) ; D (dose d'engrais), NPK (engrais complexe : 15% N-15%P₂O₅-15% K₂O), Urée (engrais azoté : 46% N) ;; ns = différences non significatives ; pH (potentiel d'hydrogène) ; P/ASS (phosphore assimilable) ; MO (matière organique) ; C/N (rapport carbone-azote) ; pH (potentiel d'hydrogène)

Tableau 4 : Effet des écartements de semis et de la fertilisation sur les caractéristiques chimiques du sol.

Source de variance	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	CEC	V (%)
	(meq/100g)					
Ecartement de semis (A)						
A1: 80 cm x 40 cm	6,08 ± 0,43	2,23 ± 0,06	0,17 ± 0,01	0,56 ± 0,04	9,69 ± 0,55	94,2 ± 1,5
A2: 70 cm x 30 cm	5,70 ± 0,42	2,28 ± 0,05	0,17 ± 0,01	0,58 ± 0,04	9,62 ± 0,53	91,1 ± 1,3
Fertilisation minérale (D) (kg ha ⁻¹)						
D1: 0 NPK + 0 Urée	5,10 ± 0,72	2,23 ± 0,08	0,16 ± 0,01	0,64 ± 0,04 ^a	8,82 ± 0,77	92,3 ± 1,8
D2: 150 NPK + 100 Urée (témoin vulgarisé)	6,56 ± 0,73	2,36 ± 0,07	0,17 ± 0,01	0,55 ± 0,05 ^{ab}	10,26 ± 0,78	94,0 ± 1,8
D3: 200 NPK + 150 Urée	6,28 ± 0,43	2,20 ± 0,08	0,17 ± 0,01	0,66 ± 0,06 ^a	9,83 ± 0,50	94,8 ± 0,9
D4: 250 NPK + 150 Urée	6,00 ± 0,59	2,20 ± 0,11	0,17 ± 0,01	0,43 ± 0,06 ^b	10,11 ± 0,95	88,5 ± 3,6
D5: 300 NPK + 200 Urée	5,50 ± 0,84	2,30 ± 0,08	0,18 ± 0,02	0,56 ± 0,06 ^{ab}	9,26 ± 1,16	93,6 ± 2,3
Moyenne + Ecart-type (n=4)	5,90 ± 0,94	2,26 ± 0,11	0,17 ± 0,02	0,56 ± 0,02	9,66 ± 1,20	92,7 ± 3,3
Coefficient de variation (%)	31,9	9,5	20,9	25,6	24,9	6,7
Probabilité et signification du test						
Ecartement (A)	0,526 ^{ns}	0,670 ^{ns}	0,753 ^{ns}	0,803 ^{ns}	0,926 ^{ns}	0,135 ^{ns}
Fertilisation (D)	0,551 ^{ns}	0,500 ^{ns}	0,949 ^{ns}	0,020 [*]	0,731 ^{ns}	0,306 ^{ns}
Interaction A x D	0,223 ^{ns}	0,025 ^{ns}	0,056 ^{ns}	0,515 ^{ns}	0,234 ^{ns}	0,382 ^{ns}

A (distance entre lignes de semis x distance entre poquets de semis), D (dose d'engrais), NPK (engrais complexe : 15% N-15%P₂O₅-15% K₂O), Urée (engrais azoté : 46% N), , ns = différences non significatives ; * = différences significatives au seuil de probabilité de 5% ; V (Taux de saturation) ; Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na²⁺(bases échangeables)
 Pour chaque colonne et pour chaque facteur, les valeurs ayant les mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil de 5% selon le test de Tukey.

3.2. Effet sur la densité de plantes

Le **tableau 5** montre l'évolution de la densité de plante en fonction des écartements de semis et des doses de fertilisation minérale.

La densité de plante varie de façon significative ($P < 0,001$) en fonction des écartements et cela durant toute l'expérimentation (30JAL, 60JAL, maturité). En effet, le nombre de plantes de l'écartement A2 est supérieur à celui de l'écartement A1.

La densité est équivalente indépendamment de la dose de fertilisation minérale : $113\,670 \pm 1\,941$ à 30JAL, $112\,899 \pm 2\,754$ à 60JAL et $112\,296 \pm 3\,062$ plantes ha^{-1} à la maturité.

3.3. Effets sur la croissance des plantes

Les résultats de l'effet de l'écartement de semis et de la fertilisation minérale sur la taille des plantes de sorgho sont consignés dans le **tableau 6**. La taille des plantes n'est influencée par l'écartement qu'à 30 JAL ($P = 0,030$). En effet, la taille des plantes de l'écartement A2 est supérieure de 6% à celle des plantes de l'écartement A1. La taille des plantes de sorgho âgées de 15 à 60 JAL, varie significativement en fonction de la fertilisation minérale avec $P = < 0,001$ à 15 JAL, $P = < 0,001$ à 30 JAL, $P = < 0,001$ à 45 JAL, $P = 0,03$ à 60 JAL. Par contre à 75 JAL, 90 JAL jusqu'à la maturité, les plantes ont respectivement des taille similaires, $178,6 \pm 4,6$ cm, $188,2 \pm 5,5$ cm, $186,7 \pm 3,6$ cm quelle que soit la dose de fertilisation en comparaison des plantes témoins non fertilisées.

Tableau 5 : Effet des écartements de semis et de la fertilisation minérale sur la densité de plantes

Source de variance	Densité plante (plant ha ⁻¹)		
	30JAL	60JAL	105 JAL (Récolte)
Ecartement de semis (A)			
A1: 80 cm x 40 cm	89 688 ± 425 ^b	89 181 ± 627 ^b	88 958 ± 742 ^b
A2: 70 cm x 30 cm	137 653 ± 1 263 ^a	136 617 ± 1 638 ^a	135 633 ± 1870 ^a
Fertilisation minérale (D) (kg ha ⁻¹)			
D1: 0 NPK + 0 Urée	111 263 ± 8 295	110 259 ± 8 370	109 252 ± 8 120
D2: 150 NPK + 100 Urée (témoin vulgarisé)	113 369 ± 8 763	113 524 ± 8 909	112 073 ± 8 471
D3: 200 NPK + 150 Urée	114 652 ± 9 517	113 878 ± 9 317	113 654 ± 9 400
D4: 250 NPK + 150 Urée	114 160 ± 9 637	112 311 ± 9 849	111 976 ± 10 015
D5: 300 NPK + 200 Urée	114 908 ± 9 624	114 524 ± 9 372	114 524 ± 9 372
Moyenne + Ecart-type (n=4)	113 670 ± 1 941	112 899 ± 2 754	112 296 ± 3 062
Coefficient de variation (%)	3,4	4,9	5,5
Probabilité et signification du test			
Ecartement (A)	< 0,001 ^{***}	< 0,001 ^{***}	< 0,001 ^{***}
Fertilisation (D)	0,357 ^{ns}	0,570 ^{ns}	0,497 ^{ns}
Interaction A x D	0,122 ^{ns}	0,269 ^{ns}	0,159 ^{ns}
PPDS à 5% :			
Ecartement (A)	2 519	3 574	3 973
Fertilisation (D)	-	-	-
Interaction A x D	-	-	-

JAL = Jour après levée; A (distance entre lignes de semis x distance entre poquets de semis), D (dose d'engrais), NPK (engrais complexe : 15% N-15%P₂O₅-15% K₂O), Urée (engrais azoté : 46% N), PPDS= Plus petite différence significative, ns = différences non significatives ; *** = différences significatives au seuil de probabilité respectivement de 0,1%, Pour chaque colonne et pour chaque facteur, les valeurs ayant les mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil de 5% selon le test de Tukey

Tableau 6 : Effet des écartements de semis et de la fertilisation minérale sur la croissance des plantes de sorgho

Source de variance	Hauteur plante (cm)					
	15 JAL	30 JAL	45 JAL	60 JAL	75JAL	105 JAL (Récolte)
Ecartement de semis (A)						
A1: 80 cm x 40 cm	22,5 ± 0,5	68,0 ± 1,4 ^b	103,7 ± 1,6	163,1 ± 2,8	178,2 ± 2,1	186,8 ± 1,4
A2: 70 cm x 30 cm	22,6 ± 0,7	72,3 ± 2,4 ^a	107,1 ± 2,3	168,4 ± 5,0	179,0 ± 3,4	186,6 ± 2,5
Fertilisation minérale (D) (kg ha ⁻¹)						
D1: 0 NPK + 0 Urée	19,2 ± 1,1 ^c	63,1 ± 3,8 ^c	96,8 ± 3,4 ^b	151,8 ± 6,9 ^b	174,4 ± 5,9	181,2 ± 4,7
D2: 150 NPK + 100 Urée (témoin vulgarisé)	21,9 ± 0,7 ^{bc}	67,8 ± 2,2 ^{bc}	104,5 ± 1,9 ^{ab}	165,1 ± 4,8 ^{ab}	178,9 ± 3,3	187,6 ± 2,7
D3: 200 NPK + 150 Urée	23,0 ± 0,5 ^{ab}	70,3 ± 3,0 ^{abc}	106,8 ± 2,2 ^a	168,4 ± 5,0 ^{ab}	179,5 ± 3,7	187,7 ± 2,5
D4: 250 NPK + 150 Urée	23,8 ± 0,9 ^{ab}	72,3 ± 2,4 ^{ab}	107,7 ± 3,8 ^a	171,6 ± 5,4 ^a	179,5 ± 5,5	188,6 ± 3,2
D5: 300 NPK + 200 Urée	25,5 ± 0,6 ^a	77,3 ± 2,6 ^a	111,3 ± 1,8 ^a	176,8 ± 7,8 ^a	180,7 ± 3,5	188,2 ± 2,4
Moyenne + Ecart-type (n=4)	22,6 ± 1,0	70,2 ± 3,0	105,4 ± 2,9	166,7 ± 5,8	178,6 ± 4,6	186,7 ± 3,6
Coefficient de variation (%)	8,6	8,6	5,5	7,0	5,1	3,8
Probabilité et signification du test						
Ecartement (A)	0,773 ^{ns}	0,030 [*]	0,080 ^{ns}	0,059 ^{ns}	0,799 ^{ns}	0,924 ^{ns}
Fertilisation (D)	< 0,001 ^{***}	0,001 ^{***}	< 0,001 ^{***}	0,003 ^{**}	0,686 ^{ns}	0,235 ^{ns}
Interaction A x D	0,313 ^{ns}	0,100 ^{ns}	0,047 [*]	0,141 ^{ns}	0,095 ^{ns}	0,077 ^{ns}
PPDS à 5% :						
Ecartement (A)	-	3,9	-	-	-	-
Fertilisation (D)	2,0	6,2	6,0	11,9	-	-
Interaction A x D	-	-	8,5	-	-	-

JAL = Jour après levée; A (distance entre lignes de semis x distance entre poquets de semis), D (dose d'engrais), NPK (engrais complexe : 15% N-15%P2O5-15% K2O), Urée (engrais azoté : 46% N), PPDS= Plus petite différence significative, ns = différences non significatives ; *** ; ** et * = différences significatives au seuil de probabilité respectivement de 0,1%, 1% et 5%, Pour chaque colonne et pour chaque facteur, les valeurs ayant les mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil de 5% selon le test de Tukey.

3.4. Effets sur la grosseur des tiges

La variation du diamètre au collet des tiges de sorgho en fonction des écartements de semis et des doses de fertilisation minérale du 35^e JAL à la maturité est présentée dans le Tableau 7.

À 35 JAL, le diamètre au collet est équivalent sur les deux écartements ($1,4 \pm 0,1$ cm) par contre pour la fertilisation minérale, les plantes qui ont reçu la dose maximale (D5) ont des diamètres au collet supérieur à 15 % par rapport à celui des plantes du témoin non fertilisé.

À 50 et 60 JAL, quel que soit l'écartement de semis ou la dose de fertilisation minérale, le diamètre au collet est en moyenne de 1,5cm.

À 80 JAL et à la maturité, l'analyse de la variance suivie du test de Tukey au seuil de 5% montre que la densité de semis influe de façon significative ($P < 0,001$) sur le diamètre au collet, la forte densité (A2) a le diamètre au collet le plus faible. Quant à la fertilisation minérale, elle n'affecte pas significativement le diamètre au collet qui est en moyennes de $1,5 \pm 0,1$ cm à 80 JAL et $1,5 \pm 0,0$ cm à la maturité.

3.5. Effets sur la phénologie des plantes

Le **tableau 8** révèle les dates de 50% et 100% épiaison et maturité. La durée entre la levée et la date de 50% épiaison est plus longue au niveau de l'écartement A2 (52,9 JAL) qu'au niveau de l'écartement A1 (51,9 JAL), l'analyse statistique révèle une différence significative entre les deux écartements ($P = 0,011$). Cette durée est inversement proportionnelle aux doses de fertilisation avec ($P < 0,001$). La dose maximale (D5) atteint plus vite l'épiaison et le témoin non fertilisé atteint moins vite l'épiaison. Pour la date de 50% maturité, elle est statistiquement équivalente pour les deux écartements : $85 \pm 0,6$ JAL. Par contre, elle varie selon la dose de fertilisation ($P = 0,008$). En effet la dose maximale atteint plus vite la date de 50% maturité. Les dates de 100% épiaison et maturité ne sont pas influencées ni par l'écartement de semis ni par la fertilisation minérale et les valeurs moyennes sont respectivement $61,0 \pm 2,0$ JAL et $90 \pm 1,0$ JAL quelle que la dose d'engrais minéral.

Tableau 7: Effet des écartements de semis et de la fertilisation minérale sur le diamètre des plantes de sorgho.

Source de variation	Diamètre (cm) au collet des plantes de sorgho				
	35JAL	50JAL	65JAL	80JAL	105 JAL (récolte)
Ecartement de semis (A) :					
A1: 80 cm x 40 cm	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,0 ^a	1,6 ± 0,0 ^a
A2: 70 cm x 30 cm	1,4 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,4 ± 0,0 ^b	1,5 ± 0,0 ^b
Fertilisation minérale (D) en (kg ha ⁻¹)					
D1: 0 NPK + 0 Urée	1,3 ± 0,1 ^b	1,5 ± 0,0	1,6 ± 0,0	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,1
D2: 150 NPK + 100 Urée (témoin vulgarisé)	1,4 ± 0,1 ^{ab}	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,0
D3: 200 NPK + 150 Urée	1,5 ± 0,1 ^a	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,0
D4: 250 NPK + 150 Urée	1,5 ± 0,1 ^a	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,0
D5: 300 NPK + 200 Urée	1,5 ± 0,1 ^a	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,0
Moyenne + Ecart-type (n=4)	1,4 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,0
Coefficient de variation (%)	8,0	7,6	5,4	5,2	5,0
Probabilité et signification du test					
Ecartement (A)	0,274 ^{ns}	0,868 ^{ns}	0,347 ^{ns}	< 0,001 ^{***}	<0,001 ^{***}
Fertilisation (D)	0,020 [*]	0,698 ^{ns}	0,292 ^{ns}	0,463 ^{ns}	0,070 ^{ns}
Interaction A x D	0,090 ^{ns}	0,548 ^{ns}	0,325 ^{ns}	0,243 ^{ns}	0,389 ^{ns}
PPDS à 5% :					
Ecartement (A)	-	-	-	0,1	0,1
Fertilisation (D)	0,1	-	-	-	-
Interaction A x D	-	-	-	-	-

JAL = Jour après levée; A (distance entre lignes de semis x distance entre poquets de semis), D (dose d'engrais),

NPK (engrais complexe : 15% N-15%P₂O₅-15% K₂O), Urée (engrais azoté : 46% N), PPDS= Plus petite différence significative,

ns = différences non significatives ; *** et * = différences significatives au seuil de probabilité respectivement de 0,1% et 5%,

Pour chaque colonne et pour chaque facteur, les valeurs ayant les mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil de 5% selon le test de Tukey.

Tableau 8: Effet des écartements de semis et de la fertilisation minérale sur la phénologie des plantes

Source de variance	Epiaison (JAL)		Maturité (JAL)	
	50%	100%	50%	100%
Ecartement de semis (A)				
A1: 80 cm x 40 cm	51,9 ± 0,5 ^b	60,0 ± 1,0	85,0 ± 0,4	89,9 ± 0,6
A2: 70 cm x 30 cm	52,9 ± 0,4 ^a	62,3 ± 1,0	85,7 ± 0,3	90,9 ± 0,2
Fertilisation minérale (D) (kg ha ⁻¹)				
D1: 0 NPK + 0 Urée	55,1 ± 0,4 ^a	64,1 ± 1,6	86,5 ± 0,6 ^a	91,0 ± 0,5
D2: 150 NPK + 100 Urée (témoin vulgarisé)	52,1 ± 0,7 ^b	61,1 ± 1,7	84,8 ± 0,6 ^b	89,9 ± 0,7
D3: 200 NPK + 150 Urée	52,1 ± 0,5 ^b	59,4 ± 0,9	85,4 ± 0,3 ^{ab}	90,6 ± 1,1
D4: 250 NPK + 150 Urée	52,0 ± 0,4 ^{bc}	61,4 ± 2,1	85,8 ± 0,4 ^{ab}	90,3 ± 0,6
D5: 300 NPK + 200 Urée	50,5 ± 0,3 ^c	59,6 ± 1,3	84,3 ± 0,4 ^b	90,0 ± 0,5
Moyenne + Ecart-type (n=4)	52,4 ± 0,5	61,1 ± 2,0	85,3 ± 0,6	90,4 ± 1,0
Coefficient de variation (%)	2,1	6,6	1,4	2,3
Probabilité et signification du test				
Ecartement (A)	0,011 [*]	0,077 ^{ns}	0,095 ^{ns}	0,135 ^{ns}
Fertilisation (D)	< 0,001 ^{***}	0,167 ^{ns}	0,008 ^{**}	0,802 ^{ns}
Interaction A x D	0,010 [*]	0,410 ^{ns}	0,070 ^{ns}	0,475 ^{ns}
PPDS à 5% :				
Ecartement (A)	0,7	-	-	-
Fertilisation (D)	1,1	-	1,2	-
Interaction A x D	1,6	-	-	-

JAL (Jour après levée); A (distance entre lignes de semis x distance entre poquets de semis), D (dose d'engrais), NPK (engrais complexe : 15% N-15%P₂O₅-15% K₂O), Urée (engrais azoté : 46% N), PPDS (Plus petite différence significative), ns (différences non significatives) ; *** ; ** ; * (différences significatives au seuil de probabilité respectivement de 0,1%, 1% et 5%), Pour chaque colonne et pour chaque facteur, les valeurs ayant les mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil de 5% selon le test de Tukey

3.6. Effets sur la production de panicules

La variation du rendement panicule, du nombre de panicule/m² de la longueur et du diamètre panicule en fonction des écartements de semis et des doses de fertilisation minérale est représentée dans le tableau 9.

Les plantes présentent une variation pour la longueur de la panicule aussi bien au niveau des écartements ($P < 0,001$) qu'au niveau des doses de fertilisation minérale ($p = 0,025$). L'écartement A1 a les plus longues panicules par rapport à l'écartement A2. Parmi les doses de fertilisation, D4 donne les panicules les plus longue et D5 les moins longue. Le diamètre panicule est statistiquement identique que ce soit au niveau des écartements qu'au niveau des doses de fertilisation minérale : $5,0 \text{ cm} \pm 0,2 \text{ cm}$.

Le nombre de panicule par m² varie significativement avec l'écartement de semis ($p = 0,016$) et la fertilisation minérale ($p = 0,035$). A2, D5 possèdent les nombres de panicule les plus élevés respectivement $14 \pm 0,5$ panicule ; $15 \pm 0,8$ panicules/m². Les écartements de semis A1 et le témoin non fertilisé (D1) ont produit moins de panicules avec respectivement de $13 \pm 0,6$ panicules/m² et $12 \pm 1,0$ panicules/m².

Le rendement panicule est statistiquement identique au niveau des deux écartements avec une moyenne de $6\,379 \pm 326 \text{ kg/ha}$. Pour la fertilisation minérale, la dose D5 a donné un rendement en panicule significativement différent de celui de la dose D1 ($P = 0,015$). L'interaction pour le rendement panicule est significative ($P = 0,020$).

3.7. Effets sur la production de paille et de grain et la qualité des semences

Le tableau 10 indique les rendements (grain, paille), le poids 1000 grains et le taux de germination des grains en fonction de l'écartement de semis (A) et de la dose de fertilisation minérale (D). Globalement, le poids 1000 grains, le rendement en grains, le taux de germination et le rendement paille sèche ne sont pas statistiquement affectés par l'écartement de semis et la fertilisation minérale avec des moyennes respectives de $24,90 \pm 0,6$ grammes ; $5\,294 \pm 296 \text{ kg ha}^{-1}$; $97 \pm 1,0 \%$ et $7\,464 \pm 626 \text{ kg ha}^{-1}$. Par contre l'indice de récolte est plus élevée au niveau de la faible densité.

Les valeurs de rendement en grain sont légèrement plus élevées au niveau de l'écartement A1 ($5\,294 \pm 167 \text{ kg ha}^{-1}$) et de la dose de fertilisation D4 ($5\,522 \pm 326 \text{ kg ha}^{-1}$), alors que les valeurs les moins élevées sont obtenues par A2 ($5\,283 \pm 210 \text{ kg ha}^{-1}$) et D1 ($4\,824 \pm 373 \text{ kg ha}^{-1}$). A2 et D4 ont donné les meilleurs rendements en paille sèche avec respectivement $7\,845 \pm 399$; et $7\,919 \pm 810 \text{ kg ha}^{-1}$. Les rendements les plus faibles en paille ont été enregistrés avec l'écartement A1 ($7\,084 \pm 362 \text{ kg ha}^{-1}$) et la dose D3 ($7\,053 \pm 469 \text{ kg ha}^{-1}$). L'interaction écartement-fertilisation est significative pour le rendement en paille sèche ($P = 0,046$) et le rendement en grain ($P = 0,044$).

Tableau 9 : Effet des écartements de semis et de la fertilisation minérale sur la production de panicules

Source de variance	Longueur panicule (cm)	Diamètre panicule (cm)	Panicules (nombre/m ²)	Rendement panicules (kg ha ⁻¹)
Ecartement de semis (A)				
A1: 80 cm x 40 cm	30,1 ± 0,3 ^a	5,0 ± 0,1	13 ± 0,6 ^b	6 387 ± 187
A2: 70 cm x 30 cm	28,3 ± 0,4 ^b	5,0 ± 0,1	14 ± 0,5 ^a	6 372 ± 249
Fertilisation minérale (D) (kg ha ⁻¹)				
D1: 0 NPK + 0 Urée	29,9 ± 0,6 ^{ab}	5,0 ± 0,2	12 ± 1,0 ^b	5 689 ± 399 ^b
D2: 150 NPK + 100 Urée (témoin vulgarisé)	29,3 ± 0,7 ^{ab}	5,2 ± 0,1	14 ± 0,6 ^{ab}	6 358 ± 265 ^{ab}
D3: 200 NPK + 150 Urée	28,8 ± 0,6 ^{ab}	4,9 ± 0,2	14 ± 0,7 ^{ab}	6 453 ± 222 ^{ab}
D4: 250 NPK + 150 Urée	30,1 ± 0,7 ^a	5,1 ± 0,1	13 ± 1,1 ^{ab}	6 465 ± 401 ^{ab}
D5: 300 NPK + 200 Urée	27,7 ± 0,5 ^b	4,8 ± 0,2	15 ± 0,8 ^a	6 931 ± 323 ^a
Moyenne + Ecart-type (n=4)	29,2 ± 0,7	5,0 ± 0,2	14 ± 0,9	6 379 ± 326
Coefficient de variation (%)	5,0	6,8	13,8	10,2
Probabilité et signification du test				
Ecartement (A)	< 0,001 ^{***}	0,671 ^{ns}	0,016 [*]	0,940 ^{ns}
Fertilisation (D)	0,025 [*]	0,180 ^{ns}	0,035 [*]	0,015 [*]
Interaction A x D	0,978 ^{ns}	0,741 ^{ns}	0,525	0,020 [*]
PPDS à 5% :				
Ecartement (A)	1,0	-	1,2	-
Fertilisation (D)	1,5	-	1,9	670
Interaction A x D	-	-	-	947

A (distance entre lignes de semis x distance entre poquets de semis), D (dose d'engrais), NPK (engrais complexe : 15% N-15%P₂O₅-15% K₂O), Urée (engrais azoté : 46% N), PPDS (Plus petite différence significative), ns (différences non significatives) ; *** et * (différences significatives au seuil de probabilité respectivement de 0,1% et 5%), Pour chaque colonne et pour chaque facteur, les valeurs ayant les mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil de 5% selon le test de Tukey

Tableau 10 : Effet des écartements de semis et de la fertilisation minérale sur les productions de paille et de grain et la qualité des semences

Source de variance	Rendement en paille (kg MS ha ⁻¹)	Rendement en grain (kg ha ⁻¹)	Indice de récolte (%)	Poids mille grains (g)	Taux de germination (%)
Ecartement de semis (A)					
A1: 80 cm x 40 cm	7 084 ± 362	5 294 ± 167	43,2 ± 1,0 ^a	25,0 ± 0,3	97,7 ± 0,4
A2: 70 cm x 30 cm	7 845 ± 399	5 283 ± 210	40,5 ± 0,9 ^b	24,7 ± 0,3	96,9 ± 0,5
Fertilisation minérale (D) (kg ha ⁻¹)					
D1: 0 NPK + 0 Urée	7 375 ± 642	4 824 ± 373	39,8 ± 2,2	24,8 ± 0,7	97,4 ± 0,8
D2: 150 NPK + 100 Urée (témoin vulgarisé)	7 243 ± 504	5 143 ± 209	41,8 ± 1,4	24,4 ± 0,4	97,8 ± 0,2
D3: 200 NPK + 150 Urée	7 053 ± 469	5 482 ± 217	41,0 ± 1,0	24,3 ± 0,3	96,6 ± 0,8
D4: 250 NPK + 150 Urée	7 919 ± 810	5 522 ± 326	41,7 ± 1,5	25,7 ± 0,5	96,5 ± 0,8
D5: 300 NPK + 200 Urée	7 733 ± 674	5 470 ± 320	41,8 ± 1,5	25,1 ± 0,2	98,1 ± 0,5
Moyenne + Ecart-type (n=4)	7 464 ± 626	5 294 ± 296	41,8 ± 2,0	24,9 ± 0,6	97,3 ± 1,0
Coefficient de variation (%)	16,8	11,2	9,3	4,7	2,0
Probabilité et signification du test					
Ecartement (A)	0,065 ^{ns}	0,955 ^{ns}	0,039 [*]	0,355 ^{ns}	0,235 ^{ns}
Fertilisation (D)	0,635 ^{ns}	0,115 ^{ns}	0,348	0,133 ^{ns}	0,365 ^{ns}
Interaction A x D	0,046 [*]	0,044 [*]	0,388	0,493 ^{ns}	0,945 ^{ns}
PPDS à 5% :					
Ecartement (A)	-	-	2,5	-	-
Fertilisation (D)	-	-	-	-	-
Interaction A x D	1815	859	-	-	-

A (distance entre lignes de semis x distance entre poquets de semis), D (dose d'engrais), NPK (engrais complexe : 15% N-15%P2O5-15% K2O), Urée (engrais azoté : 46% N), MS (matière sèche) ; PPDS= Plus petite différence significative, ns = différences non significatives ; * (différences significatives au seuil de probabilité respectivement de 5%).

3.8. Effets combinés sur les rendements paille et grain

La Figure 11 présente les résultats de l'effet de l'interaction écartement-fertilisation sur les rendements (panicule, paille et grain) du sorgho. Au sein de l'écartement A1, le rendement en panicule (RPA) du sorgho ne varie pas en fonction des doses de fertilisation avec une moyenne qui est entre 6 et 7 tonnes/ha. Par contre au sein de l'écartement A2 le rendement en panicule varie significativement en fonction des doses de fertilisation. Les valeurs de RPA les plus élevées sont obtenues dans les parcelles fertilisées avec la dose maximale (D5) et les plus faibles dans celles du témoin non fertilisé (D1).

Le rendement en paille sèche n'est pas significativement influencé par l'application des différentes doses de fertilisation minérales au niveau de l'écartement A1 avec une moyenne qui tourne autour de 7 tonnes/ha. Pour l'écartement A2, la dose D4 a obtenu le rendement en paille le plus élevé (près de 10 tonnes/ha) et la différence est significative comparée à la valeur du témoin vulgarisé D2 (moins de 7 tonnes/ha).

Les rendements en grain obtenus sur les différentes doses de fertilisation sont statistiquement identiques au niveau de l'écartement A1. C'est au niveau de l'écartement A2 que les doses de fertilisation ont consacré un effet significatif sur le rendement en grain. D3, D4, D5 ont les valeurs de rendement en grain les plus élevés et D1 les moins élevés.

3.9. Relation entre les différentes variables

Les variables mesurées durant l'expérimentation sont diversement liées entre eux (Tableau 11). La densité de plant (DPL) est corrélée positivement et significativement au poids mille grains (PMG), et au rendement grain (RG) avec des coefficients de corrélation respectifs de 0,98 et 0,90. Par contre la DPL est corrélée négativement et significativement à la date de 50% épiaison (DE). Cette dernière est fortement corrélée à la date de 50% maturité (DM) avec $r^2=0,90$ mais inversement corrélée au RG ($r^2=-0,84$) et au PMG ($r^2=-0,89$). Le RG est lié significativement et positivement au PMG. Le diamètre panicule (DPA) et la longueur panicule (LPA) sont inversement liés ($r^2=-0,79$).

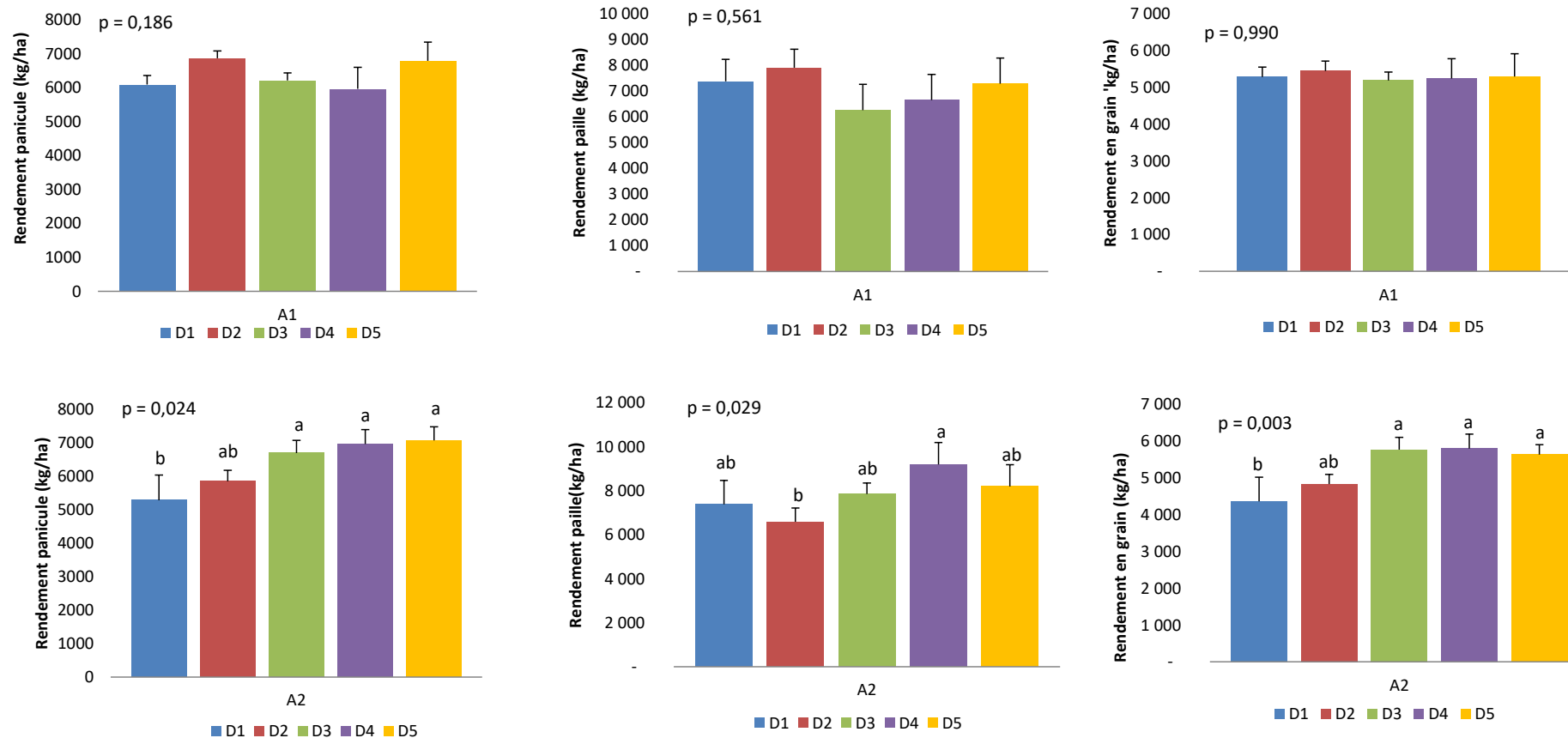
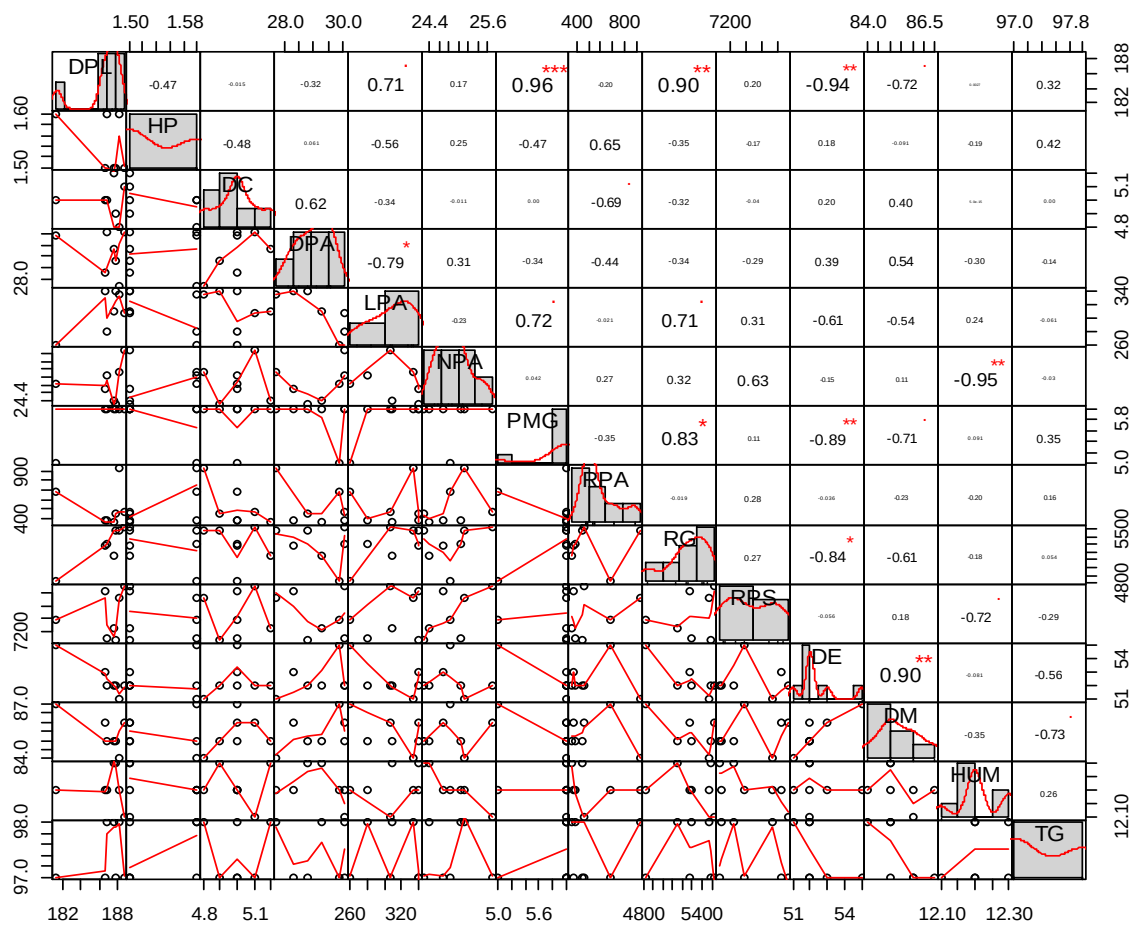


Figure 11: Rendement en panicule, en paille et grain du sorgho en fonction de l'interaction écartement semis-fertilisation

A1 (écartements : 80 cm entre lignes de semis x 40 cm entre poquets de semis), A2 (écartements : 70 cm entre lignes de semis x 30 cm entre poquets de semis), D1 (0 NPK + 0 Urée : témoin non fertilisé), D2 (150 NPK + 100 Urée : témoin vulgarisé), D3 (200 NPK + 150 Urée), D4 (250 NPK + 150 Urée), D5 (300 NPK + 200 Urée), Pour chaque colonne et pour chaque facteur, les valeurs ayant les mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil de 5% selon le test de Tukey.

Tableau 11 : Corrélations entre les variables



DPL (densité plante) ; HP (hauteur plante) ; DC (diamètre au collet) ; DPA (diamètre panicule) ; LPA (longueur panicule) ; NPA (nombre de panicule récolté), PMG (poids mille grains) ; RG (rendement grain) ; RPS (rendement paille sèche), RPA (rendement panicule) ; DE (date de 50% épiaison) ; DM (date de 50% maturité) ; TG (taux de germination des grains).