

Influence du NaCl et du potassium sur la croissance du gombo

2.1. Site de l'expérimentation

L'expérimentation a été réalisée dans le jardin botanique de la Faculté des Sciences et Techniques (FST) de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD) (14° 41' Latitude Nord et 17° 28' Longitude Ouest). Le jardin botanique a une superficie de 3 ha et se situe à 5m au-dessus du niveau de la mer (Ndaw, 2019). Le climat est de type tropical sec à caractérisé par deux saisons: une saison sèche de novembre à juin et une saison des pluies plus courte de juillet à octobre (Fao au Sénégal, 02.01.2021).

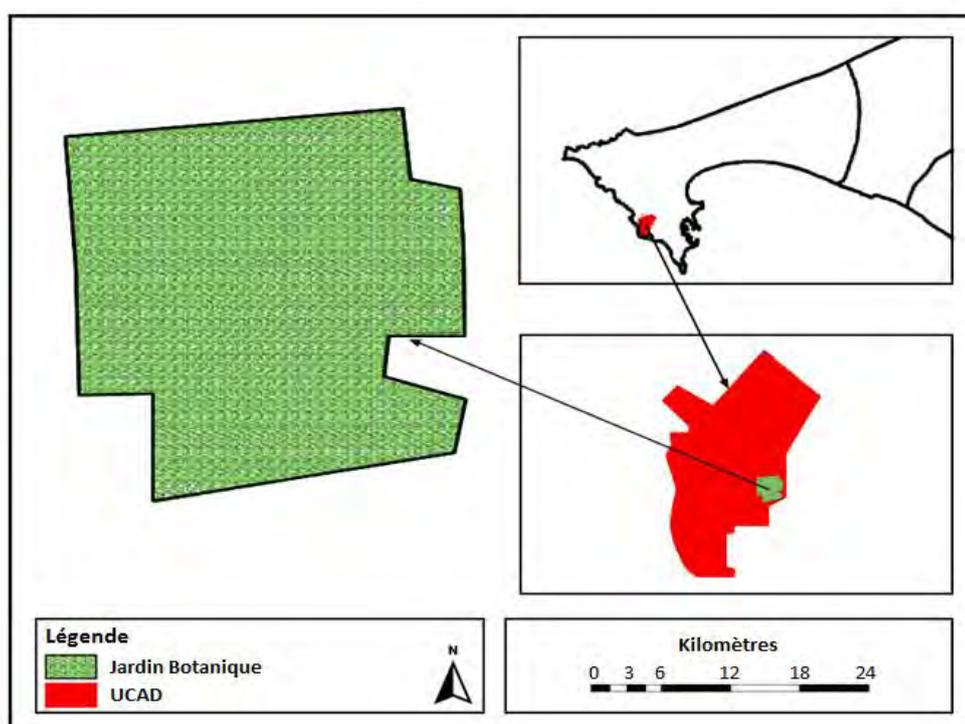


Figure 7. Localisation de jardin botanique FST/UCAD, Dakar (Ndaw, 2019)

2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal qui a été utilisé dans cette étude est constitué de graines de gombo (*Abelmoschus esculentus* L., Malvaceae) de la variété Clemson Spineless. Cette variété la seule variété faisant l'objet d'une large diffusion par les sociétés de production de semences (Hamon et Charrier, 1997). Sa durée de cycle total de culture 110-120 jours et son rendement moyen obtenu en culture améliorée est de 8-10 tonnes par hectare (Tropiculture, 02.01.2021). La variété Clemson donne des plantes qui sont entièrement de couleur verte et atteignent en fin de cycle un peu plus de 1,5 mètre. Ses feuilles sont assez découpées. La longueur de ses fruits

mesurent environ 12 centimètres à maturité complète et présentent de 6 à 7 arêtes. Sa production débute environ 2 mois après semis (Hamon et Charrier, 1997).

2.3. Méthodes

L'essai a été conduit suivant un dispositif expérimental en Split-plot avec (2) facteurs étudiés. Le facteur principal est l'alimentation en eau avec deux (2) niveaux ou traitements principaux (S0: eau non salée de concentration 0 mmol/l de NaCl ; S1: eau salée de concentration 125 mmol/l de NaCl) et le facteur secondaire étudié est la nutrition potassique avec cinq (5) doses de K_2SO_4 ou sous-traitements (P0= 0 g ; P1= 3 g ; P2= 6 g ; P3= 9 g ; P4= 12 g), répétés trois fois afin de déterminer la dose optimale de potassium permettant au gombo de tolérer le stress salin. L'unité principale est constituée de 15 pots et la sous-unité expérimentale est constituée de 3 pots.

2.3.1. Conduite de culture

Le semis des graines de gombo de la variété Clemson Spineless a été réalisé dans des pots en plastique de forme conique (25 cm de diamètre supérieur, 18 cm de diamètre inférieur et 26 cm de profondeur). Ces pots ont été troués pour éviter l'asphyxie racinaire, et remplis de sol (13,5 kg/pot). C'est un sol dépourvu de matière organique et pauvre en éléments minéraux prélevé au niveau des dunes vives de la Niaye de Yeumbeul. Il est de couleur blanche et de texture sableuse d'où sa grande perméabilité (Diop, 2006). Après 24 h d'imbibition dans l'eau, 3 graines de gombos par poquet ont été semées. Le démariage a été effectué 21 JAS (Jours Après Semis), stade de 4 feuilles/plant, et seul un plant vigoureux a été retenu par pot. Un apport minéral d'engrais simples recommandé d'urée (1,74 g/pot) et de DSP [superphosphate double (3,2 g/pot)] a été apporté. Les différentes doses de K_2SO_4 (P0= 0 g ; P1= 1 g ; P2= 2 g ; P3= 3 g ; P4= 4 g) ont été apportées trois fois, à 23 JAS, à 36 JAS et à 48 JAS soient des doses totales de K_2SO_4 (P0= 0 g ; P1= 3 g ; P2= 6 g ; P3= 9 g ; P4= 12 g).

L'arrosage a été fait à l'eau courante à la capacité au champ à raison de 1 l/pot additionnée ou non de NaCl (S0= 0 mmol ; S1= 125 mmol). L'arrosage avec la solution saline a été démarré 24 JAS et terminé 77 JAS (entre stade végétatif et stade de floraison). L'entretien des plants a été fait régulièrement et un traitement insecticide et fongicide (2 bouchons de Tramectine et 2 cuillérées à soupe de Manczeb pour 10 l d'eau) a été appliqué contre les insectes piqueurs-suceurs et les champignons parasites.

S0: Traitement principal représenté par les pots sans stress salin (0 mmol/l): ces traitements principaux (S0) ont reçu de l'eau non salée jusqu'à la fin de l'essai ;

S1: Traitement principal représenté par les pots avec stress salin de 125 mmol/l soit 7,31 g de NaCl/l.

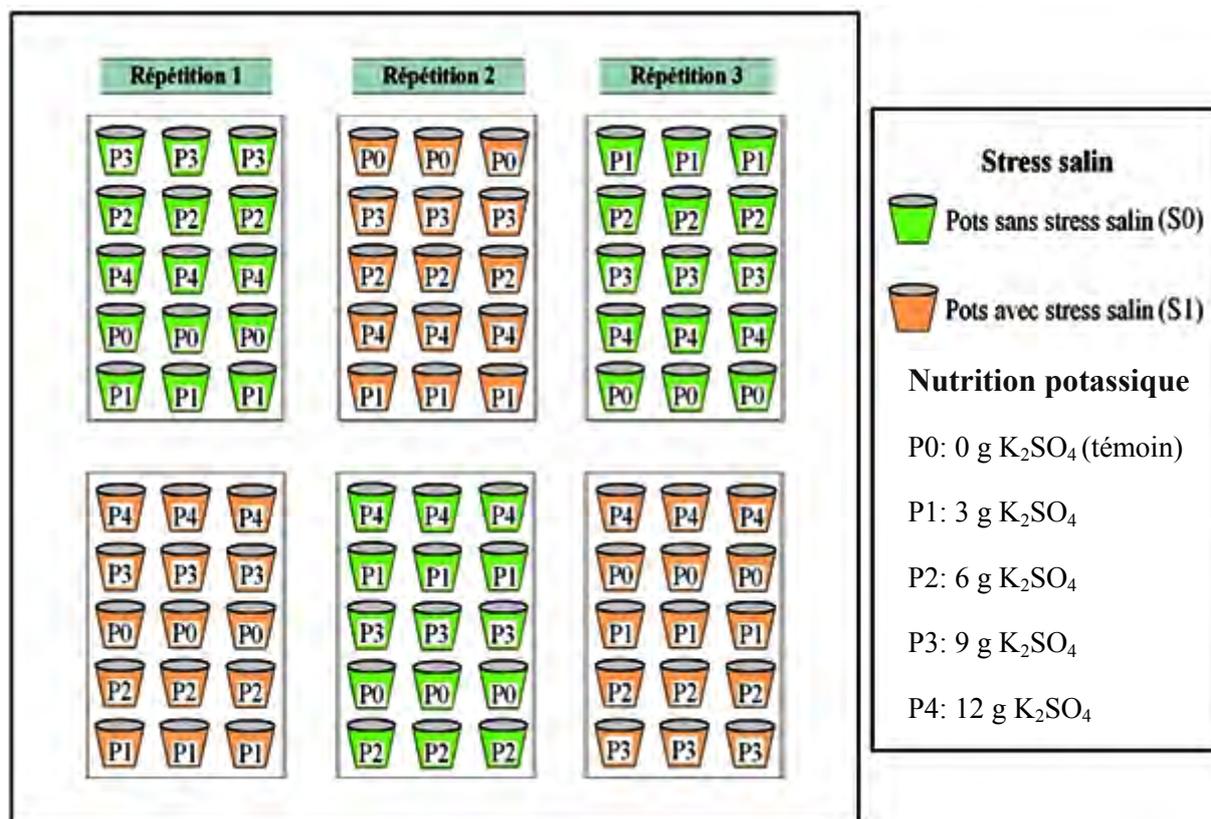


Figure 8. Plan de l'essai

2.3.3. Paramètres mesurés

Le tableau 6 montre le chronogramme et les méthodes de mesure des paramètres de croissance et de rendement.

Tableau 6. Périodes et méthodes d'évaluation des paramètres de croissance et de rendement

Paramètres	Méthodes	Périodes
Hauteur des plants (HP) (cm)	mesure avec une règle graduée	6 jours après chaque stress
Diamètre au collet des plants (DC) (cm)	mesure à l'aide d'un pied à coulisse	
Nombre de feuilles/plant (NF)	Comptage	
Nombre de ramifications/plant (NR)		
Longueur du fruit à maturité (LF) (cm)	mesure avec une règle graduée	récolte
Poids frais du fruit (PF) (g)	pesée à l'aide d'une balance de précision 0,001 g et de portée 620 g Sartorius	
Diamètre médian du fruit (DM) (cm)	mesure à l'aide d'un pied à coulisse	

En plus de ces paramètres, les **biomasses fraîche** et **sèche** ont été mesurées. Pour cela, le procédé suivant a été utilisé:

- Biomasse fraîche: La plante a été enlevée du pot. Les parties aérienne (feuilles et tiges) et racinaire ont été séparées. Les racines ont été lavées avec de l'eau distillée puis essuyées avec du papier buvard. Ensuite, la longueur de chaque partie (LPA et LPR) a été mesurée avec une règle graduée. Les deux parties (PPA et PPR) ont été séparément pesées à l'aide d'une balance de précision 0,001g et de portée 620 g Sartorius.
- Biomasse sèche: Après avoir pesé la biomasse fraîche, les deux parties ont été placées à l'étuve 70°C pendant 72 heures pour séchage. Les deux parties sèches (BSA et BSR) ont été pesées de la même manière que les biomasses fraîches avec la même balance de précision.

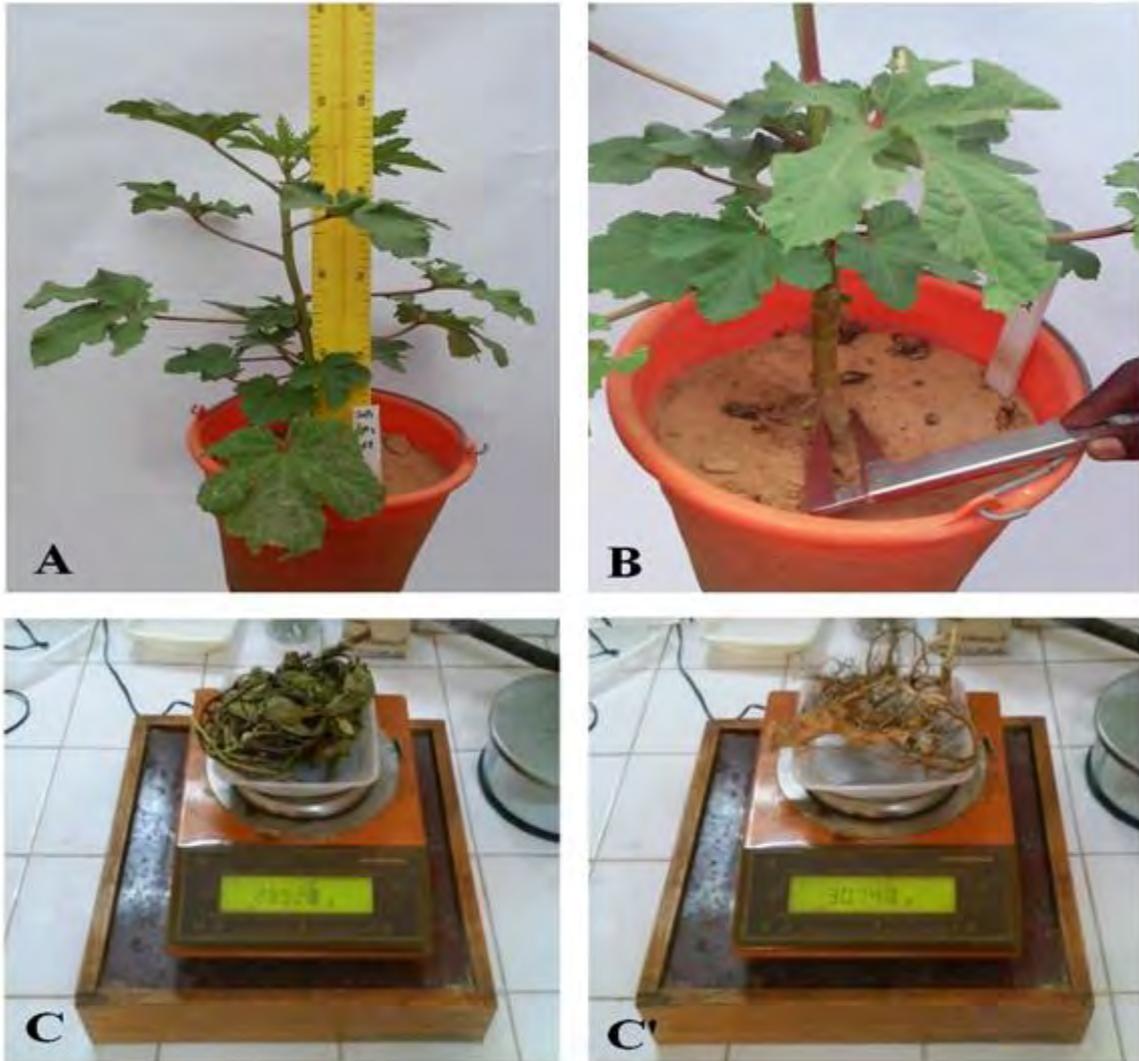


Planche 2. Mesure de quelques de paramètres du gombo (Crédit photo: Abdou Aziz GUEYE)

(**A:** Mesure de la hauteur ; **B:** Mesure du diamètre au collet ; **C** et **C'**: Mesure de la biomasse fraîche et de la biomasse sèche)

2.3.4. Analyses statistiques

Toutes les données ont été analysées à l'aide des logiciels R (version 3.1.2) et XLSTAT (version 18.1). L'analyse de la variance a été effectuée, et à chaque fois qu'il existe des différences significatives entre les traitements, les moyennes ont été séparées au moyen du test de Tukey au seuil de 5 % de probabilité.

III. RESULTATS

Les résultats statistiques ont montré que le potassium a un effet significatif ($p < 0,05$) sur la hauteur, le diamètre au collet et le nombre de ramifications des plants en condition non stressée (tableau 7). Cependant, il faut noter que le sel seul et l'interaction du sel et du potassium n'ont aucun effet significatif ($p > 0,05$) sur les paramètres de croissance.

Tableau 7. Test de significativité des effets du sel et du potassium sur les paramètres de croissance après 4 mois de culture

Facteurs	HP	DC	NF	NR
Sel	0,375	0,953	0,96	0,515
Potassium	0,009 **	0,019 *	0,094	0,01 *
Sel*Potassium	0,716	0,919	0,613	0,608

HP: Hauteur des Plants ; DC: Diamètre au Collet ; NF: Nombre de Feuilles ;
NR: Nombre de Ramification ; * : significatif ; ** : très significatif au seuil de 5% selon le test de Tukey.

3.1.1. Effet du NaCl sur les paramètres de croissance

L'effet du sel sur la hauteur des plants, le diamètre au collet, le nombre de feuilles et le nombre de ramifications des plants est reporté sur la figure 9. L'analyse statistique des résultats n'a révélé aucun effet significatif en ce qui concerne les paramètres de croissance au seuil de 5% après 4 mois de culture.

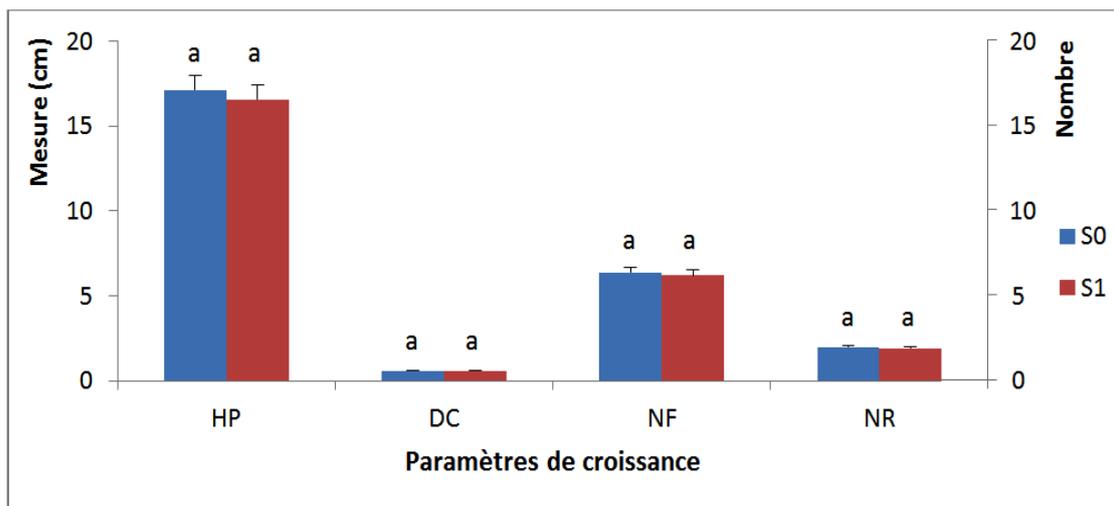


Figure 9. Effet du sel sur les paramètres de croissance
HP: Hauteur des Plants ; DC: Diamètre au Collet ; NF: Nombre de Feuilles ;
NR: Nombre de Ramification ; S0: eau non salée ; S1: eau salée

3.1.2. Effet du potassium sur les paramètres de croissance

L'effet individuel du potassium sur la hauteur, le diamètre au collet, le nombre de feuilles et le nombre de ramifications des plants après 4 mois de culture est représenté dans les figures 10, 11, 12 et 13.

– Sur la hauteur des plants

L'effet du potassium sur la hauteur des plants en condition non stressée est reporté sur la figure 10. Les résultats ont montré une différence significative entre le sous-traitement P1 et les sous-traitements P3 et P4. En effet, il a été noté une amélioration de manière significative de la hauteur des plants avec les sous-traitements P1 (21 cm) et P2 (19,62 cm) par rapport au témoin P0 (16,17 cm). En revanche, une faible croissance des plants a été notée pour les sous-traitements P3 (13,83 cm) et P4 (13,72 cm).

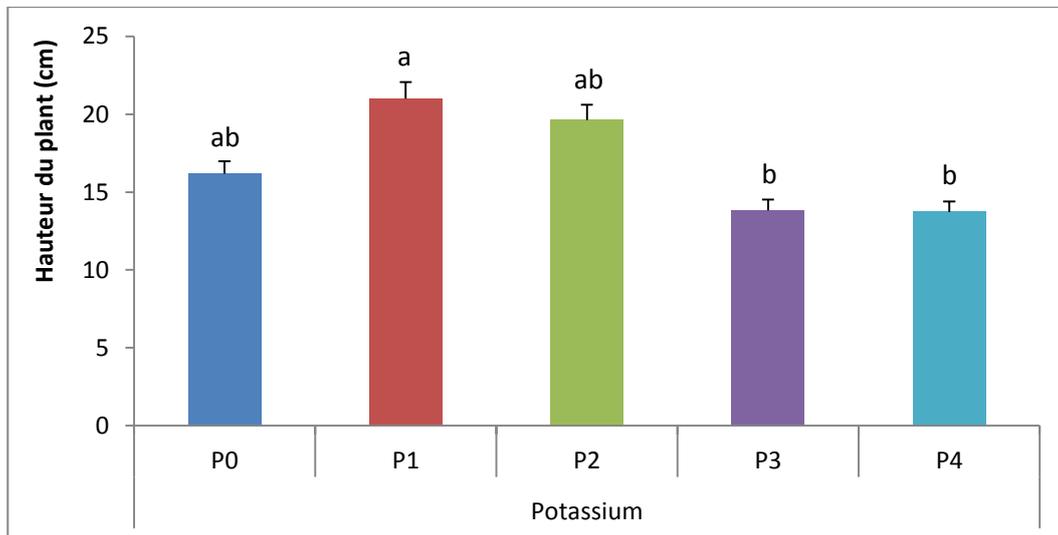


Figure 10. Effet du potassium sur la hauteur des plants de gombo

Doses de K_2SO_4 (P0= 0 g ; P1= 3 g ; P2= 6 g ; P3= 9 g ; P4= 12 g)

– Sur le diamètre au collet

L'effet du potassium sur le diamètre au collet est représenté sur la figure 11. Aucune différence significative n'a été notée entre les sous-traitements et le témoin. Cependant, les sous-traitements P1 et P4 sont significativement différents. Les résultats montrent également un plus grand diamètre avec le sous-traitement P1 (0,71 cm) tandis que le plus petit est donné par le sous-traitement P4 (0,48 cm).

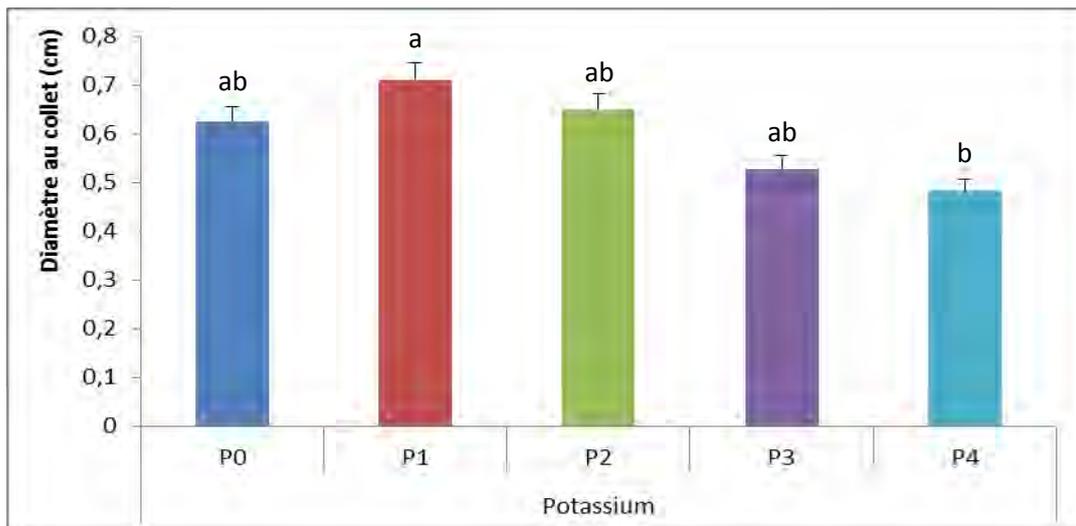


Figure 11. Effet du potassium sur le diamètre au collet des plants de gombo
Doses de K_2SO_4 (P0= 0 g ; P1= 3 g ; P2= 6 g ; P3= 9 g ; P4= 12 g)

– **Sur le nombre de feuilles**

L'effet du potassium sur le nombre de feuilles par plant en condition non stressée est représenté sur la figure 12. Les résultats n'ont montré aucune différence significative entre les différents sous-traitements. Cependant, le P1 (8 feuilles), P0 témoin et P2 (7 feuilles) ont présenté le plus grand nombre de feuilles contrairement au sous-traitement P4 (4 feuilles).

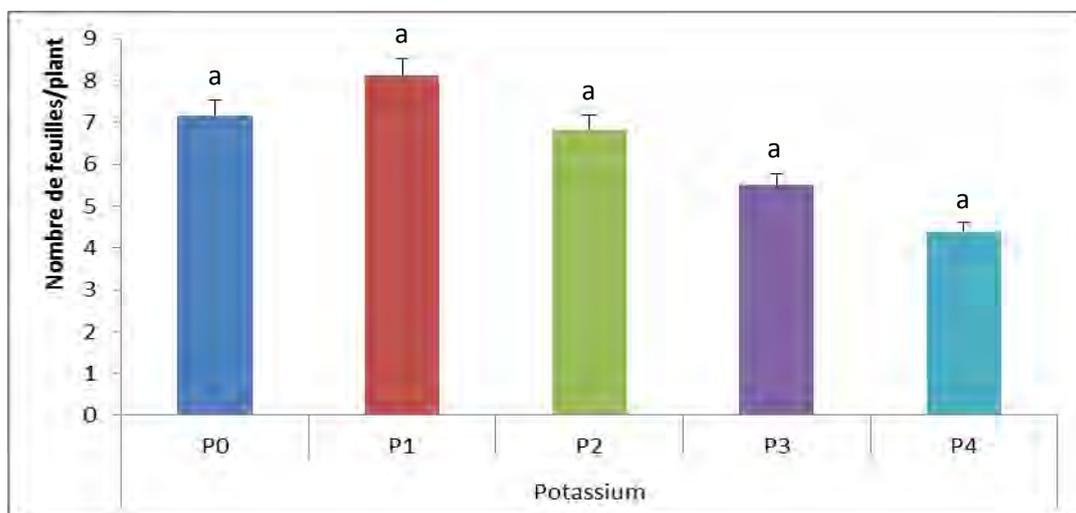


Figure 12. Effet du potassium sur le nombre de feuilles/plant de gombo
Doses de K_2SO_4 (P0= 0 g ; P1= 3 g ; P2= 6 g ; P3= 9 g ; P4= 12 g)

– Sur le nombre de ramifications

L'effet du potassium sur le nombre de ramifications/plant en condition non stressée est reporté sur la figure 13. Les résultats ont montré qu'il y a une différence significative entre le sous-traitement P1 et les sous-traitements P3 et P4. Le sous-traitement P1 a donné le plus grand nombre de ramifications/plant (3 ramifications) alors que le petit nombre est enregistré avec le sous-traitement P4 (1 ramification).

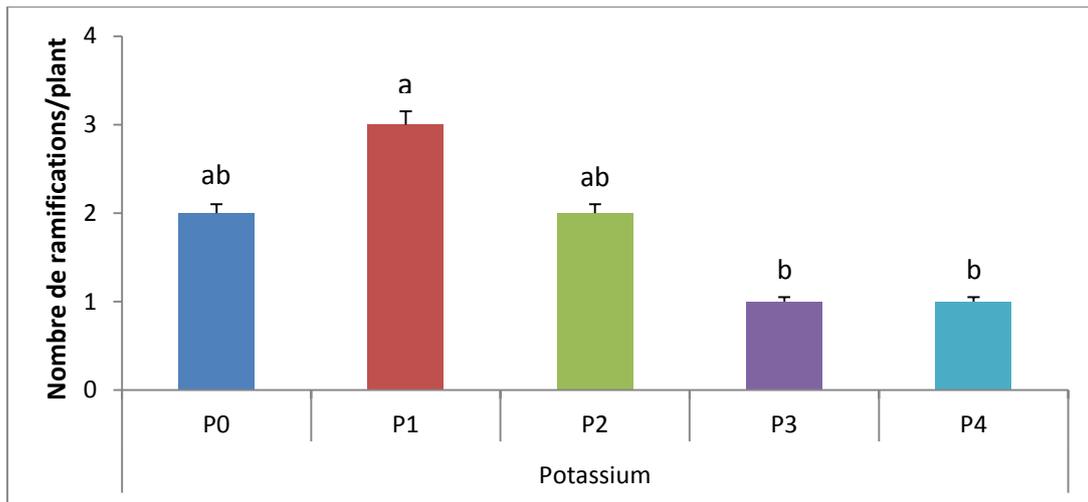


Figure 13. Effet du potassium sur le nombre de ramifications/plant de gombo
Doses de K_2SO_4 (P0= 0 g ; P1= 3 g ; P2= 6 g ; P3= 9 g ; P4= 12 g)

3.1.3. Effet de l'interaction du NaCl et du potassium sur les paramètres de croissance

L'effet combiné du sel et du potassium sur la hauteur, le diamètre au collet, le nombre de feuilles et le nombre de ramifications des plants, après 4 mois de culture, est reporté sur les figures 14, 15, 16 et 17.

– Sur la hauteur des plants

L'effet de l'interaction du sel et du potassium sur la hauteur des plants est représenté sur la figure 14. Le traitement principal S0 et le sous-traitement P2 (23,33 cm) et le traitement principal S0 et le sous-traitement P1 (22,24 cm) ont amélioré mieux la hauteur des plants contrairement au traitement principal S0 et le sous traitement P3 (13 cm) qui a enregistré la plus petite hauteur. Cependant, aucune différence significative n'a été notée entre les traitements principaux et les sous-traitements.

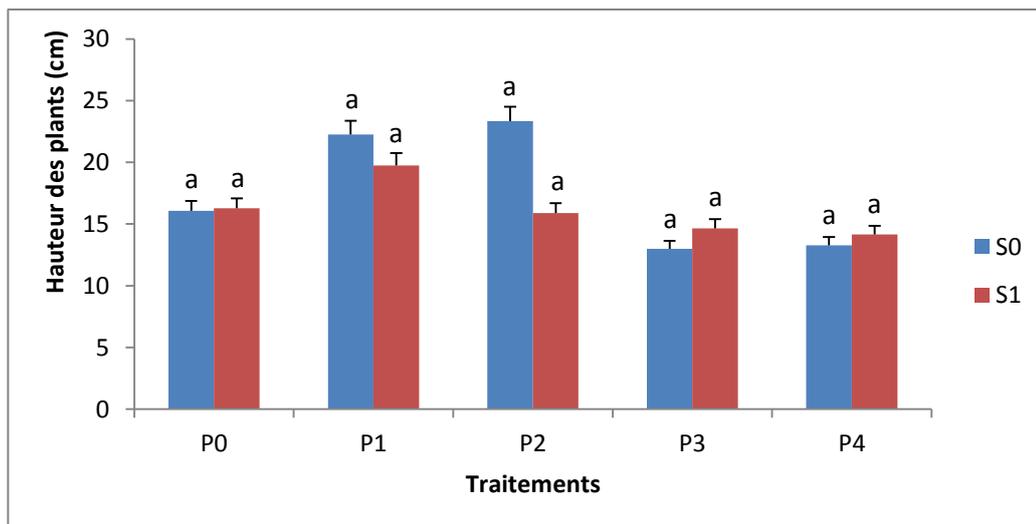


Figure 14. Effet de l'interaction du sel et du potassium sur la hauteur des plants de gombo

– **Sur le diamètre au collet**

L'effet combiné du sel et du potassium sur le diamètre au collet est représenté sur la figure 15. Il n'y a pas eu de différence significative entre les traitements principaux et les sous-traitements. Cependant, les plus grands diamètres au collet sont obtenus respectivement avec les S0 et P1 (0,74 cm), S1 et P1 (0,68 cm), S0 et P2 (0,67 cm) alors que le traitement principal S1 et le sous-traitement P4 ont donné le plus petit diamètre (soit 0,48 cm).

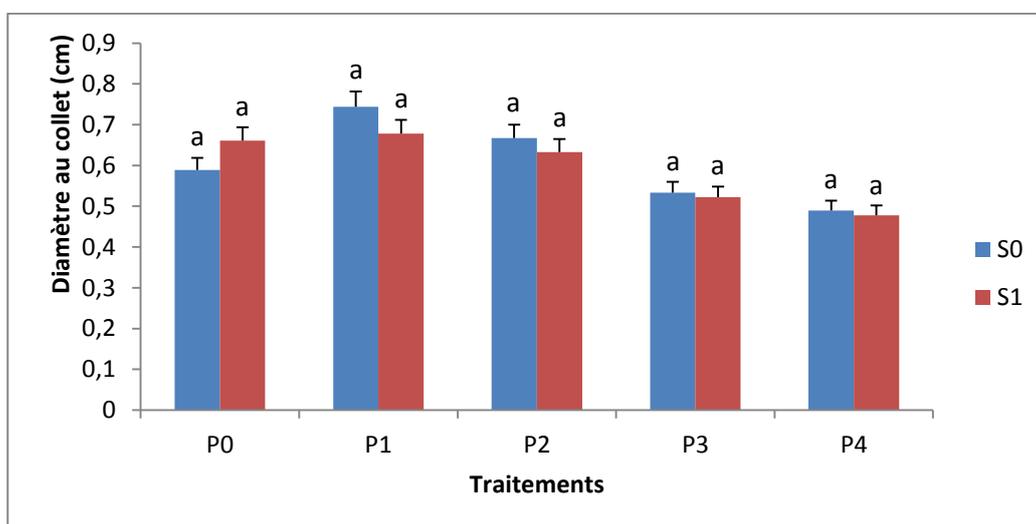


Figure 15. Effet de l'interaction du sel et du potassium sur le diamètre au collet des plants de gombo

– **Sur le nombre de feuilles**

La figure 16 nous présente l'effet de l'interaction du sel et du potassium sur le nombre de feuilles par plant. La réponse de l'interaction du sel et du potassium sur le nombre de feuilles par plant n'est pas significative. Néanmoins, S0 et P1 ont donné plus de feuilles (10 feuilles) contrairement à S1 et P4 qui ont donné moins de feuilles (5 feuilles).

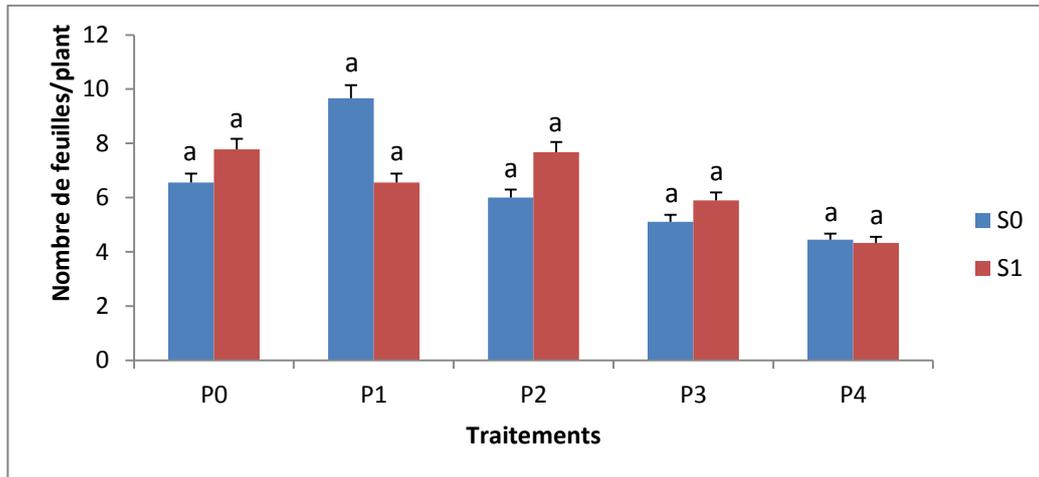


Figure 16. Effet de l'interaction du sel et du potassium sur le nombre de feuilles/plant

– **Sur le nombre de ramifications**

La figure 17 regroupe l'effet de l'interaction du sel et du potassium sur le nombre de ramifications par plant. Il n'y a pas eu de différence significative entre les traitements principaux et les sous-traitements. Par contre, les plus grands nombres de ramifications ont été obtenus avec les S0 et P1 et S1 et P2 (soit 3 ramifications) alors que les S0 et P4 et S1 et P4 ont enregistré moins de ramification (1 ramification).

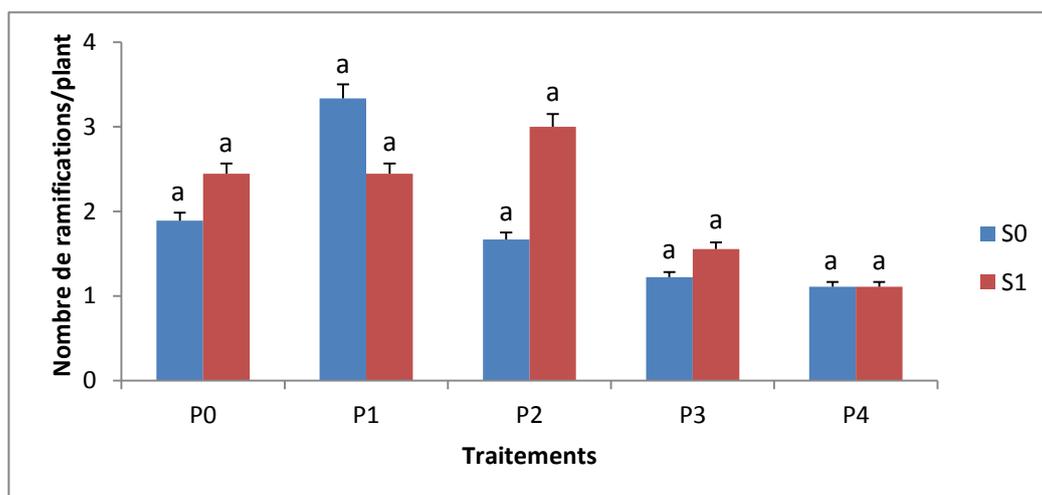


Figure 17. Effet de l'interaction du sel et du potassium sur le nombre de ramifications/plant

3.2. Influence du NaCl et du potassium sur la biomasse et le rendement et ses paramètres

3.2.1. Effet sur les biomasses fraîches (aérienne et racinaire)

Les résultats du test de significativité des effets du sel et du potassium sur les biomasses fraîches après 4 mois de culture sont reportés dans le tableau 8. L'analyse statistique a montré que l'interaction du sel et du potassium n'a pas un effet significatif ($p > 0,05$) sur les biomasses fraîches aérienne et racinaire. Par contre, le potassium a un effet significatif ($p < 0,05$) sur la longueur de la partie aérienne (biomasse aérienne) en condition non stressée.

Tableau 8. Test de significativité des effets du sel et du potassium sur les biomasses fraîches

Facteurs	LPA	LPR	PPA	PPR
Sel	0,95	0,52	0,218	0,355
Potassium	0,016 *	0,061	0,485	0,344
Sel*Potassium	0,72	0,391	0,623	0,608

LPA: Longueur Partie Aérienne ; LPR: Longueur Partie Racinaire ; PPA: Poids Partie Aérienne ; PPR: Poids Partie Racinaire. * : significatif au seuil de 5% selon le test de Tukey.

– Effet du sel sur les biomasses fraîches

La figure 18 nous présente l'effet du sel sur les biomasses fraîches. Il ressort de l'analyse que le sel diminue la longueur de la partie racinaire mais améliore le poids de la partie aérienne et celui de la partie racinaire.

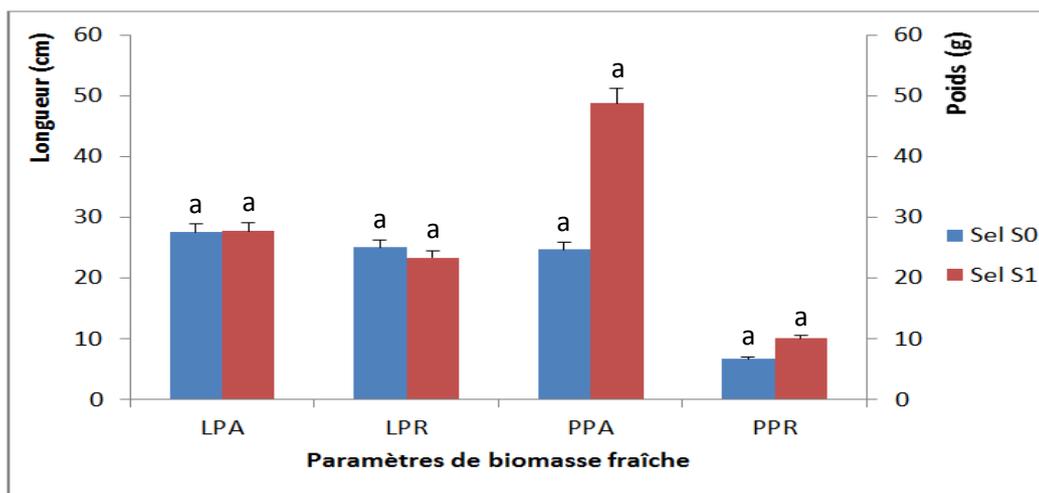


Figure 18. Effet du sel sur les biomasses fraîches des plants de gombo

LPA: Longueur Partie Aérienne ; LPR: Longueur Partie Racinaire ;

PPA: Poids Partie Aérienne ; PPR: Poids Partie Racinaire ; S0: eau non salée ; S1: eau salée

– **Effet du potassium sur les biomasses fraîches**

La figure 19 montre l'effet du potassium sur les biomasses fraîches en condition non stressée. Les résultats statistiques ont montré qu'il y'a une différence significative entre le sous-traitement P2 et les sous-traitements P3 et P4 pour la longueur de la partie aérienne. Les plus grandes longueurs sont obtenues respectivement avec les sous-traitements P2 (37 cm), P0 et P1 (29 cm).

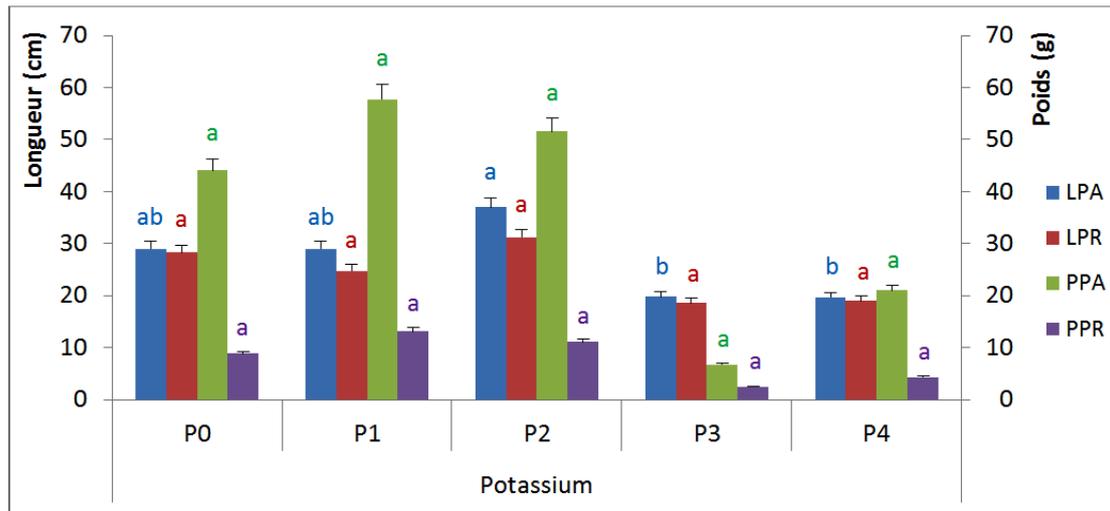


Figure 19. Effet du potassium sur les biomasses fraîches des plants de gombo

Doses de K_2SO_4 (P0= 0 g ; P1= 3 g ; P2= 6 g ; P3= 9 g ; P4= 12 g) ; LPA: Longueur Partie Aérienne ; LPR: Longueur Partie Racinaire ; PPA: Poids Partie Aérienne ; PPR: Poids Partie Racinaire.

– **Effet de l'interaction du NaCl et du potassium sur les biomasses fraîches**

La figure 20 nous révèle l'effet de l'interaction du sel et du potassium sur les biomasses fraîches. Statistiquement, l'analyse n'a montré aucune différence significative entre les traitements. Pour le poids de la partie aérienne, les meilleures valeurs sont obtenues avec les S1 et P1 (91,33 g), S1 et P0 (témoin) (68,48 g) et S1 et P2 (56,96 g). De même, les S1 et P1 (20,54 g), S1 et P0 (11,67 g) et S0 et P2 (11,05 g) ont obtenu les meilleurs poids de partie racinaire. Pour la longueur de la partie aérienne, les meilleures valeurs sont obtenues avec les S0 et P2 (41 cm), S1 et P2 (33 cm) et S1 et P0 (32 cm). Par ailleurs, les S0 et P2 (37,67 cm), S0 et P0 (témoin) (28,88 cm) et S0 et P1 (28,29) ont enregistré les plus grandes longueurs de partie racinaire.

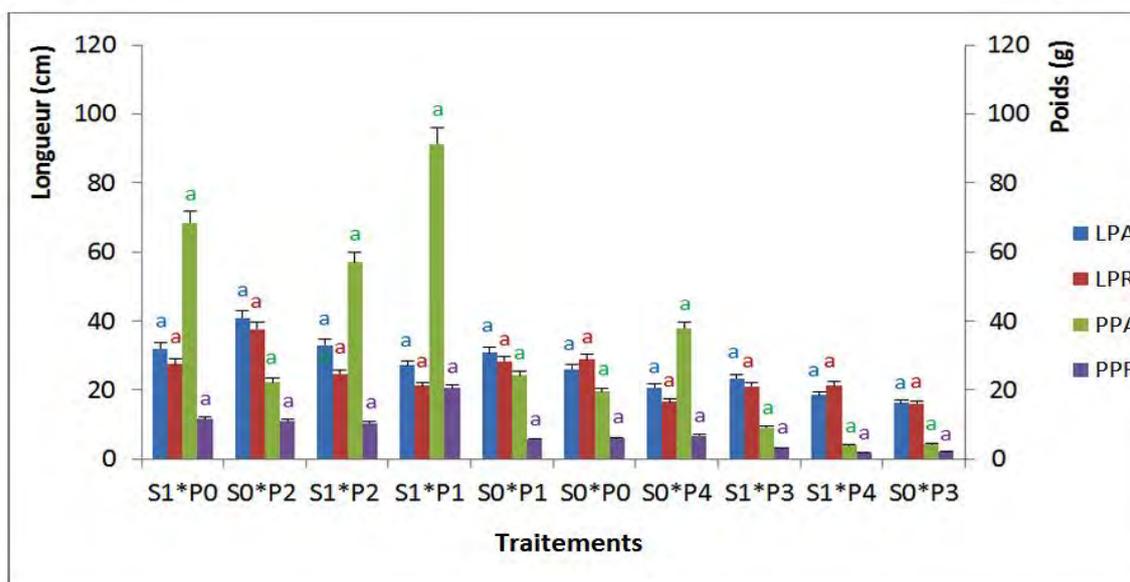


Figure 20. Effet de l'interaction du sel et du potassium sur les biomasses fraîches des plants

LPA: Longueur Partie Aérienne ; LPR: Longueur Partie Racinaire ;

PPA: Poids Partie Aérienne ; PPR: Poids Partie Racinaire

3.2.2. Effet sur les biomasses sèches (aérienne et racinaire)

Les résultats du test de significativité des effets du sel et du potassium sur les biomasses sèches après 4 mois de culture sont consignés dans le tableau 9. Il ressort de l'analyse que le potassium a un effet significatif sur les biomasses sèches aérienne et racinaire en condition non stressée. L'interaction du sel et du potassium a aussi un effet significatif sur la biomasse sèche aérienne ($p < 0,05$). Cependant, aucun effet significatif du sel n'est noté sur les biomasses sèches aérienne et racinaire ($p > 0,05$).

Tableau 9. Test de significativité des effets du sel et du potassium sur les biomasses sèches

Facteurs	BSA (g)	BSR (g)
Sel	0,06	0,104
Potassium	0,0142 *	0,0172 *
Sel-Potassium	0,0147 *	0,077

BSA: Biomasse Sèche Aérienne ; BSR: Biomasse Sèche Racinaire

* : significatif au seuil de 5% selon le test de Tukey.

– **Effet de l'interaction du NaCl et du potassium sur la biomasse sèche aérienne**

La figure 21 nous montre l'effet de l'interaction du sel et du potassium sur la biomasse sèche aérienne. L'analyse a montré qu'en considérant uniquement le potassium, les plus grandes biomasses sèches aériennes sont fournies respectivement par les S0 et P2 et S0 et P1. En ce qui concerne l'interaction du sel et du potassium, les plus grandes valeurs de biomasse sont obtenues avec S1 et P1 et S1 et P3.

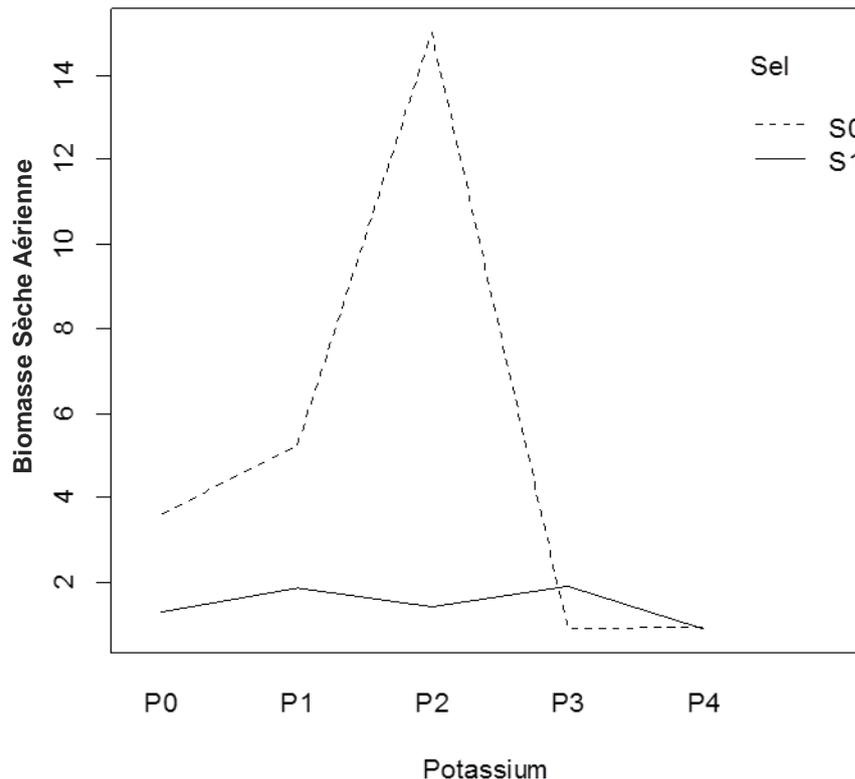


Figure 21. Effet de l'interaction du sel et du potassium sur la biomasse sèche aérienne en poids

Doses de K_2SO_4 (P0= 0 g ; P1= 3 g ; P2= 6 g ; P3= 9 g ; P4= 12 g) ; S0 : eau non salée ; S1 : eau salée

– **Effet de l'interaction du NaCl et du potassium sur la biomasse sèche racinaire**

L'effet de l'interaction du sel et du potassium sur la biomasse sèche racinaire est représenté sur la figure 22. Les résultats ont révélé qu'avec le potassium, les S0 et P2, S0 et P0 et S0 et P1 ont donné les meilleures biomasses fraîches racinaires. Mais suivant l'interaction du sel et du potassium, le traitement principal S1 et le sous-traitement P0 et de même que S1 et P2 ont donné les plus grandes valeurs.

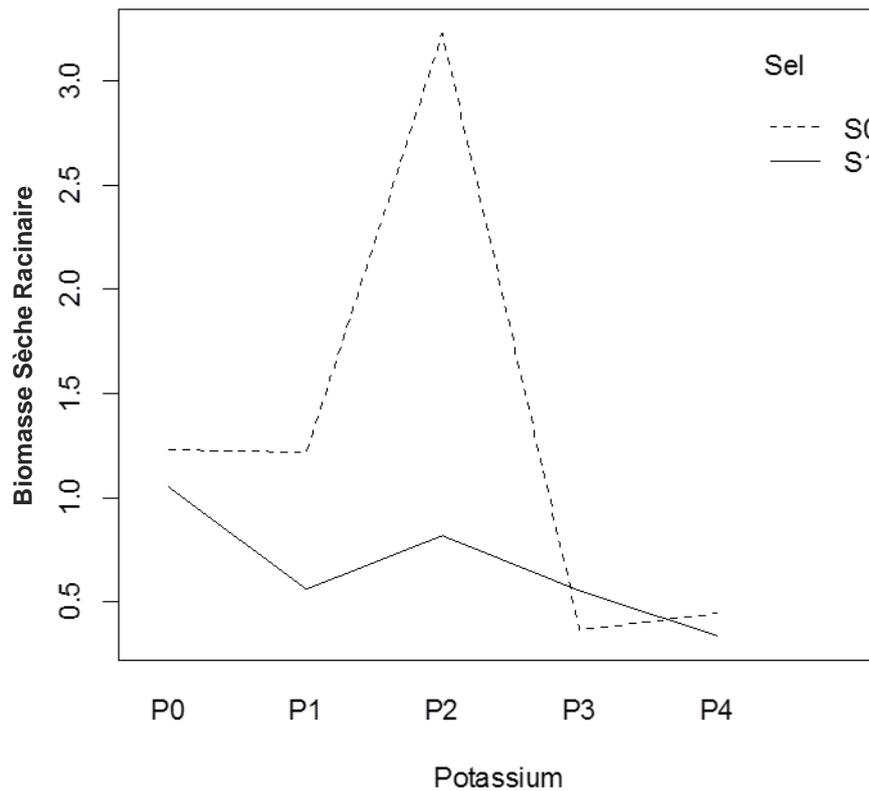


Figure 22. Effet de l'interaction du sel et du potassium sur la biomasse sèche racinaire en poids

Doses de K_2SO_4 (P0= 0 g ; P1= 3 g ; P2= 6 g ; P3= 9 g ; P4= 12 g) ; S0: eau non salée ; S1: eau salée

3.2.3. Influence sur le rendement et les caractéristiques du fruit

Les résultats du test de significativité des effets du sel et du potassium sur le rendement et ses paramètres, après 4 mois de culture, sont consignés dans le tableau 10. L'analyse a révélé que la réponse du potassium sur le poids et la longueur du fruit en condition non stressée est significative ($p < 0,05$) ainsi qu'en condition stressée.

Tableau 10. Test de significativité des effets du sel et du potassium sur le rendement et ses paramètres

Facteurs	PF (g)	LF (cm)	DM (cm)
Sel	0,16	0,151	0,412
Potassium	0,00332 **	0,00332 **	0,0521
Sel*Potassium	0,02691 *	0,02691 *	0,1358

PF: Poids frais Fruit ; LF: Longueur du Fruit ; DM: Diamètre Médian du Fruit

* : significatif ; ** : très significatif au seuil de 5% selon le test de Tukey.

Les figures 23 et 24 montrent respectivement l'influence du potassium sur le poids moyen du fruit en condition non stressée et en condition stressée. L'analyse a révélé que, l'effet quadratique de K sur le rendement en fruits est significatif, la dose optimale est l'abscisse qui annule la dérivée première de l'équation de la parabole.

Pour la condition non stressée, la dose optimale de potassium (K) est de 4,93 g/plant (Figure 23). En présence du sel, la dose optimale, solution des systèmes d'équations est: $K_{\max} = 5,13$ g/plant (Figure 24).

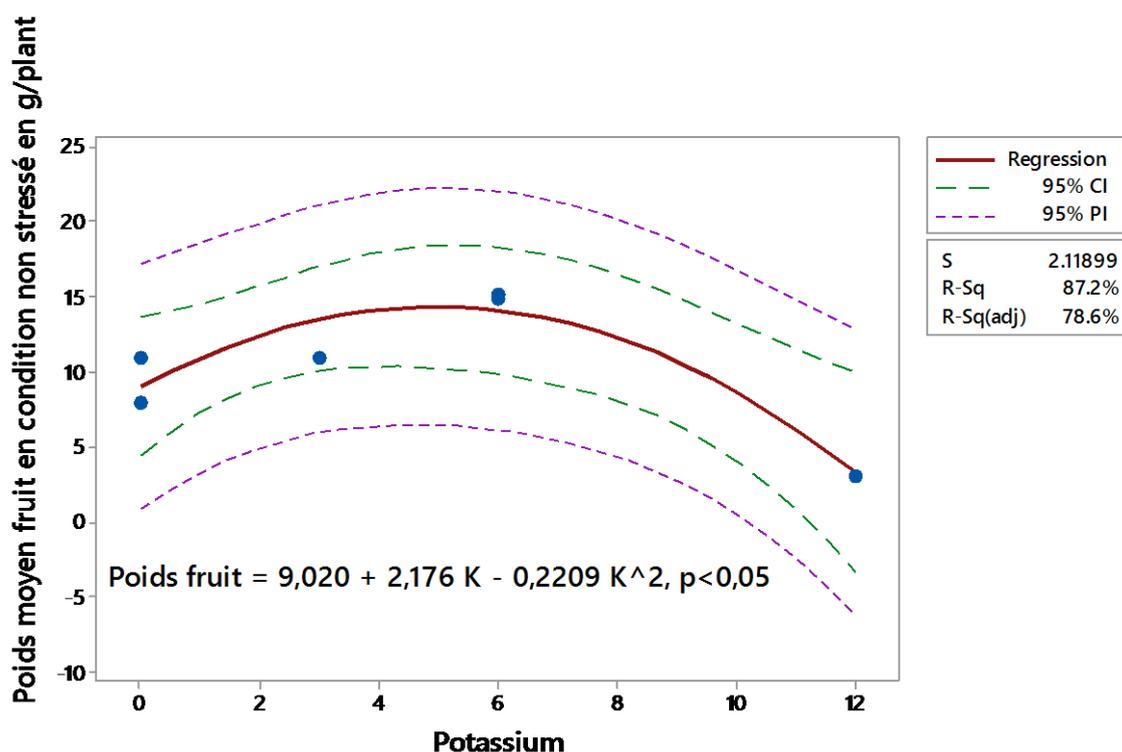


Figure 23. Influence du potassium sur le poids moyen du fruit en condition non stressée

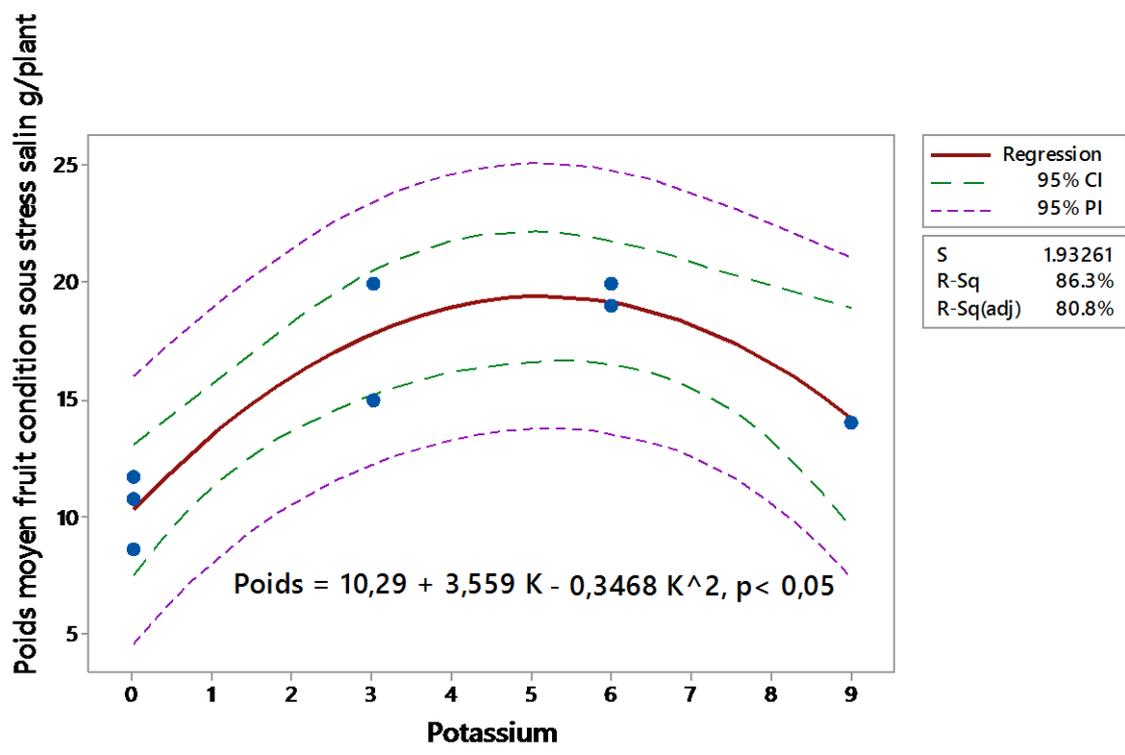


Figure 24. Influence du potassium sur le poids moyen du fruit en condition stressée