

## 1. Résultats

### 1.1 Influence des stress abiotiques sur les paramètres morphologiques, physiologiques, biochimiques et enzymatiques de deux variétés de blé dur

#### 1.1.1 Paramètres morphologiques

##### 1.1.1.1 Taux de germination

###### a. Effet du stress salin sur le taux de germination

L'évolution du taux de germination des deux variétés de blé dur « *GTA dur* » et « *Semito* » soumises au stress salin après 9 jours de traitement, est illustré dans la (**Figure 9**).

L'analyse des résultats montre que la concentration de NaCl dans le milieu influe sur le taux de germination des deux espèces étudiées. Cette influence est confirmée par l'analyse de la variance à un seul critère de classification dont la différence des moyennes est très hautement significative ( $p < 0,001$ ) pour les deux variétés de blé dur « *GTA dur* » et « *Semito* ».

Comparativement au témoin, on remarque que le taux de germination diminue significativement dès la dose 50 mM. Pour le traitement avec la plus forte concentration (100 mM), le taux de germination passe de 93,33 % pour le témoin à 26,66% et 86,66% à 23,33% pour *GTA dur* et *Semito* respectivement. Le taux de germination des graines diminue considérablement au fur et à mesure que la concentration en sel augmente.

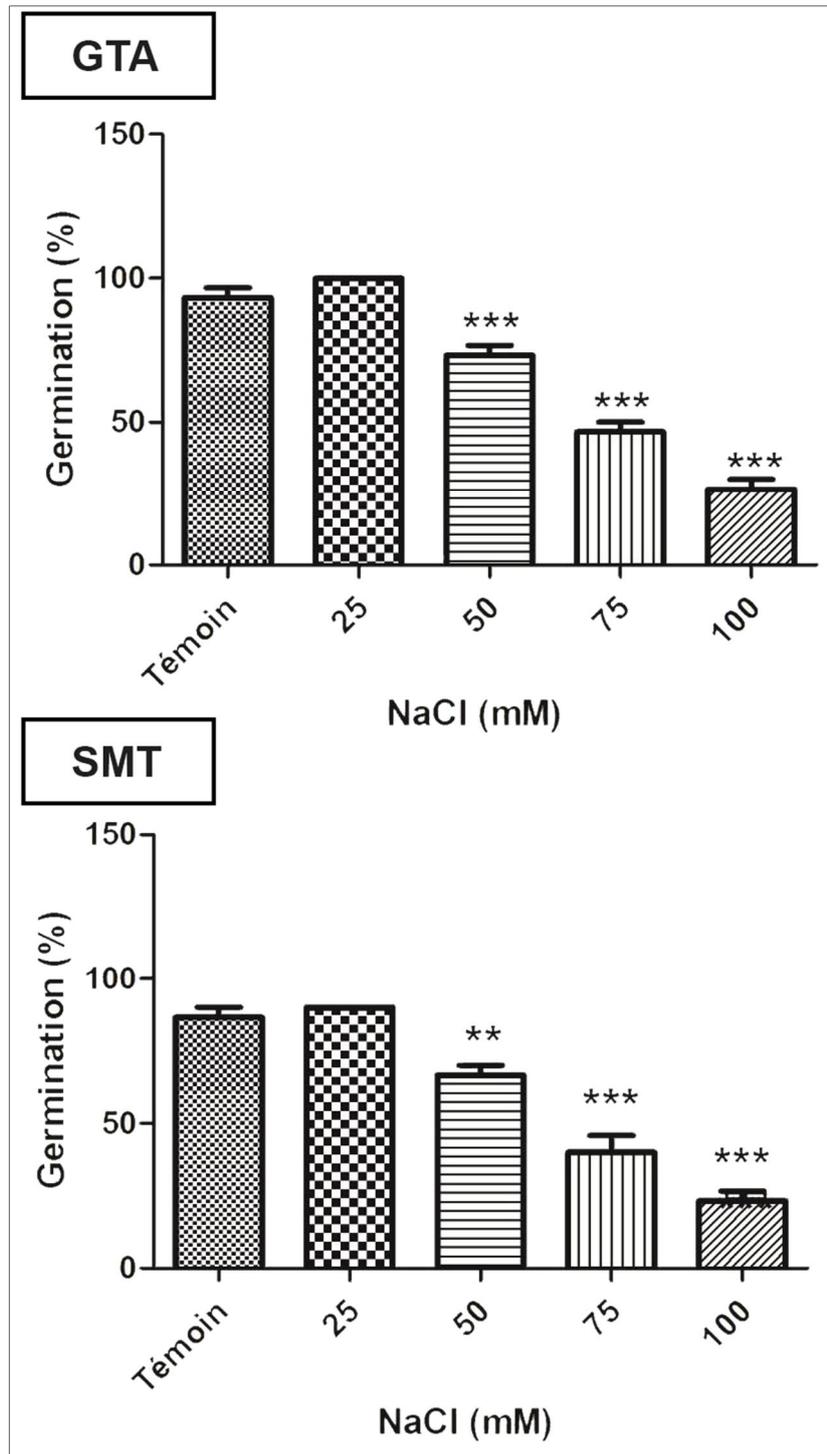
###### b. Effet du Zinc sur le taux de germination

La (**Figure 10**) représente le taux de germination des deux variétés de blé dur « *GTA dur* » et « *Semito* » soumises à différentes doses de Zinc.

L'analyse de la variance à un seul critère de classification révèle, qu'il n'existe pas de différence significative ( $p > 0,05$ ). Le taux de germination des deux espèces étudiées « *GTA dur* » et « *Semito* » semble indifférent à l'application de différentes doses de Zinc et ne présente pas de différence significative vis-à-vis du niveau de traitement.

Le taux de germination reste presque stable. On remarque une légère augmentation, où elle passe de 93,33% pour le témoin pour atteindre 96,66% et 100% et de 86,66% à 96,66% avec le traitement 0,12 mM et 0,25 mM pour les deux variétés de blé dur *GTA dur* et *Semito* respectivement. Donc on peut dire que le Zinc augmente le taux de germination.

Le taux de germination ne semble pas affecté pour le traitement avec les différents traitements au Zinc pour les deux variétés.



**Figure 9. Taux de germination de deux variété de blé dur « *GTA dur* » et « *Semito* » soumis au stress salin**

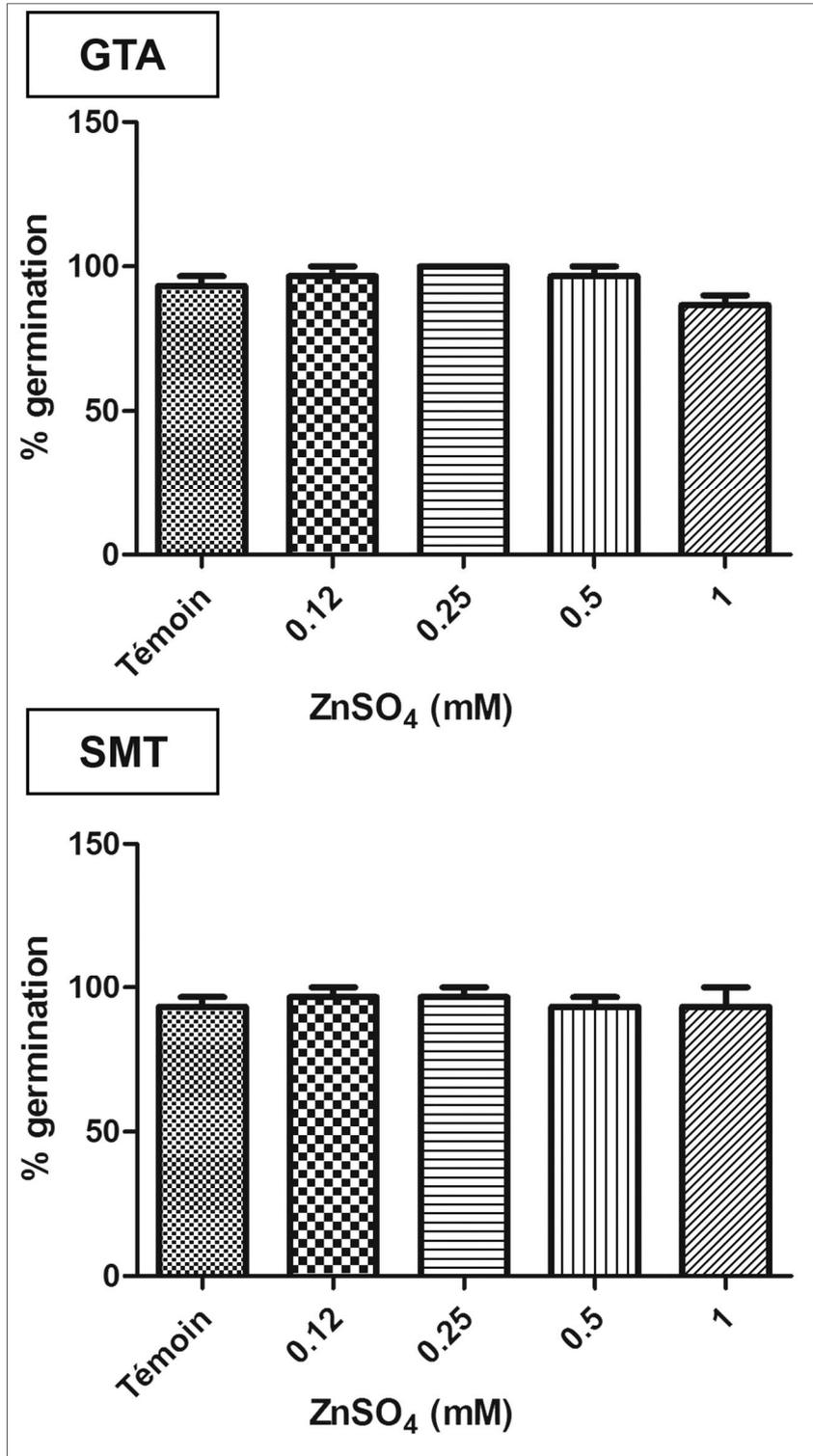


Figure 10. Taux de germination des deux variétés de blé dur « *GTA* dur » et « *Semito* » soumis à différent traitement au ZnSO<sub>4</sub>.

### 1.1.1.2 Longueur des feuilles et des racines

#### a. Effet du stress salin sur la longueur des feuilles et de racines

Les (**Figure 11**) et (**Figure 12**), représentent l'évolution de la longueur des feuilles et des racines des deux variétés de Blé dur « *GTA dur* » et « *Semito* » respectivement, soumises au Stress salin. L'analyse de la variance à un seul critère de classification à montrer une diminution très hautement significative ( $p < 0,001$ ) dans les feuilles et les racines des deux variétés de blé.

L'application de NaCl à faibles doses (25 mM) enregistre un résultat hautement significatif par rapport au témoin dans les feuilles chez la variété « *GTA dur* ». L'effet du stress salin aux plus fortes concentrations (75 mM et 100 mM) a révélé une diminution très hautement significative ( $p < 0,001$ ), où la longueur des feuilles diminue de la valeur 16,53 cm, moyenne du témoin non stressé à 8,56 cm, valeur moyenne mesurée sous stress de 100 mM NaCl (**Figure 11**).

La croissance racinaire en longueur pour les graines traitées par une faible concentration de NaCl (25 mM) semble indifférente à la contrainte saline et ne présente pas de différence significative vis-à-vis du faible niveau de salinité. Alors qu'en augmentant le niveau de la salinité, on observe une diminution de la longueur des racines par rapport au témoin, elle passe de 17,66 cm (témoin) à 13,16 cm, 9,96 cm, 5,2 cm et 3,06 cm avec les dose les doses 75 et 100 mM respectivement chez les variétés « *GTA dur* » (**Figure 11**). Les résultats sont illustrés dans la (**Figure 11**), ce fait est confirmé par l'analyse de la variance à un seul critère de classification dont la différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ).

Chez la variété « *Semito* », tandis que l'application d'une faible dose de NaCl (25 mM), a donné un effet non significatif ( $p > 0,05$ ) sur la longueur des feuilles, l'analyse de la variance avec la dose 50 mM commence à révéler une diminution significative. Avec les plus fortes doses (75 et 100 mM), l'analyse statistique enregistres une variance très hautement significative. La longueur des feuilles passe de 15,86 cm (témoin) à 8,63 cm et 5,43 cm avec 75 et 100 mM de NaCl respectivement (**Figure 12**).

Autant que les feuilles, les racines sont aussi touchées par l'agressivité de la salinité dans le milieu. Malgré son indifférence avec la dose 25 mM, l'augmentation du niveau de la salinité, semble affecter ce paramètre, on observe une diminution de la longueur des racines pour les deux variétés par rapport au témoin. La longueur des racines passe de 14,6 cm (témoin) pour atteindre 5,3 et 4,86 cm avec la dose 75mM et 1,06 cm et 2,76 cm avec la dose 100 mM chez les variétés *GTA dur*, *Semito* respectivement (**Figure 12**).

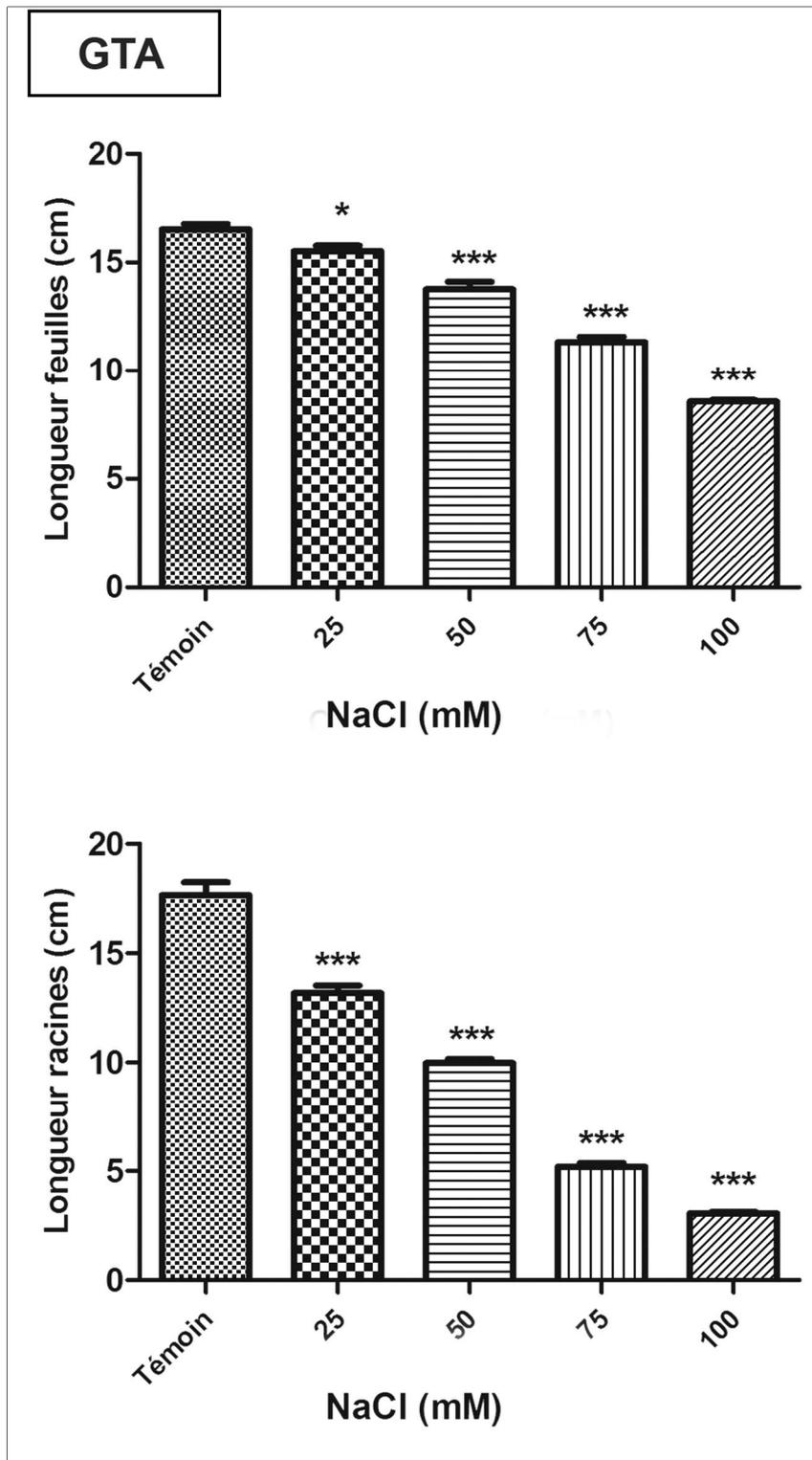
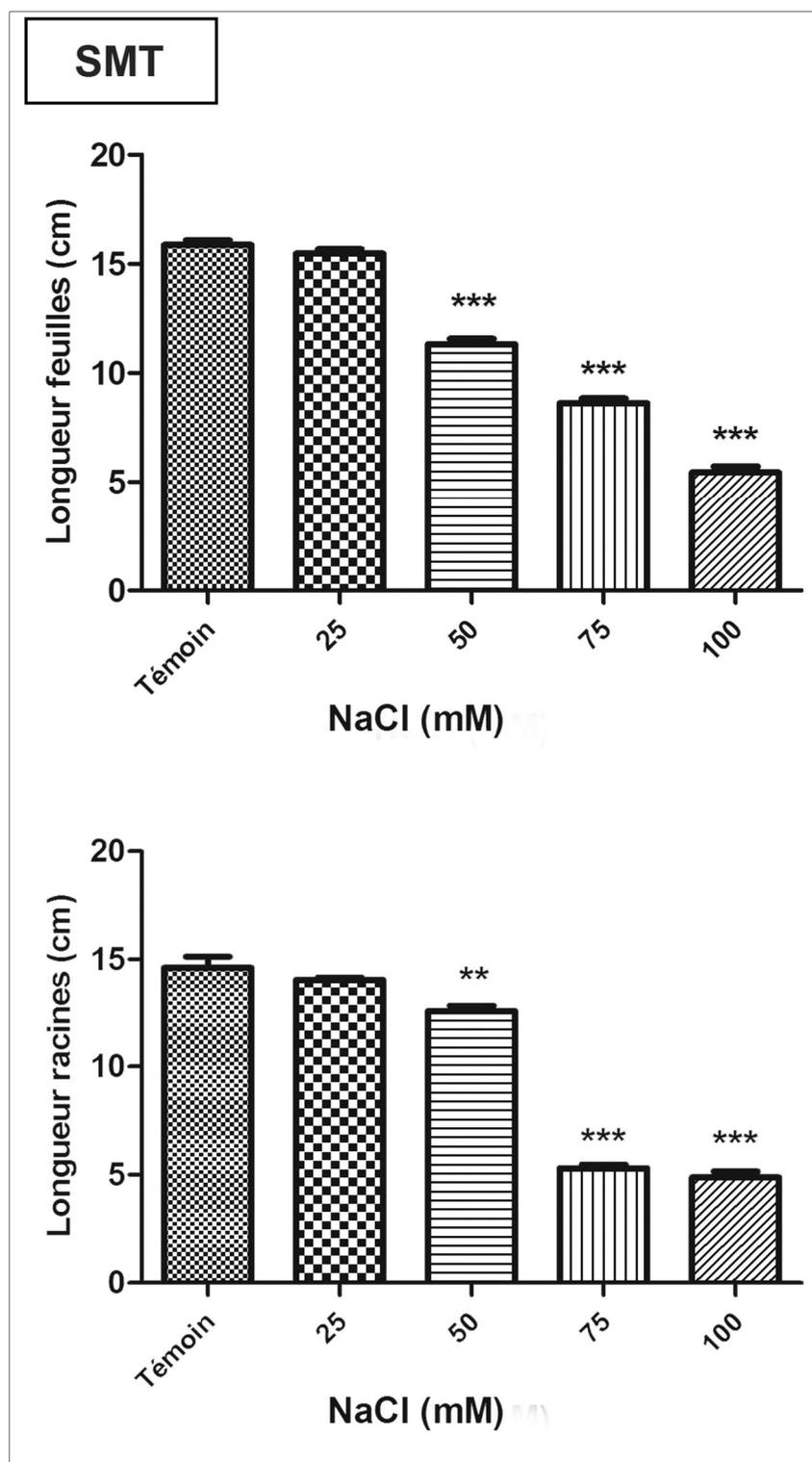


Figure 11. Longueur des feuilles et des racines de la variété « *GTA dur* » soumise au stress salin



**Figure 12. Longueur des feuilles et des racines de la variété « *Semito* » soumise au stress salin**

## **b. Effet du Zinc sur la longueur des feuilles et de racines**

Les (**Figure 13 et Figure 14**) représentent l'évolution de la longueur des feuilles et des racines des deux variétés de Blé dur « *GTA dur* » et « *Semito* » soumises à différentes doses de Zinc ( $ZnSO_4$ ). L'analyse de la variance à un seul critère de classification à montrer une diminution très hautement significative ( $p < 0,001$ ) pour les deux variétés de blé.

Chez la variété *GTA dur*, l'application du Zinc à faibles doses (0,12 mM et 0,25 mM), a donné un effet non significatif ( $p > 0,05$ ) sur la longueur des feuilles par rapport au témoin. Seulement avec la plus forte concentration (1 mM) de Zinc, on enregistre une diminution très hautement significative ( $p < 0,001$ ), où la longueur des feuilles passe de 16,53 cm chez le témoin à 14 cm.

La longueur racinaire de la variété « *GTA dur* » est représenté dans la (**Figure 13**). L'analyse de la variance à un seul critère de classification révèle un résultat très hautement significative ( $p < 0,001$ ) pour ce paramètre. Nos résultats font ressortir que, la croissance racinaire en longueur pour les plantules traitées à faible dose de traitement  $ZnSO_4$  (0,25 mM), enregistre une diminution hautement significative pour la variété *GTA*. À partir de du traitement 0,5 mM, l'effet de Zinc commence à être plus intensif. L'analyse de la variance enregistre une diminution très hautement significative de la longueur des racines chez la variété *GTA dur*. La longueur des racines passe de 17,66 cm chez le témoin, pour atteindre 3,3 cm et 2,76 cm avec 0,5 mM et 1 mM  $ZnSO_4$  chez les variétés *GTA dur*.

La longueur des feuilles chez la variété *Semito*, enregistre une diminution significative par rapport au témoin (**Figure 14**). Tandis que le traitement à la plus forte concentration (1 mM) de Zinc, à révéler une diminution très hautement significative ( $p < 0,001$ ). Elle passe 15,86 cm chez le témoin, à 11,93 cm, avec 1 mM  $ZnSO_4$ .

Pour la longueur des racines, dès la plus faible dose de traitement (0,25 mM  $ZnSO_4$ ), on remarque une diminution très hautement significative chez la variété *Semito*. La longueur des racines passe de 14,6 cm chez le témoin à 2,43cm 1,36cm avec 0,5 mM et 1 mM  $ZnSO_4$ . On remarque que la partie souterraine est plus affectée par le traitement avec les différent traitement de Zinc que la partie aérienne.

### **1.1.2 Paramètre physiologiques**

#### **1.1.2.1 Teneur relative en eau (TRE)**

##### **a. Effet du stress salin sur la teneur relative en eau**

L'analyse de la teneur relative en eau, permet de décrire d'une manière globale le statut hydrique de la plante et d'évaluer l'aptitude à réaliser une bonne osmorégulation et de maintenir une turgescence cellulaire (Morant-Manceau et al.,2004).

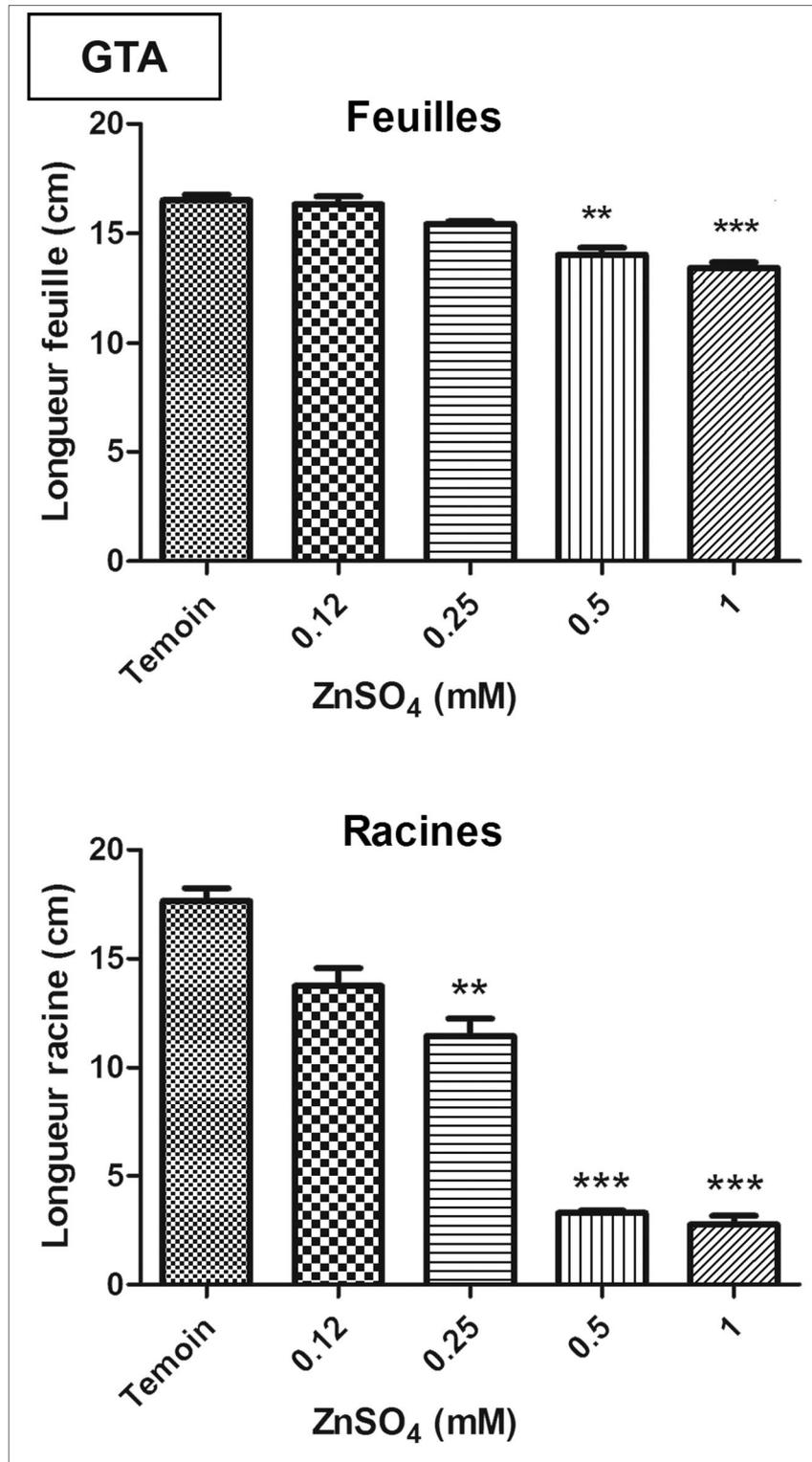


Figure 13. Longueur des feuilles et des racines de la variété « *GTA dur* » soumise à différentes doses de ZnSO<sub>4</sub>.

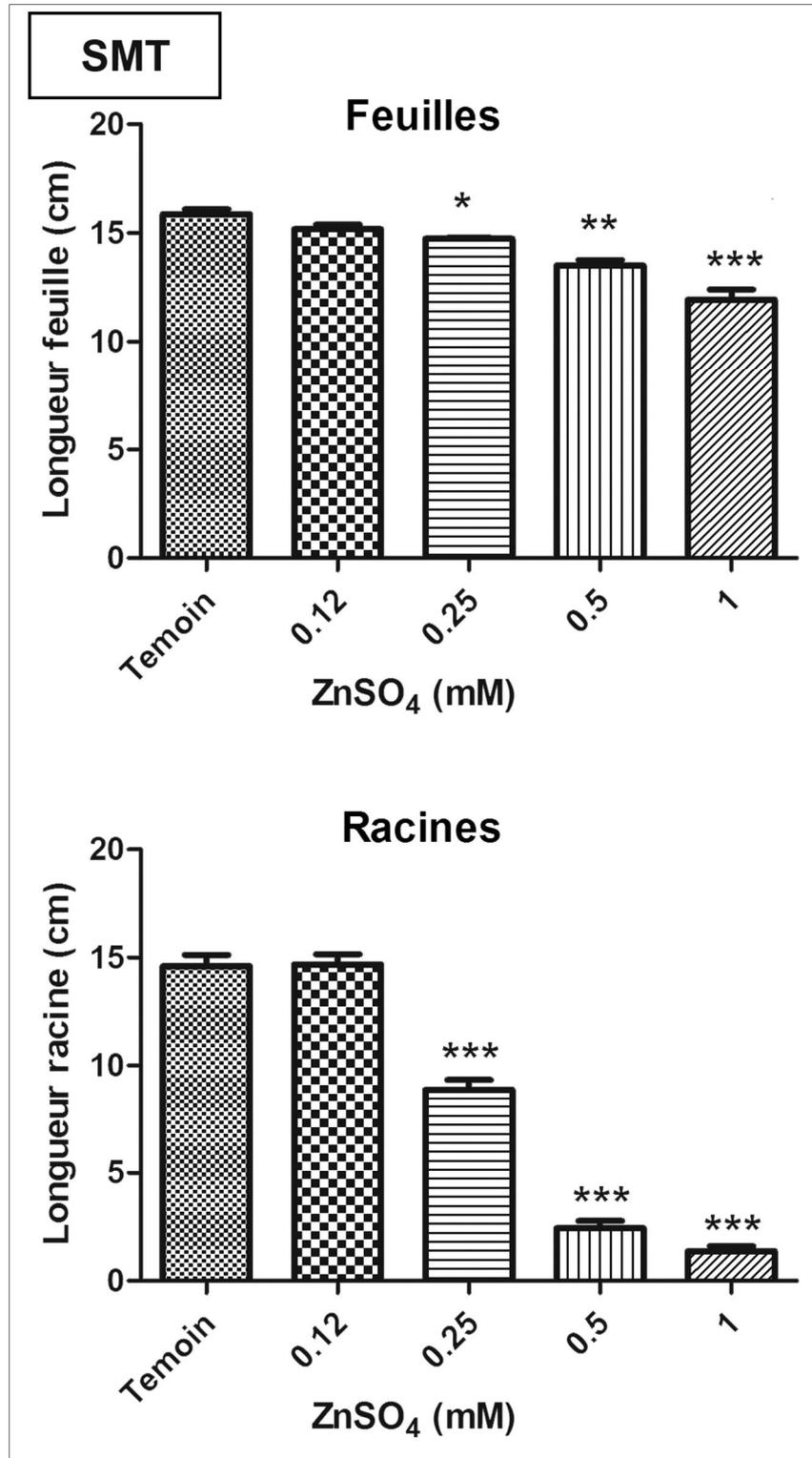


Figure 14. Longueur des feuilles et des racines de la variété « *Semito* » soumise à différentes doses de ZnSO<sub>4</sub>.

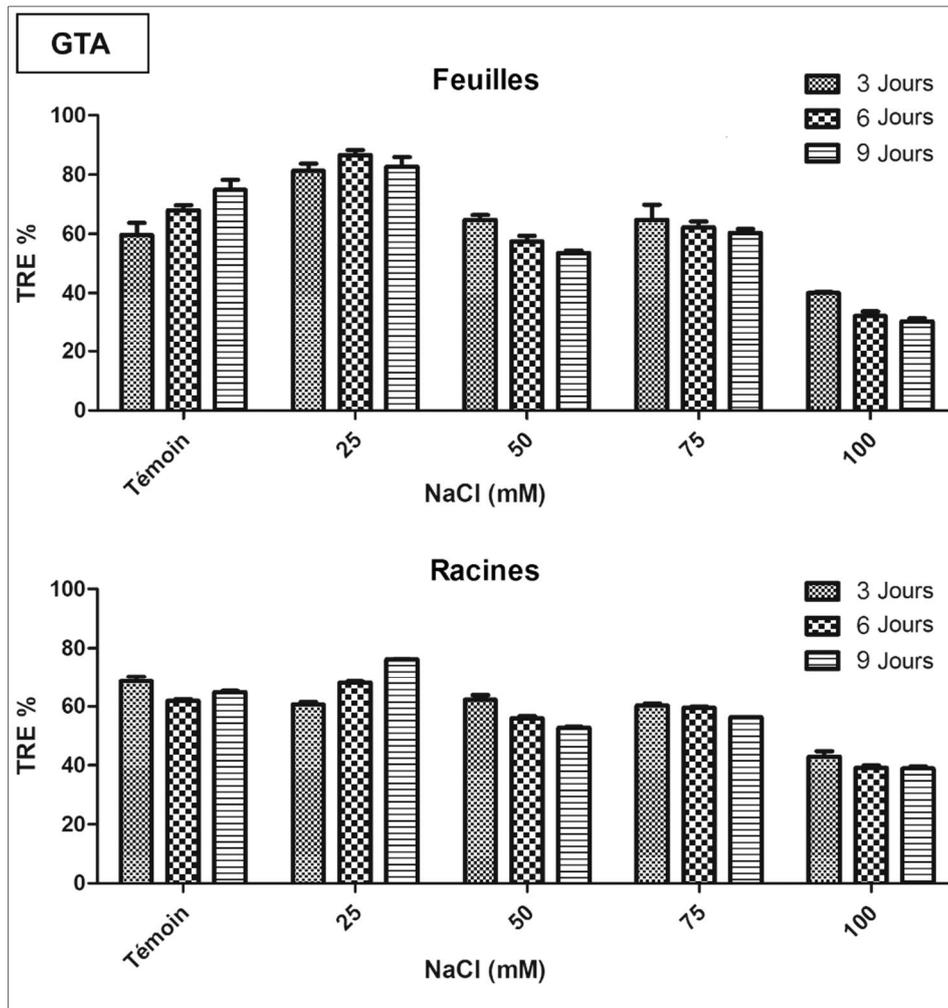
D'autre part, la salinité est un phénomène complexe qui conduit souvent à un stress osmotique dû à la diminution des quantités d'eau disponible au niveau de la rhizosphère, suite à la réduction de l'aptitude des plantes à absorber l'eau. Les **(Figure 15, 16)** montre que la teneur relative en eau (TRE) des parties aérienne et souterraine des deux variétés de blé dur « *GTA dur* » et « *Semito* » après 3, 6 et 9 jours de traitement.

Elle varie en se décroissant sous l'effet de la salinité. Chez la variété *GTA*, la teneur relative en eau (TRE) dans les feuilles, montre une augmentation hautement significative de cette dernière avec la dose 25 mM et après 3 jours de traitement. Elle passe de 59,57 % à 81,2 % pour le traitement salin soit une augmentation de 36,31 %. Cette augmentation continue d'une façon très hautement significative après 6 jours de traitement, où elle atteint 86,59% de teneur relatif en eau **(Figure 15)**. À partir de la dose 50mM, l'analyse de la variance après 3 jours de traitement, enregistre un résultat non significatif, alors qu'après 6 jours de traitement on enregistre une diminution hautement significative. Pour la dose 100 mM l'intensité de stress semble plus agressive et l'analyse de la variance montre une diminution très hautement significative, où on enregistre une teneur relative en eau de 39,97 %, 32,23 % et 30,41 % par rapport au témoin après 3, 6 et 9 jours de traitement.

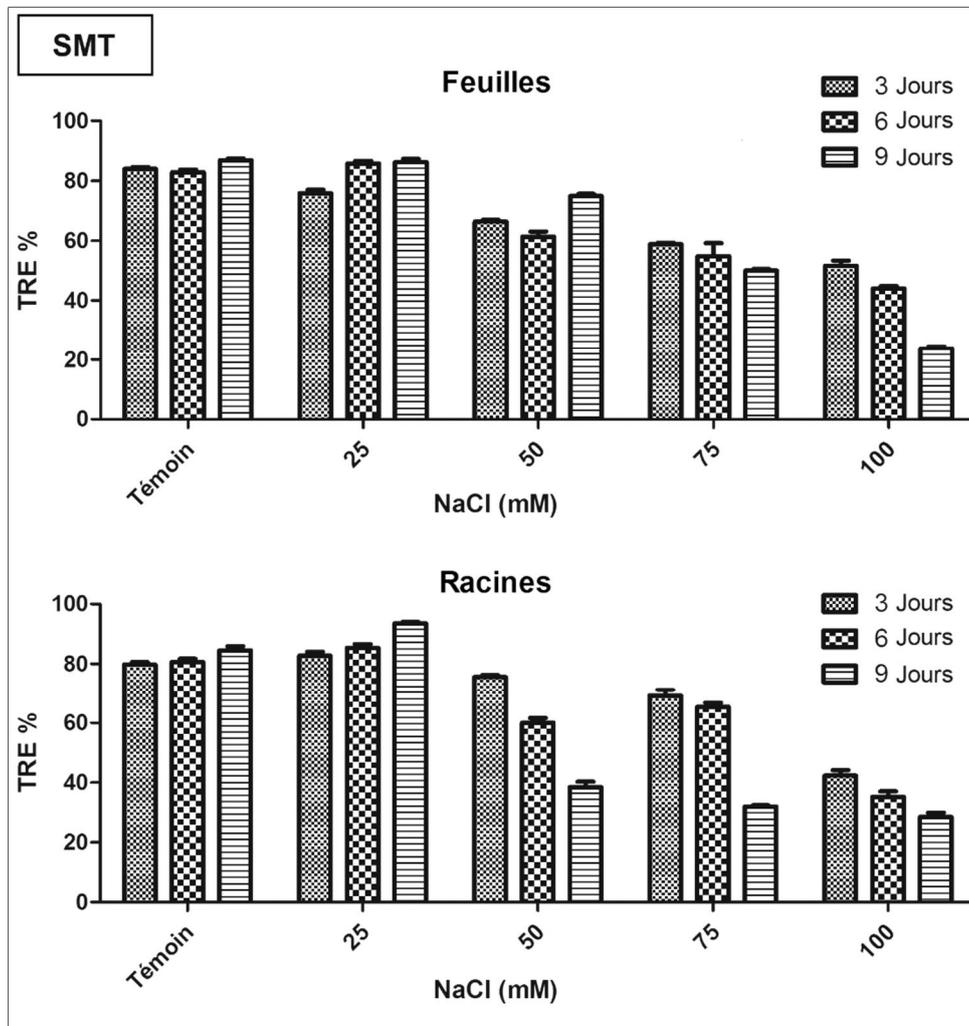
Aussi bien dans les feuilles, l'action dépressive de la salinité, à montrer une chute de la teneur relatif en eau dans les racines de la variété *GTA dur* **(Figure 15)**. Elle devient de plus en plus nette au fur et à mesure que le niveau de stress s'accroît. Seulement avec le traitement à la plus faible dose (25 mM) après 3 jours de traitement, on note une diminution hautement significative ( $p < 0,01$ ), qui change de stratégie après 6 et 9 jours et augmente d'une façon très hautement significative ( $p < 0,001$ ). Elle passe de 61,86% et 64,80% chez le témoin à 68,02% et 76,21% après 6 et 9 jours de traitement respectivement. À partir de la dose 50 mM, on remarque que la teneur relative en eau (TRE), diminue dans les racines avec l'augmentation du taux de stress salin dans le milieu. On enregistre une diminution de (TRE) de 9,28%, 10,10% et 18,65% par rapport au témoin après 3, 6 et 9 jours de traitement.

Chez la variété *Semito*, l'analyse de la variance est très hautement significative dans les feuilles et dans les racines. Avec la plus faible dose (25 mM), la teneur relative en eau enregistre un résultat non significatif après 6 et 9 jours de traitement **(Figure 16)**. Tandis qu'à partir de la dose 50 mM, on remarque que la teneur relative en eau dans les feuilles régresse d'une façon très hautement significative en augmentant l'intensité de stress salin. Elle passe de 86,81% chez le témoin à 74,85 %, 50,04 % et 23,92 % avec les doses 50, 75 et 100 mM respectivement, soit une réduction de 13,77 %, 42,35 % et 72,44 % après 9 jours de traitement.

Dans les racines, l'analyse de la variance à deux critères de classification (dose x temps) révèle une variance très hautement significative ( $p < 0,001$ ). Après 3, 6 et 9 jours de traitement



**Figure 15. Teneur relative en eau (TRE) des feuilles et des racines pour la variété « *GTA dur* » après 3, 6, 9 jours de traitement.**



**Figure 16. Teneur relative en eau (TRE) des feuilles et des racines pour la variété « *Semito* » après 3, 6, 9 jours de traitement.**

l'analyse de la variance à un seul critère de classification montre une différence très hautement significative. L'application de la plus faible dose de traitement entraîne un maintien et une augmentation de la teneur relative en eau dans les racines de la variété *Semito*, où elle passe de 84,49% à 93,51% avec la dose 25 mM après 9 jours de traitement (soit une augmentation de 10,67%). À partir de la dose 50 mM NaCl, la teneur relative en eau diminue et en augmentant l'intensité de stress elle diminue plus. La TRE subit une réduction de 66,29% dans les racines de la variété « *Semito* » avec la plus forte dose (100 mM NaCl) après 9 jours de traitement.

### **b. Effet du Zinc sur la teneur relative en eau**

Les (Figure 17 et Figure 18) montrent que la teneur relative des deux variétés de blé dur « *GTA dur* » et « *Semito* » après 3, 6 et 9 jours de traitement aux différentes doses de Zinc dans les parties aérienne et souterraine. L'analyse de la variance à deux critères montre une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ) pour les deux variétés dans les parties aérienne et souterraine.

Après le traitement des plantules avec les différentes doses de  $ZnSO_4$ , les résultats de teneur relative en eau dans les feuilles, montre une augmentation significative pour la variété *GTA dur* avec les doses 0,12 et 0,25 mM après 9 jours de traitement. On enregistre une teneur relative en eau qui passe de 74,83% chez le témoin à 85,76% et 83,36% avec 0,12, 0,25  $ZnSO_4$ . Tandis qu'avec les doses 0,5 et 1 mM  $ZnSO_4$ , l'analyse de la variance à un seul critère de classification montre une diminution très hautement significative de la (TRE) dans les feuilles des deux variétés de blé dur. On enregistre une diminution de 12,79%, 36,38% et 57,81% de la teneur en eau avec la dose 0,5 mM et de 30,60%, 42,39% et 52,17% avec la dose 1 mM après 3, 6 et 9 jours de traitement respectivement.

Dans les racines, on enregistre une augmentation très hautement significative de la (TRE) avec les doses 0,12 et 0,25 mM  $ZnSO_4$  après 6 et 9 jours de traitement. Elle passe de 68,52% à 74,71 %, 73,96 %, de 61,86 % à 77,06 %, 77,58 % et de 64,80 % à 77,83 %, 79,27 % avec les doses 0,12 et 0,25 mM  $ZnSO_4$  après 3, 6 et 9 jours de traitement respectivement.

Avec les fortes concentrations de  $ZnSO_4$  (0,5 et 1 mM), l'analyse de la variance révèle une diminution très hautement significative de la teneur relative en eau. Elle diminue d'une valeur de 24,43%, 18,94% et 46,01% avec 1 mM de  $ZnSO_4$  après 3, 6 et 9 jours de traitement respectivement.

Chez la variété *Semito*, on enregistre une augmentation significative de la teneur relative en eau dans les feuilles avec la dose 0,25 mM après le 9<sup>ème</sup> jour de traitement, elle passe de 86,81% à 89,26%. Le traitement aux doses 0,5 et 1 mM, enregistre une diminution très hautement significative de le (TRE). Elle passe de 83,95%, 82,89%, 86,81% chez le témoin à 57,33%, 54,73%, 51,59% avec la dose 1 mM après 3, 6 et 9 jours de traitement respectivement.

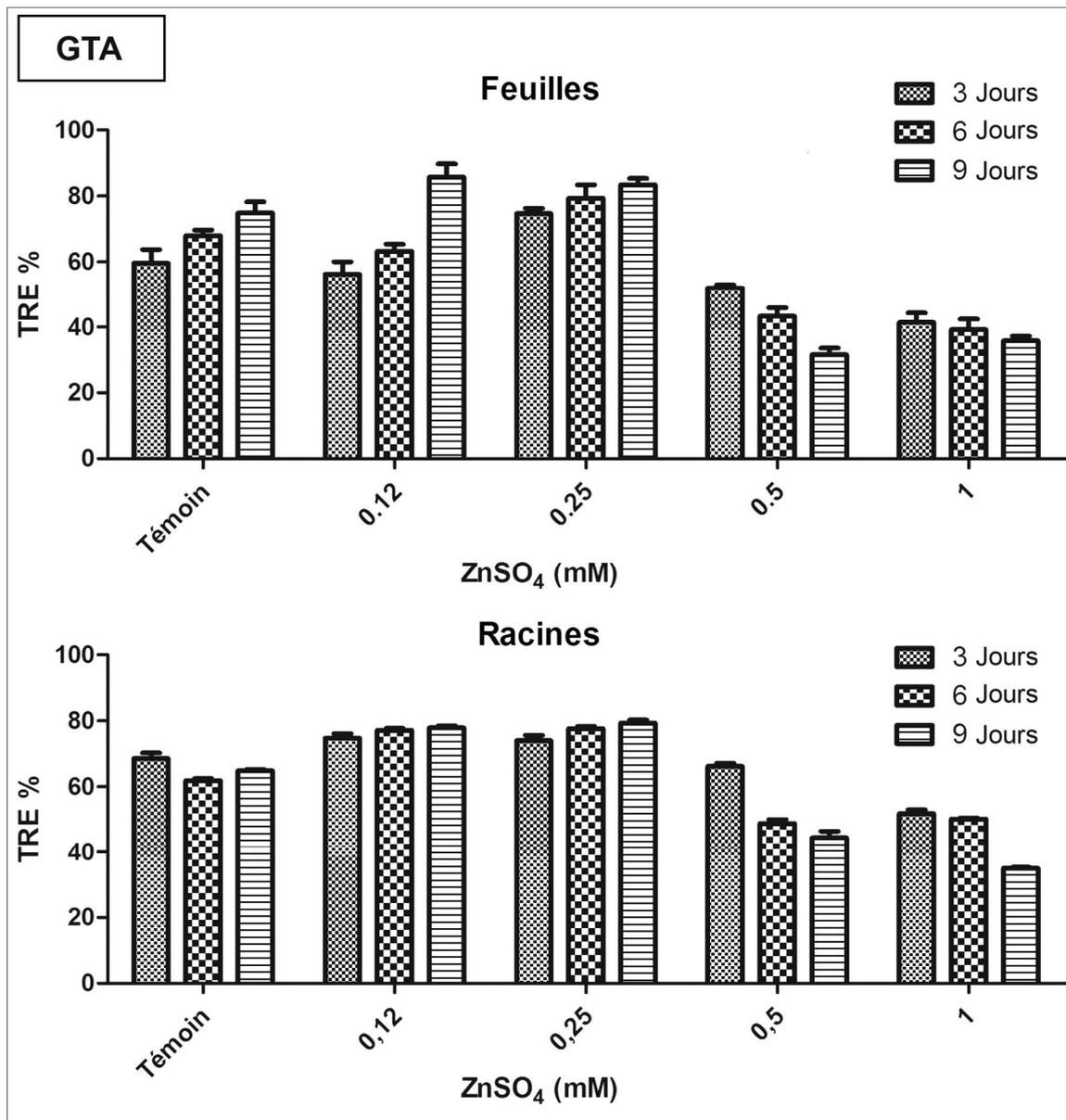
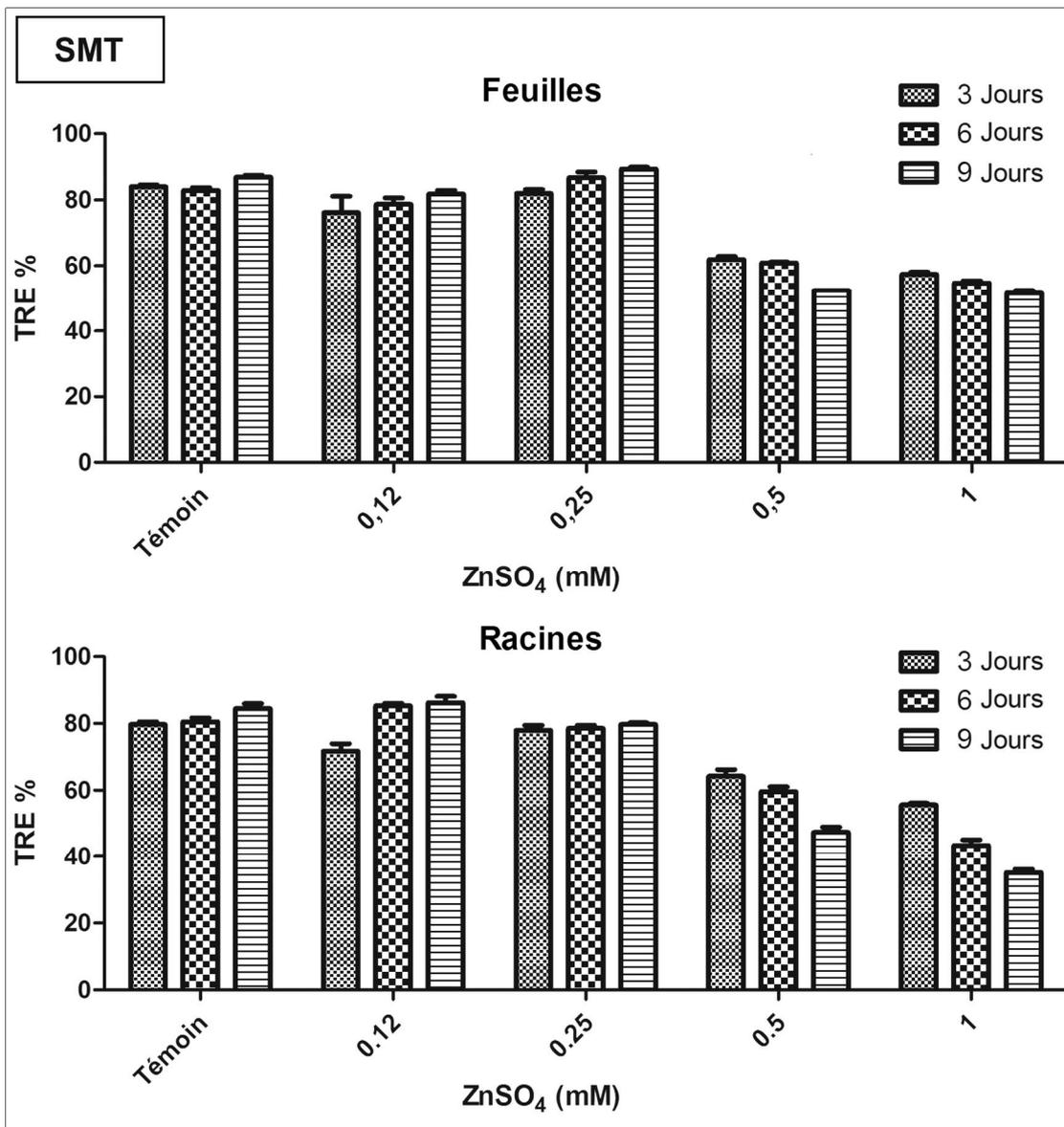


Figure 17. La teneur relative en eau (TRE) des feuilles et racines de la variété « *GTA dur* » soumise à différent traitement au Zinc.



**Figure 18. La teneur relative en eau (TRE) des feuilles et racines de la variété « *Semito* » soumise à différent traitement au Zinc.**

L'analyse de la variance de (TRE) dans les racines de la variété *Semito* n'est pas significative pour les deux faibles doses (0,12 et 0,25 mM). Par contre pour les deux autres doses (0,5 et 1 mM) une diminution très hautement significative est révélée après 3, 6 et 9 jours de traitement. La teneur relative en eau chez le témoin passe de 79,69% à 55,63%, de 80,55% à 43,45% et de 84,49% à 35,24% avec la plus forte concentration après 3, 6 et 9 jours avec de traitement.

### 1.1.2.2 Effet de stress sur les teneurs des cations

#### a. Effet de stress salin sur les teneurs cations ( $\text{Na}^+$ et $\text{K}^+$ ) dans les feuilles

D'après l'analyse de la variance on a trouvé que la salinité a un effet très hautement significatif sur la teneur en  $\text{Na}^+$  et celle en  $\text{K}^+$ , avec une interaction entre la variété et le stress salin. Pour les témoins on a observé que la teneur en  $\text{Na}^+$  est moins concentrée par rapport au  $\text{K}^+$ .

- **Teneurs de sodium ( $\text{Na}^+$ )**

D'après les résultats acquis dans la (**Figure 19**), on remarque que le sel favorise une augmentation du  $\text{Na}^+$  au niveau foliaire en fonction de l'intensité saline pour les deux variétés de blé dur. En présence de NaCl à 25 mM, la teneur en sodium augmente très fortement en passant de 11,09 ppm à 133,1 ppm chez la variété *GTA dur* et de 27,97 ppm à 110,2 ppm chez la variété *Semito*. Les doses de sel plus élevées provoquent une augmentation supplémentaire de  $\text{Na}^+$ . Les teneurs en sodium des plantules témoins sont 21 fois plus faibles pour la variété *GTA dur* et 5 fois plus faible pour la variété *Semito* avec le traitement à la plus forte concentration (100 mM NaCl). Elles sont estimées à 235,9 ppm et 161,5 ppm chez *GTA dur* et *Semito* respectivement.

- **Teneurs de potassium ( $\text{K}^+$ )**

La (**Figure 20**) représente le taux de potassium ( $\text{K}^+$ ) dans les feuilles de deux vérités de blé dur (*GTA dur* et *Semito*) soumises au stress salin. L'analyse de la variance enregistre une diminution très hautement significative pour les deux variétés de blé.

la présence de NaCl dans le milieu de traitement à différentes doses entraine une réduction nette des teneurs en potassium qui diminue de 20% pour la variété *Semito* et de 48,84% pour la variété *GTA dur* par rapport aux témoins avec le traitement à la plus forte dose de NaCl (100 mM). Ces résultats montrent la sensibilité de l'alimentation potassique de la variété *GTA dur* qui réagit dès les faibles doses de NaCl (25 mM).

#### b. Effet de Zinc sur les teneurs de ( $\text{Zn}^{+2}$ ) dans les feuilles

La (**Figure 21**) représente le taux de Zinc (Zn) dans les feuilles de deux vérités de blé dur (*GTA dur* et *Semito*) soumises au stress avec différentes doses de  $\text{ZnSO}_4$ . L'analyse de la variance enregistre une augmentation très hautement significative pour les deux variétés de blé.

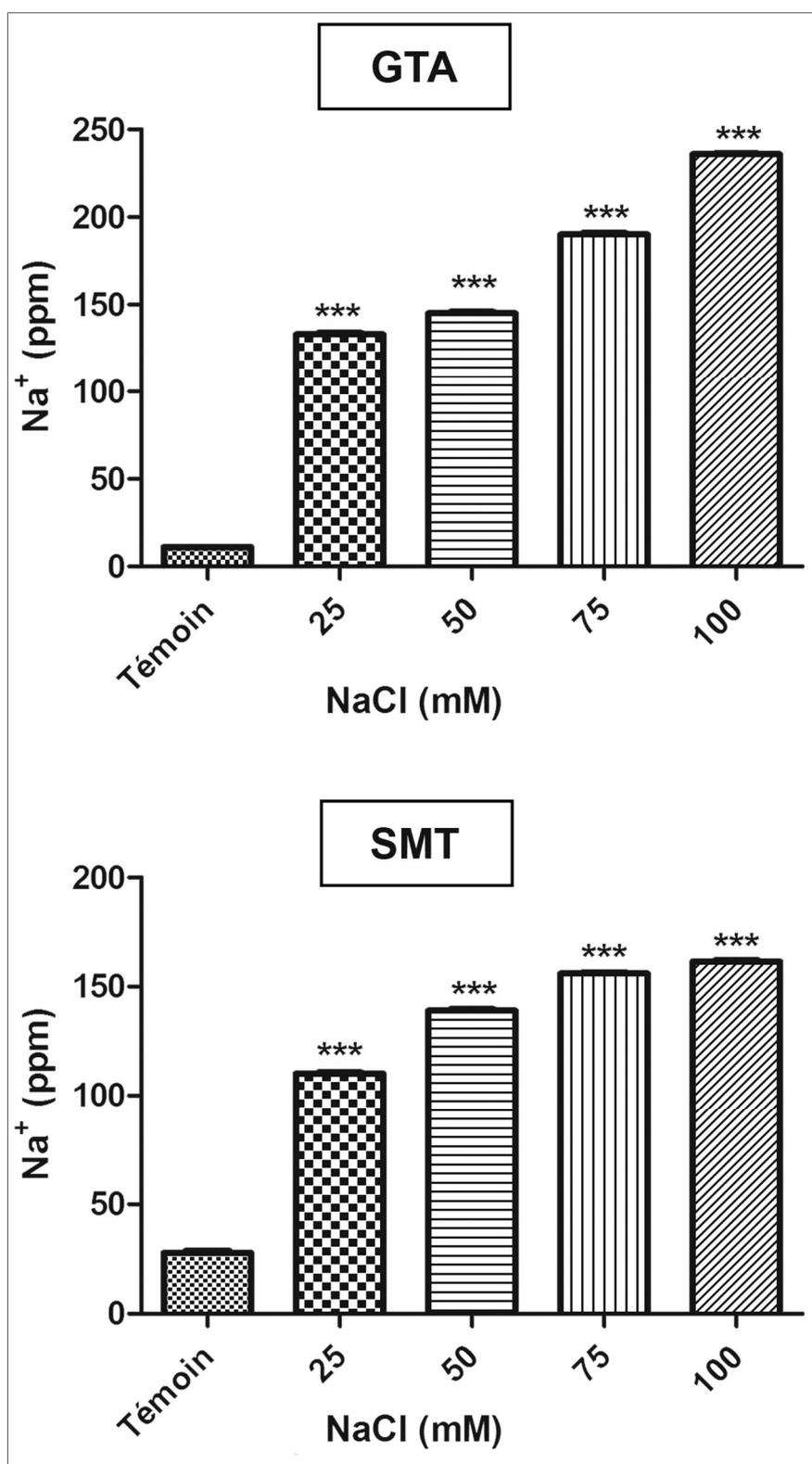


Figure 19. Teneurs de Sodium dans les feuilles des deux variétés de blé dur « *GTA dur* » et « *Semito* ».

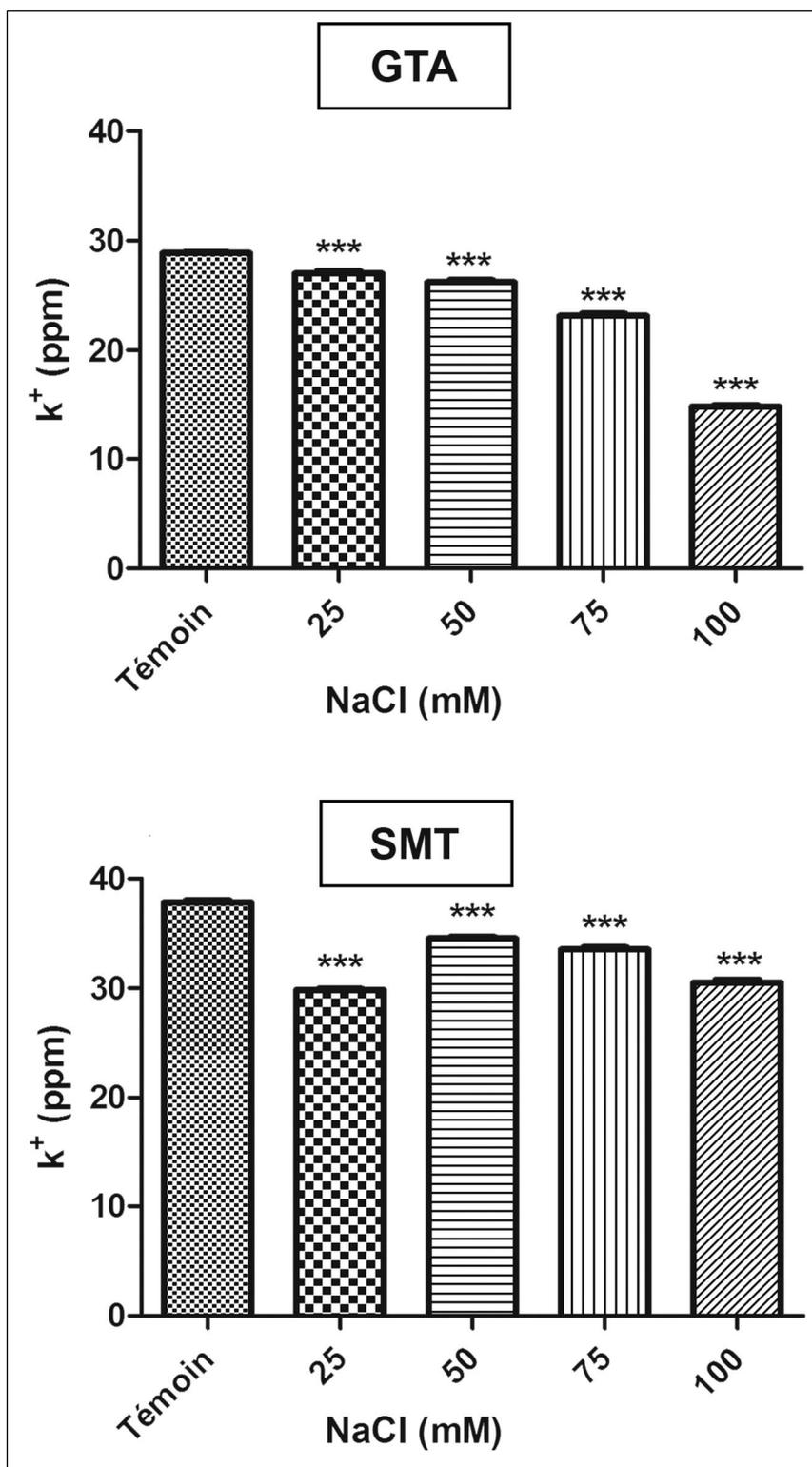
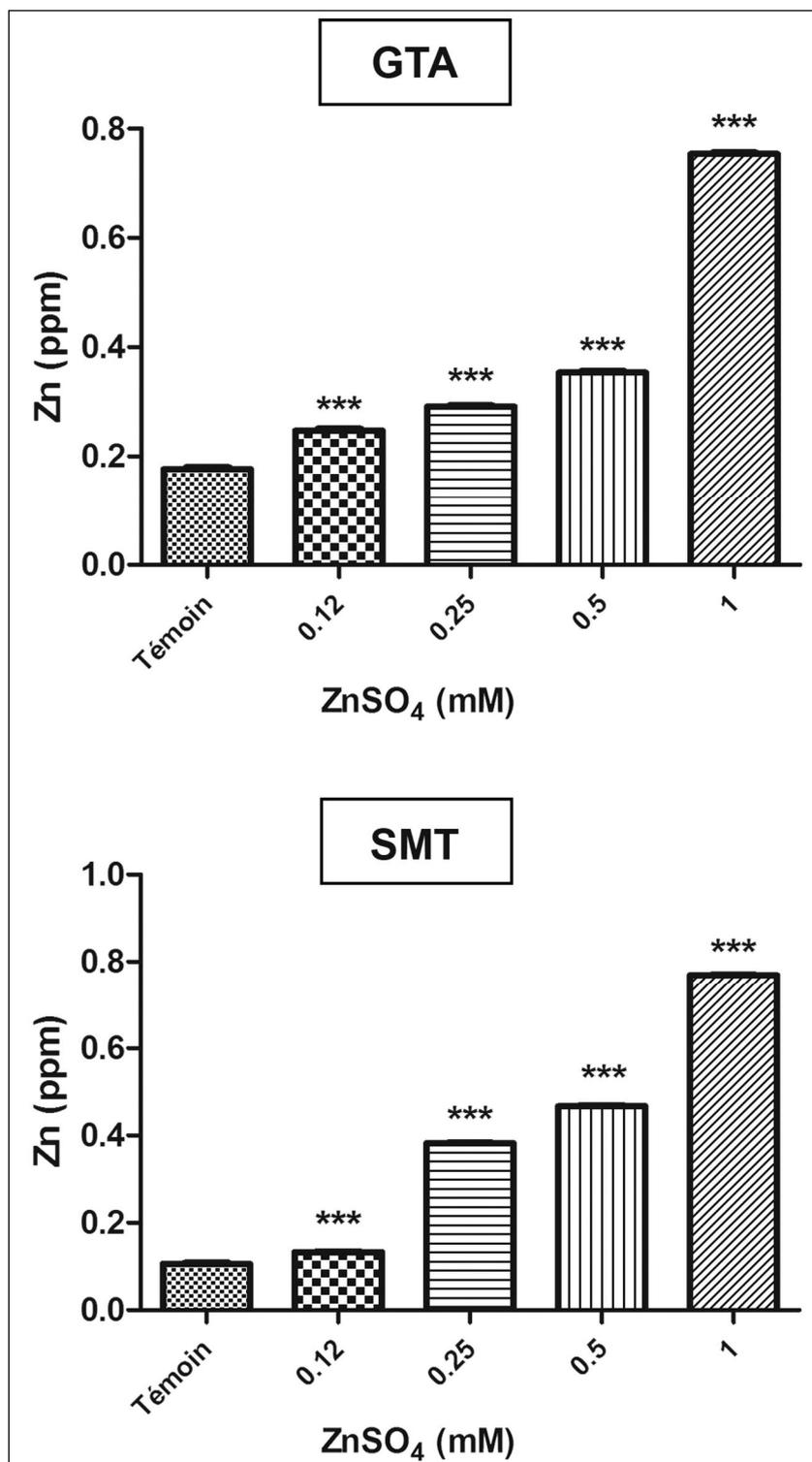


Figure 20. Teneurs de potassium dans les feuilles des deux variétés de blé dur « *GTA dur* » et « *Semito* ».



**Figure 21. Teneurs de Zinc accumulé dans les feuilles des deux variétés de blé dur « *GTA dur* » et « *Semito* ».**

La présence de  $ZnSO_4$  dans le milieu de traitement à différentes doses entraîne une accumulation nette des teneurs en Zn. En présence de NaCl à 0,12 mM, la teneur en Zn augmente très fortement chez la variété *GTA dur* en passant de 0,177 ppm à 0,248 ppm. Chez la variété *Semito* elle passe de 0,106 ppm à 0,133 ppm. Les doses de  $ZnSO_4$  plus élevées provoquent une augmentation supplémentaire. Les teneurs en sodium des plantules témoins sont 4,25 fois plus faibles pour la variété *GTA dur* et 7,25 fois pour la variété *Semito* avec le traitement à la plus forte concentration (1 mM  $ZnSO_4$ ). Elles sont estimées à 0,754 ppm et 0,769 ppm chez *GTA dur* et *Semito* respectivement.

### 1.1.3 Paramètres biochimiques

#### 1.1.3.1 Concentrations des pigments chlorophylliens

##### a. Effet de stress salin sur la concentration des pigments chlorophylliens

Les (Figure 22) et (Figure 23), présente les concentrations des pigments chlorophylliens des deux variétés de blé dur « *GTA dur* » et « *Semito* » soumises au stress salin après 3, 6, 9 jours de traitement. L'analyse de la variance à deux critères de classification (Dose x Temps) à montrer une diminution très hautement significative ( $p < 0,001$ ) de la concentration de pigments chlorophyllien des deux variétés de blé.

- **Chlorophylle (a)**

En présence de 25 mM de NaCl, la concentration de la chlorophylle (a) chez la variété « *GTA dur* », montre une variance très hautement significative ( $p < 0,001$ ). Elle passe de 16,89  $mg.g^{-1}$ , 21,65  $mg.g^{-1}$  et 24,16  $mg.g^{-1}$  chez le témoin pour atteindre 14,76  $mg.g^{-1}$ , 17,89  $\mu g.ml^{-1}$  et 22,71  $mg.g^{-1}$  après 3, 6 et 9 jours de traitement respectivement.

Chez la variété « *Semito* », le taux de chlorophylle (a) après 3 jours de traitement, ne semble pas affecté par l'augmentation de la salinité dans le milieu, où on enregistre une variance non significative ( $p > 0,05$ ). Par contre elle est significative ( $p < 0,05$ ) avec la plus forte concentration de NaCl (100 mM), il passe de 18,73  $\mu g.ml^{-1}$  chez le témoin, à 12  $mg.g^{-1}$ . Après 6 et 9 jours de traitement l'application de stress aux doses 25 et 50 mM, révèle toujours une variance non significative. Par contre elle est très hautement significative ( $p < 0,001$ ) avec les doses 75 et 100 mM NaCl. La concentration de la chlorophylle (a) passe de 19,76  $\mu g.ml^{-1}$  et 23,92  $\mu g.ml^{-1}$  chez le témoin à 11,40  $\mu g.ml^{-1}$  et 10,56  $\mu g.ml^{-1}$  avec la dose 100 mM après 6 et 9 jours de traitement respectivement.

- **Chlorophylle (b)**

Une légère diminution de la concentration de la chlorophylle (b) est remarquée chez la variété *GTA dur*. L'analyse de la variance montre une diminution significative par rapport au témoin ( $p < 0,05$ ) avec le traitement à la dose 25 mM, où elle passe de 7,31  $\mu g.g^{-1}$ , 9,94  $\mu g.g^{-1}$

et 12,35 mg.g<sup>-1</sup> de le témoin, à 6,52 µg.ml<sup>-1</sup>, 7,95 µg.g<sup>-1</sup> et 11,57 µg.ml<sup>-1</sup> après 3, 6 et 9 jours de traitement respectivement. Les plantules ayant reçu une forte dose de NaCl, soit 100 mM, l'analyse de la variance montre une diminution très hautement significative (p<0,001). La salinité a une action dépressive sur ce paramètre avec des réductions de 41,94% pour la chlorophylle (b) après 9 jours de traitement.

Chez la variété « *Semito* », l'analyse de la variance montre une diminution hautement significative pour la plus faible dose (25 mM), et une diminution très hautement significative pour les doses 50 et 75 mM après 3 jours de traitement. Le taux de la chlorophylle (b) passe de 14.36 µg.ml<sup>-1</sup> chez le témoin à 9,66 µg.g<sup>-1</sup>, 7,33 µg.ml<sup>-1</sup> et 7,89 µg.g<sup>-1</sup> avec les doses 25, 50 et 75 mM respectivement. En revanche avec les plus forte dose et avec le temps 9 jours de traitement, on remarque une augmentation de la concentration de la chlorophylle (b). On enregistre 12.67 µg.ml<sup>-1</sup> avec le témoin qui passe à 17.78 µg.ml<sup>-1</sup> avec la dose 100 mM.

- **Chlorophylle (a+b)**

Les (Figure 22) et (Figure 23) représente la teneur en chlorophylle (a + b) des deux variétés de blé dur « *GTA dur* » et « *Semito* ». L'analyse de la variance a deux critères de classification (Dose x Temps), illustre une variance très hautement significative pour la variété « *GTA dur* » et significative pour la variété « *Semito* ».

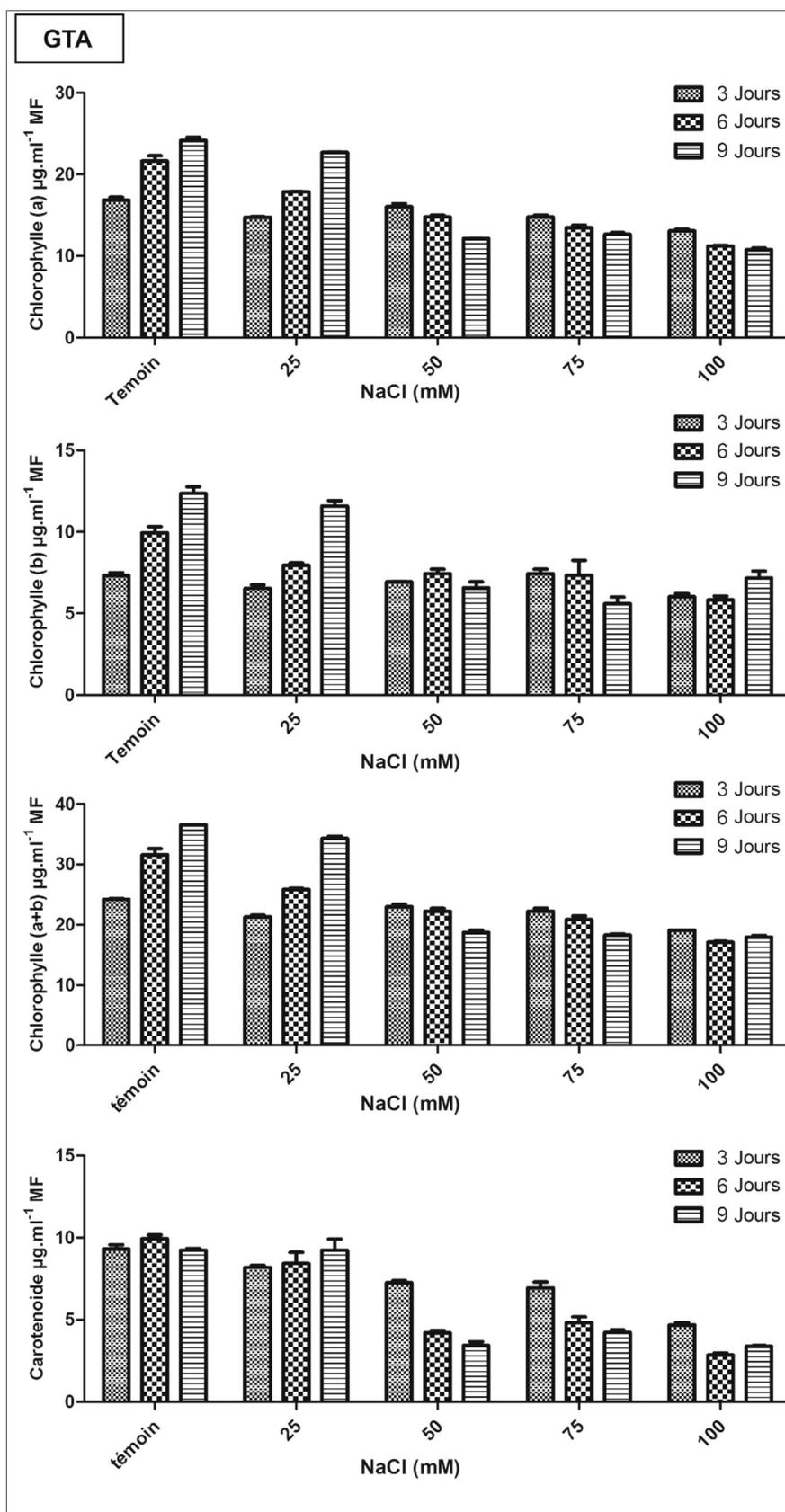
Chez la variété « *GTA dur* », le taux de chlorophylle (a+b), augmente avec les doses 50 et 75 mM, tandis qu'il enregistre une diminution très hautement significative avec la dose 100 mM après 3 jours de traitement. En revanche à partir du 6 ème jour, en enregistre une diminution très hautement avec les doses de traitement salin. Il passe de 36,52 mg.g<sup>-1</sup> chez le témoin, à 34,29 µg.ml<sup>-1</sup>, 18,69 µg.ml<sup>-1</sup>, 18,26 µg.ml<sup>-1</sup> et 17,94 µg.ml<sup>-1</sup> avec les doses 25, 50, 75 et 100 mM respectivement après 9 jours de traitement.

Alors que chez la variété « *Semito* », le traitement salin a la plus faible dose (25 mM), n'entraîne pas une modification pour ce paramètre. Une diminution plus remarquable est noté avec les doses 75 et 100 mM. L'analyse de la variance à un seul critère de classification enregistre une variance très hautement significative. La concentration de chlorophylle totale chez le témoin passe de 36,60 µg.ml<sup>-1</sup> à 24,09 µg.ml<sup>-1</sup> et 28,34 µg.ml<sup>-1</sup> avec les doses 75 et 100 mM respectivement.

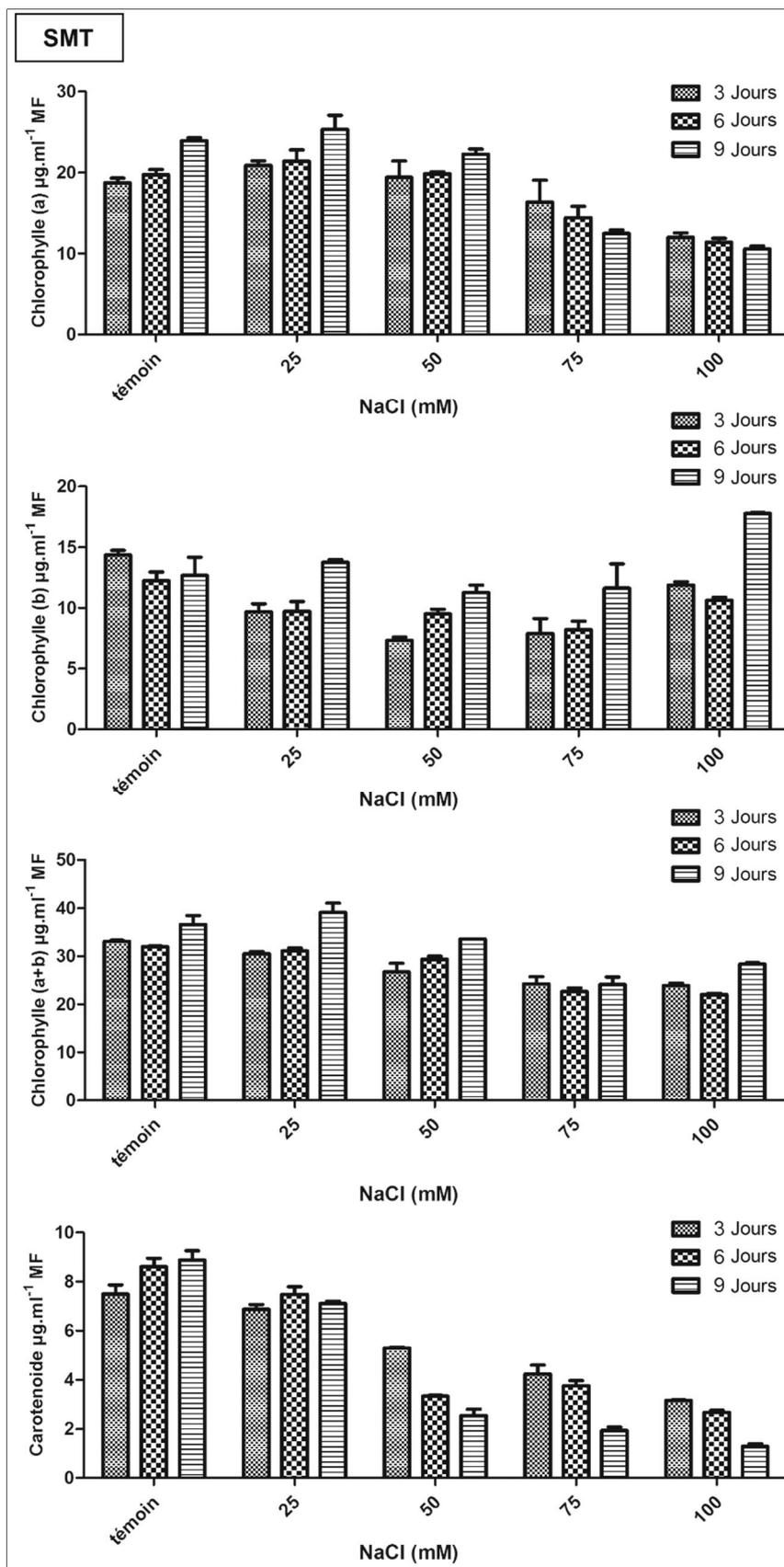
- **Caroténoïdes**

L'analyse de la variance de la concentration de caroténoïde montre une variance très hautement significative salin chez la variété « *GTA dur* » et hautement significative chez la variété « *Semito* »

Chez la variété « *GTA dur* », le taux des caroténoïdes passe de 9.32 µg.ml<sup>-1</sup> enregistré chez le témoin à 8,19 µg.ml<sup>-1</sup>, 7,27 µg.ml<sup>-1</sup>, 6,94 µg.ml<sup>-1</sup> et 4,68 µg.ml<sup>-1</sup> avec les doses 25, 50, 75



**Figure 22. Concentrations des pigments chlorophylliens de la variété « GTA dur » après 3, 6, 9 jours de traitement.**



**Figure 23. Concentrations des pigments chlorophylliens de la variété « Semito » après 3, 6, 9 jours de traitement.**

et 100 mM NaCl après 3 jours de traitement. Cette diminution se prolonge même après 9 jours de traitement, où il passe de 9,24 mg.g<sup>-1</sup> à 3,38 mg.g<sup>-1</sup>.

Chez la variété « *Semito* », le traitement avec la dose 25 mM enregistre une variation non significative. Tandis qu'une diminution hautement significative commence à apparaître avec la dose 50 mM. Avec les doses 75 et 100 mM, on enregistre une diminution très hautement significative où la concentration de caroténoïdes passe de 7,49 µg.ml<sup>-1</sup>, 8,61 µg.ml<sup>-1</sup>, 8,88 µg.ml<sup>-1</sup> chez le témoin, à 4,23 µg.ml<sup>-1</sup>, 3,76 µg.ml<sup>-1</sup>, 1,93 µg.ml<sup>-1</sup> avec la dose 75 mM et 3,16 µg.ml<sup>-1</sup>, 2,67 µg.ml<sup>-1</sup>, 1,29 mg.g<sup>-1</sup> avec la dose 100 mM après 3, 6 et 9 jours de traitement respectivement.

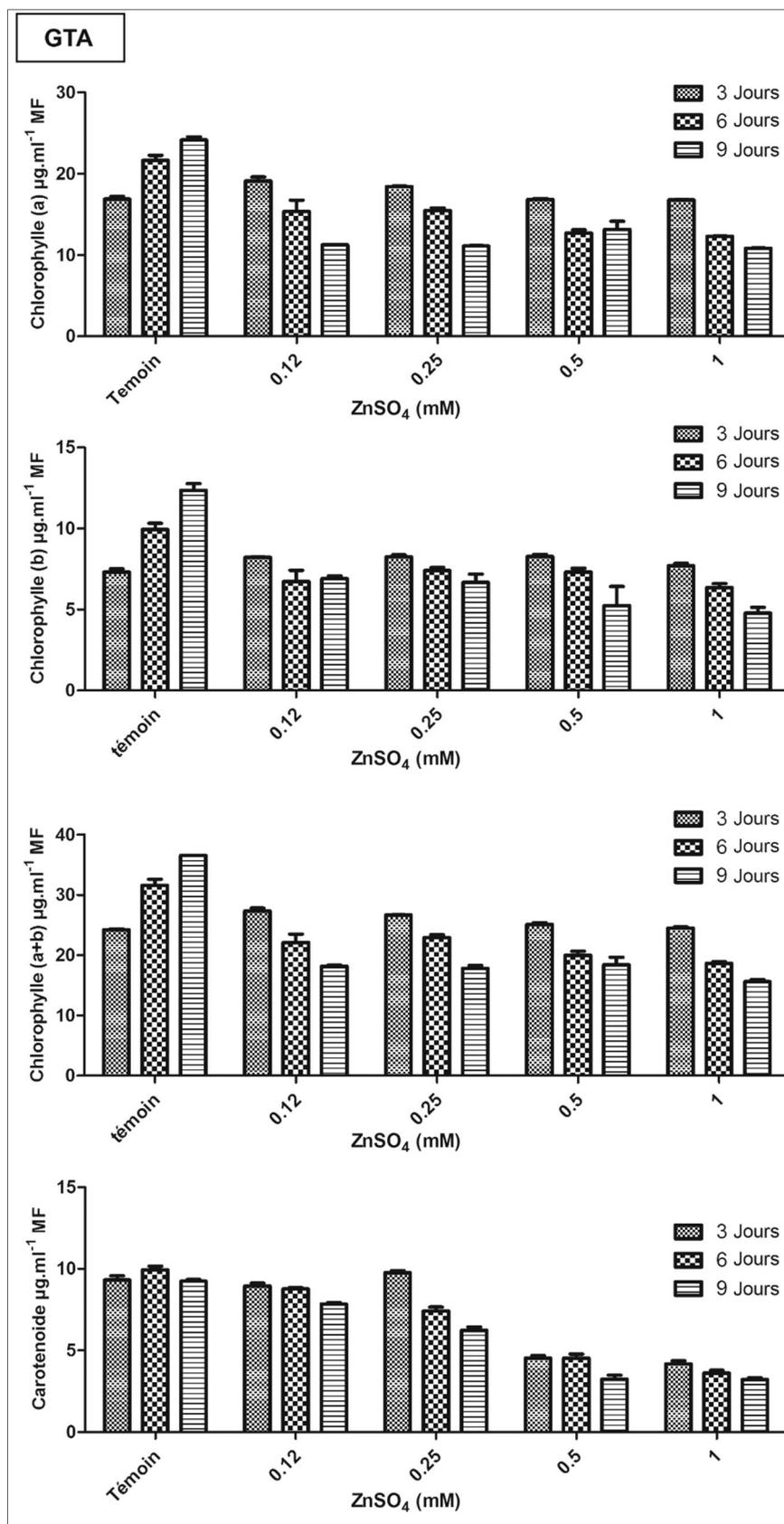
### **b. Effet du Zinc sur la concentration des pigments chlorophylliens**

Les (Figure 24 et Figure 25) présentent les concentrations des pigments chlorophylliens des deux variétés de blé dur *GTA dur* et *Semito* après 3, 6, 9 jours de traitement. L'analyse de la variance à deux critères de classification (Dose x Temps) a montré une diminution très hautement significative ( $p < 0,001$ ) de concentration de pigments chlorophylliens des deux variétés de blé. Les résultats, indiquent qu'en absence de stress, la chlorophylle s'accumule significativement dans les organes foliaires pour les deux variétés de blé étudié.

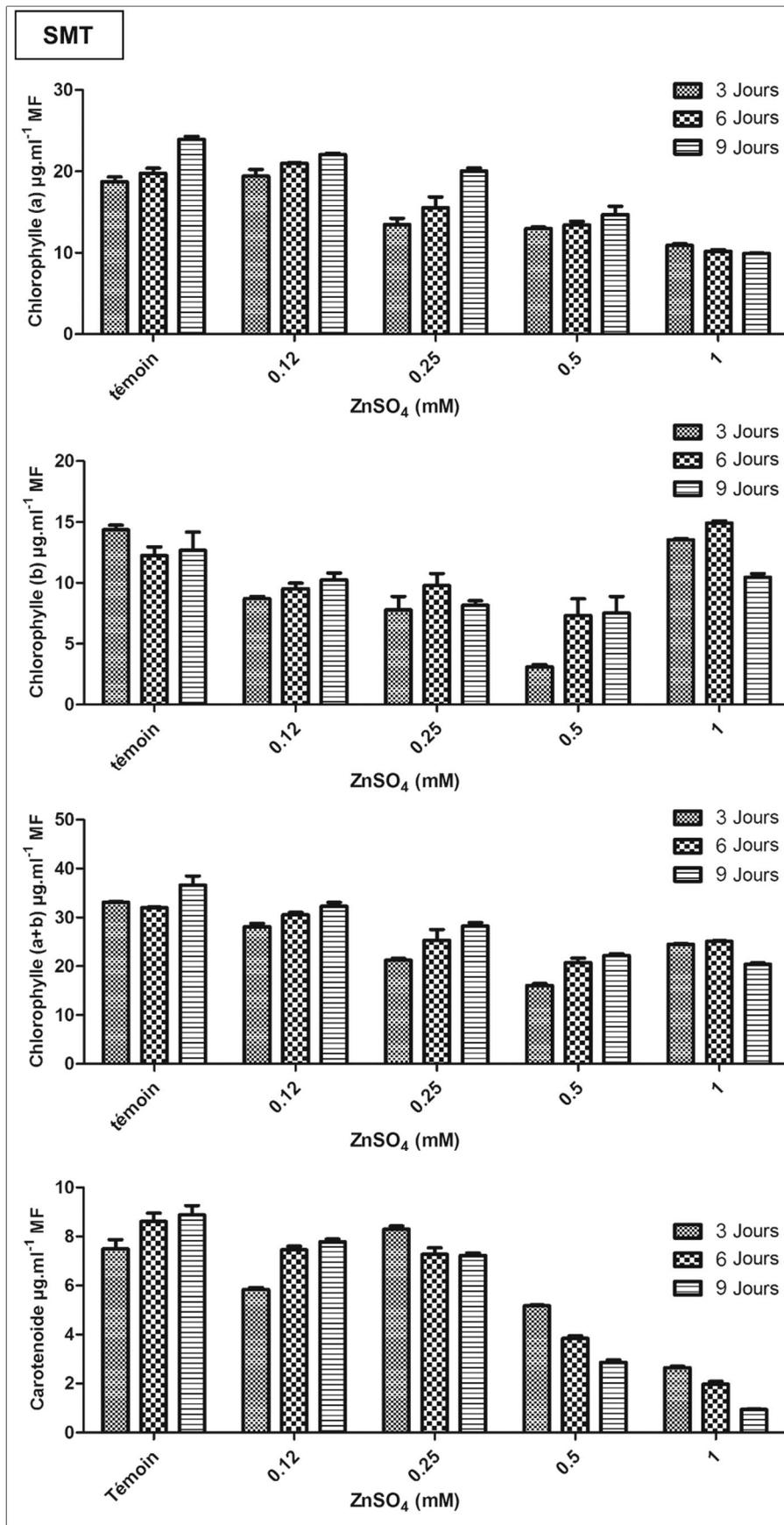
#### **• Chlorophylle (a)**

Dans le cas de la variété *GTA dur*, le traitement avec les faibles doses (0,12 et 0,25 mM) on remarque une augmentation de la concentration de la chlorophylle (a) d'une façon très hautement significative. Elle passe de 16,89 µg.ml<sup>-1</sup> pour le témoin à 19,10 µg.ml<sup>-1</sup> et 18,42 µg.ml<sup>-1</sup> avec 0,12 et 0,25 mM de ZnSO<sub>4</sub> respectivement. Alors que pour les doses 0,5 et 1 mM cette espèce, on enregistre une variance non significative de la concentration en chlorophylle (a) par rapport au témoin. Après 6 et 9 jours de traitement on enregistre une diminution très hautement significative de la concentration de la chlorophylle (a). Elle passe de 24,16 µg.ml<sup>-1</sup> pour le témoin à 11,25 µg.ml<sup>-1</sup>, 11,12 µg.ml<sup>-1</sup>, 13,16 µg.ml<sup>-1</sup> et 10,83 µg.ml<sup>-1</sup> avec les doses 0,12, 0,25, 0,5 et 1 mM après 9 jours de traitement respectivement.

Pour la variété *Semito*, l'analyse de la variance a deux critères de classification (Dose x Temp) révèle une variation très hautement significative. L'analyse de la variance à un seul critère de classification après 3, 6 et 9 jours de traitement enregistre une variance très hautement significative. Après 9 jours de traitement, le traitement à la dose 0,12 mM ZnSO<sub>4</sub> révèle une variance significative, où le taux de chlorophylle (a), passe de 23,92 µg.ml<sup>-1</sup> à 22,07 µg.ml<sup>-1</sup>. À partir de la dose 0,25 mM, l'analyse de la variance montre une variation très hautement significative. Elle atteint 20,4 µg.ml<sup>-1</sup>, 14,68 µg.ml<sup>-1</sup> et 9,92 µg.ml<sup>-1</sup> avec 0,25, 0,5 et 1 mM ZnSO<sub>4</sub> respectivement.



**Figure 24. Concentrations de chlorophylle de la variété « *GTA dur* » soumise à différent traitement au Zinc.**



**Figure 25. Concentrations de chlorophylle de la variété « *Semito* » soumise à différent traitement au Zinc.**