

## IMPACT DE L'ACIDE SALICYLIQUE SUR LA GERMINATION ET LE STATUT HYDRIQUE DE LA TOMATE IRRIGUÉE PAR UNE EAU SALINE NON CONVENTIONNELLE

BOUABDELLI Mokhtar<sup>1\*</sup>, ZOUAOUI Ahmed<sup>1</sup> et SNOUSSI Sid-Ahmed<sup>1</sup>

1. Université de Blida1, Laboratoire de recherche en Biotechnologies des Productions Végétales, B.P. 270, route de Soumaa, Blida 09000, Algérie

Reçu le 28/08/2021, Révisé le 25/09/2021, Accepté le 04/10/2021

### Résumé

**Description du sujet :** L'étude a porté dans un premier temps sur la germination des graines de tomate (*Solanum Lycopersicum*), variété Marmande, espèces moyennement sensible à la salinité, soumises à six traitements salins dont quatre renferment de l'acide salicylique à 0,5 et 0,25 mM, en comparaison avec un témoin (eau). En cours de culture, la détermination du statut hydrique a été également déterminée au stade plante entière.

**Objectifs :** Identifier d'une part l'impact de l'association de l'acide salicylique à 0,25 et 0,5 Mm / salinité sur la germination des graines de tomate maraichère et de l'autre part le statut hydrique des plantes de tomate irriguées par une eau saline non conventionnelle.

**Méthodes :** Quatre boîtes de pétri par traitement tapissées de papier buvard et contenant vingt graines de tomate chacune, imbibées respectivement par les différents traitements ont été mises dans un phytotron réglé à 25°C. La lecture de la germination se faisait quotidiennement jusqu'à sa durée complète. La teneur relative en eau des feuilles et l'indice de tolérance à la salinité ont été déterminés.

**Résultats :** L'association Acide salicylique /salinité exerce une action significative d'une part sur la durée et le taux de germination des graines de tomate ainsi que sur l'amélioration remarquable du statut hydrique permettant aux plantes cultivées de mieux résister aux facteurs abiotiques entre autre la salinité

**Conclusion :** l'adjonction à l'eau saline enrichie de NaCl de 0,25mM d'acide salicylique est la plus appropriée dans ce type d'eau saline où la germination finale a été la plus remarquable 82,50% et qui s'est traduit par une valeur germinative de 28,58% et un statut hydrique amélioré de 88,72% permettant à la tomate maraichère de croître et de se développer sous une contrainte saline.

**Mots clés:**tomate ; salinité ; germination ; statut hydrique ; acide salicylique ; valeur germinative.

## THE IMPACT OF SALICYLIC ACID ON TOMATO SEEDS GERMINATION AND THE WATER STATUS OF TOMATO PLANTS IRRIGATED BY NON-CONVENTIONAL SALINE WATER

### Abstract

**Description of the subject :** The study was carried out on the germination of the seeds of a variety of tomato called Marmande, a type that is mildly sensitive to salinity, these seeds were subjected to six saline treatments, four of these treatments involved the salicylic acid of an amount of 0.25 and 0.50 mM compared to a treatment of a control sample with conventional water. During the culture the water status was also evaluated till the final stage.

**Objectives:** The objectives were, on one hand, to identify the impact of the combination of salicylic acid of the amount of 0.25 and 0.50 Mm and salinity on the germination of the seeds of tomato destined to market, On the other hand, to evaluate water status in tomato plants irrigated by non - conventional saline water.

**Methods:** Four Petri dishes lined with absorbent paper and each one of them containing 20 tomato seeds were given the different treatments and put inside a phytotron set at 25 degrees centigrade. The observation of the germination was carried out daily till the last stage and the degree of tolerance to salinity was monitored and recorded.

**Results:** The combination of salicylic acid and salinity exercises a positive effect not only on the rate of germination of tomato seeds but also on the length of time germination takes. This combination plays also a positive role in the remarkable improvement of water status allowing thus the plants cultured to resist better to abiotic factors(among them salinity)

**Conclusion:** The combination of saline water enriched with NACI of 0.25 of salicylic acid is the most appropriate to a remarkable final germination of 82.50 % resulting in an increase in seed germination of 28.58% and a water status improvement of 88.72% allowing thus to tomato destined to market to increase and develop in salinity constraints

**Key words:** tomato; salinity; germination; waterstatus; salicylic acid

Auteur correspondant : BOUABDELLI Mokhtar, E-mail :mokhtar.bouabedelli@gmail.com

## INTRODUCTION

La salinisation des terres est un phénomène naturel de dégradation chimique des sols se traduisant par un enrichissement excessif du sol en sels solubles dont les sels de sodium ( $\text{Na}^+$ ), de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), de potassium ( $\text{K}^+$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) [1, 2]. L'accélération de ce processus est due à des causes multiples d'ordres naturel (sécheresse récurrente) et anthropique (déforestation, mauvais aménagements des terres), aux pratiques culturales mal contrôlées tels que le manque de drainage appropriée et l'utilisation de grandes quantités d'eau souvent saumâtres [3]. Les régions les plus durement touchées sont les zones arides et semi-arides [4].

La germination est considérée comme une étape critique dans le cycle de développement de la plante. En effet, elle conditionne l'installation de la plantule, son branchement sur le milieu, et probablement sa productivité ultérieure [5]. En général, les plantes sont plus sensibles aux stades de germination et d'émergence qu'aux stades de maturité. [6, 7]. L'application appropriée de l'acide salicylique dépend de nombreux facteurs tels que l'espèce, le stade de développement de la plante, le mode d'application et la concentration appliquée [8]. De nombreuses études ont montré que l'application exogène de l'acide salicylique chez les plantes stressées peut potentiellement atténuer les effets toxiques générés par la

salinité [9-11]. L'adjonction de l'acide salicylique aux concentrations de 0,5 et 0,25 mM dans une eau saline enrichie de NaCl, et de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  nous a paru intéressant afin d'identifier son impact sur la germination et le statut hydrique de la tomate maraîchère.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'expérimentation réalisée a porté sur l'adjonction de l'acide salicylique à deux concentrations 0,25 et 0,50 mM dans une eau saline en vue de son utilisation d'une part pour la germination des graines de tomate variété Saint Pierre et de l'autre part dans l'appréciation du statut hydrique au stade plantules et de l'indice de résistance à la salinité.

### 1. Matériel végétal utilisé

Le matériel végétal testé est la tomate (*Lycopersicon esculentum*) variété Saint Pierre. Le choix de cette espèce se justifie par sa résistance moyenne à la salinité, et sa rapidité de croissance.

### 2. Expérimentation relative à l'essai germination des graines de tomate

Ce travail a porté sur l'évolution de la germination des graines de tomate dans des boîtes de pétrie à raison de 5 boîtes de 20 graines / traitement soit  $5 \times 20 \times 7 = 700$  graines qui ont été mises dans un phytotron réglé à 25°C. Les boîtes de pétrie ont été tapissées de papier buvard imbibé selon chacun des traitements cités ci-dessous (tableau 1).

Tableau 1 : Présentation des différents traitements testés

Traitements	Sels						
	$\text{Na}_2\text{SO}_4$ (meq/l)	$\text{CaCl}_2$ (meq/l)	$\text{MgCl}_2$ (meq/l)	$\text{NaCl}$ (meq/l)	$\text{MgSO}_4$ (meq/l)	Acide salicylique (mM/l)	
T1	8,60	6,45	7,40	-	-	-	
T2	-	5,25	-	8,60	8,60	-	
T3	8,60	6,45	7,40	-	-	0,5	
T4	-	5,25	-	8,60	8,60	0,5	
T5	8,60	6,45	7,40	-	-	0,25	
T6	-	5,25	-	8,60	8,60	0,25	
T7 témoin Eau	-	-	-	-	-	-	

### 3. Expérimentation relative aux plantes adultes de tomate

Il y a lieu de noter que le traitement T7 témoin (eau) lors de l'essai sur la germination a été remplacé par une solution nutritive lors du

semis des graines germées de tomate (tableau 2).

Tableau 2 : Composition de la solution nutritive à base d'eau de Blida (meq /l)

Composition	pH	Concentration en g/l										
			$\text{NO}_3$	$\text{NH}_4$	$\text{PO}_4$	$\text{Cl}$	$\text{SO}_4$	$\text{Na}$	$\text{Ca}$	$\text{Mg}$	$\text{K}$	
Composition Eau de Blida	7,3	0,43	0,35	0	0	0,6	0,8	1,3	2,80	1,8	0	
Composition de la solution nutritive	5,8	4,05	10,2	1,8	1,1	0,6	0,8	1,3	5,1	1,8	4,25	

La solution nutritive est composée également d'une solution complémentaire d'oligoéléments dont il a été procédé au prélèvement de 0,1 ml de la solution A et de 5 ml de la solution B par litre de solution nutritive prête à l'utilisation. Solution A: Molybdate d'ammonium (0,5 g/l)+Acide borique (15 g/l)+Sulfate de manganèse (20g/l)+ Sulfate de cuivre (2,5g/l)+Sulfate de Zinc (10g/l). Solution B : Séquestrène de fer (2 g/l)

#### 4. Dispositif expérimentale

##### 4.1. Essai de germination des graines de tomate en condition contrôlée

Le dispositif expérimental adopté est à un essai à un seul facteur étudié (facteur traitement). L'essai expérimental a été mené au laboratoire dans un phytotron réglé à 25°C. Il est composé de sept traitements composés de cinq boîtes de pétrie chacun renfermant 20 gaines chacune soit  $7 \times 5 \times 20 = 700$  graines au total.

##### 4.2. Essai sur le statut hydrique des plantules de tomate

Le dispositif expérimental adopté est à un essai à un seul facteur étudié (facteur traitement). L'essai expérimental a été mené sous serre en polycarbonate. Il est composé de 7 traitements de 8 plantules chacun. Le prélèvement des fragments de limbes s'est opéré sur 3 plantules /traitement, soit  $3 \times 7 = 21$  échantillons. Pesée des fragments de limbe dans une balance de précision, Mettre les fragments de limbe dans 10 ml d'eau distillée, Après 48h en obscurité et à 4°C, essayer délicatement chaque limbe, puis repeser l'échantillon, Mettre les échantillons à l'étuve réglée à 80°C pendant 48 h, Déterminer l'extrait sec de chaque échantillon

#### 5. Paramètres mesurés en cours d'étude

##### 5.1. Taux de germination quotidien par traitement

Le comptage des graines germées est effectué à 24 heures d'intervalle, afin de déterminer le taux de germination quotidien et de la valeur germinative en présence ou en absence de l'acide salicylique.  $TG\% = 100 (XT/N)$ . Avec X Test le nombre total de graines germées et N le nombre total des graines mises à germer

##### 5.2. Valeur germinative (VG)

En tant que mesure intégrée de la qualité des semences, est utilisée par plusieurs spécialistes de la semence (Djavanshir and POurbeik, 1976) selon la relation suivante :  $VG = (\sum VG_j) / N \times (PG) / 10$ . Avec, VG = valeur germinative ; PG = % final de germination ;  $VG_j$  = vitesse de germination journalière, obtenue en divisant le % de germination cumulé par le nombre de jours écoulés depuis le semis ;  $\sum VG_j$  = total

obtenu en additionnant les diverses  $VG_j$  déterminées à partir des comptages journaliers.

##### 5.3. Cinétique de germination

Ce paramètre consiste à mieux appréhender la signification écologique du comportement germinatif de l'espèce et de la variété étudiée ainsi que l'ensemble des événements qui commencent par l'étape cruciale d'absorption de l'eau par la graine et se terminent par l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence de la racine à travers les structures qui entourent l'embryon. Le nombre de graines germées est noté tous les 24 heures après le début de l'expérience jusqu'à la germination complète.

##### 5.4. Vitesse de germination

Elle permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine. La vitesse de germination est estimée par le temps moyen (T50) qui correspond à la germination de 50% du lot de graines [12].

##### 5.5. Détermination de la teneur en eau

73 jours après repiquage des graines germées de tomate, il a été procédé à la pesée de trois fragments foliaires frais par traitement. Les poids frais déterminés sont suivis d'une saturation à l'eau distillée pendant 48 heures à l'obscurité à 4°C. Les poids de saturation obtenus, les fragments sont essuyés au papier absorbant, puis placés dans l'étuve à 80°C pendant 48 heures.  $CREf = MF - MS / MFS - MS \times 100$ . Avec, MF = Masse de matière fraîche de l'échantillon, MS = Masse de matière sèche de l'échantillon, MFS = Masse de l'échantillon à la pleine turgescence

##### 5.6. Indice de tolérance à la salinité

L'indice de tolérance à la salinité est calculé par le rapport entre la biomasse sèche racinaire obtenue sur milieu salin est celle obtenue sur milieu dépourvu de salinité (témoin).  $ITS = \text{Biomasse sèche racinaire du traitement salin} / \text{Biomasse sèche du traitement non salin (témoin)}$ .

#### 6. Analyse des données

Les données obtenues sont soumises à une analyse de la variance à un facteur étudié (Traitement). La comparaison des moyennes a été faite avec le test de la plus petite différence significative (ou PPDS) à 5%. Une valeur de Probabilité ( $p$ ) de 0,05 a été considérée comme statistiquement significative alors qu'une valeur de ( $p$ ) inférieure à 0,05 a été considérée comme hautement significative.

## RÉSULTATS

### 1. Taux de germination quotidien par traitement

Les résultats relatifs au taux de germination quotidien par traitement sont présentés dans le tableau 1. Les résultats obtenus dans cet essai montrent que les graines de tomate peuvent germer en présence de milieux salins enrichis de NaCl et de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Tableau1). Selon le tableau (1), les graines de tomate n'ont commencé qu'à germer qu'après 04 jours d'incubation à l'étuve à 25°C. Dès le 5<sup>ème</sup> jour, la germination des graines dans l'eau est la plus élevée (26,25%)

Tableau .1 : Taux de germination quotidien par traitement

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Nombre de jours							
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	5,00	6,25	2,50	2,50	5,00	2,50	26,25
6	22,58	18,75	2,50	10,00	12,50	22,50	53,75
7	33,00	37,50	33,75	43,75	40,00	42,50	61,25
8	51,25	58,75	51,25	55,00	46,25	57,50	62,50
9	72,5	68,75	62,50	61,25	56,25	80,00	62,50
10	73,75±5,77	70,00±8,66	66,25±2,89	62,50±5,00	60,00±5,77	82,50±0,00	62,50±0,00
	ab	ab	ab	b	b	a	b

Après 6 jours d'incubation à 25°C, la germination des graines de tomate est influencée remarquablement par la présence de l'acide salicylique à la concentration de 0,25 mM et ce comparativement à la concentration de 0,5 mM notamment au niveau des traitements T5 et T6 où les taux de germination sont de 22,50 % et 12,50% respectivement. A la même période les graines au niveau du témoin (eau) manifestent une germination de 53,75% et qui finit par se stabiliser à 62,50% jusqu'à la fin de la durée de germination. L'application exogène de l'AS peut influencer une gamme de divers processus, y compris la germination des graines, la fermeture des stomates, l'absorption d'ions et le transport, la photosynthèse et la croissance des plantes [11].

### 2. Taux de germination finale

Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration saline qui présente la limite physiologique de germination des graines de tomate. Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines. Les résultats relatifs à la faculté germinative finale sont présentés dans la figure 1.

comparativement aux autres traitements testés où les taux de germination varient entre 2,5 et 6,25%. Ce taux s'élève à 53,75% au 6<sup>ème</sup> jour puis stagne à 62,50% jusqu'à la durée complète de la germination. La précocité de germination observée est variable selon les différents traitements testés. L'apport de l'AS à 0.25mM modifie le comportement des graines sous l'effet du NaCl (T6), puisque les taux de graines germées deviennent plus élevés à compter du 5<sup>ème</sup> jour d'incubation pour atteindre 82,50% par rapport au même traitement sans A.S (T2).

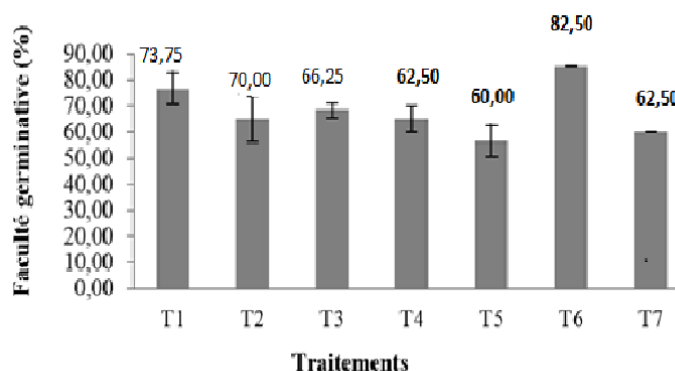


Figure 1 : Faculté germinative finale par traitement en %

A travers les résultats obtenus, on constate que le milieu salin enrichi en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> influe favorablement sur la germination finale des graines de tomate et ce par rapport au milieu salin à base de NaCl, puisque la germination finale au niveau du traitement T1 est de 73,75% contre 70,00%, au niveau du traitement T2 à base de NaCl. Par contre, dès que les milieux perçoivent de l'Acide salicylique à 0,25 mM la faculté germination finale de la tomate augmente significativement, au niveau du traitement à base de NaCl (T6), où l'on enregistre une valeur de 82,50%, contre 70% respectivement au niveau du traitement T2 salin dépourvu d'acide salicylique.

Ces données demeurent améliorées par rapport à celles enregistrées au niveau des graines du témoin (62,50%). En revanche, l'effet de l'A.S à 0,5 mM n'influence pas la germination, si bien qu'aucun accroissement au niveau des traitements salins n'est observé au niveau des traitements T1 et T2 testés.

### 3. Valeur germinative (VG)

Les résultats relatifs à la valeur germinative sont présentés dans le tableau 2. Après 4 jours de mise en incubation, les graines de tomate sous l'effet des différents traitements, n'affichent aucune faculté germinative. A compter du 5<sup>ème</sup> jour, l'effet traitement semble lever la dormance des graines, ce qui pousse les graines de la tomate d'exprimer respectivement une faculté germinative variable entre 2,5% 6,25% au niveau des milieux salins étudiés (tableau1)

Tableau 2 : Estimation de la valeur germinative selon la relation de Djavanshir & Pourbeik[13]

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Durée de germination	10 jours						
$\Sigma VG_j$	31,32	31,72	25,71	28,36	26,82	34,65	43,96
FG Finale %	73,75±5,77 ab	70,00±8,66 ab	66,25±2,89 ab	62,50±5,00 b	60,00±5,77 b	82,50±0,00 a	62,50±0,00 b
VG %	23,09	22,20	17,03	17,72	16,09	28,58	27,47

Les résultats obtenus révèlent un effet phytohormone remarquable sur les différents traitements testés. Ces données sont moyennement identiques à celles des mêmes milieux enrichis en Acide salicylique. Par contre, à compter du 9<sup>ème</sup> jour, le traitement à base d'AS à la concentration de 0,25% à savoir le T6, présente la faculté germinative la plus importante 82,50% bien supérieure à tous les autres traitements y compris le témoin qui s'est stabilisé à 62,50% jusqu'à la durée finale de la germination. A travers les différentes observations et mesures, on peut conclure selon la relation de la valeur germinative que l'apport de l'acide salicylique à 0,50 mM ne présente aucun effet remarquable sur la qualité des semences de tomate, néanmoins la

concentration de 0,25mM agit positivement sur la qualité des semences mise à germer dans le milieu salin à base de NaCl.

### 4. Cinétique de germination

La cinétique de germination est une courbe de germination qui décrit le déroulement de la germination des lots de semences de tomate testés qui sont placés dans des conditions bien précise. Elle représente le plus souvent l'évolution des pourcentages de germination cumulés en fonction du temps. Cette cinétique est établie à partir des taux cumulés de graines germées c'est-à-dire la variation des taux de germination en fonction du temps exprimé en jour sous toutes les conditions de traitements testés (Fig. 1).

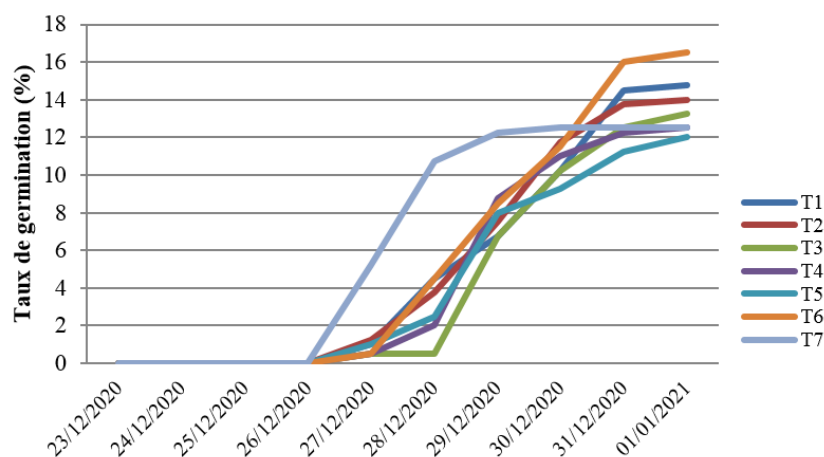


Figure 2 : Cinétique de germination des graines de tomate durant 10 jours d'incubation à 25°C

Sous le traitement combiné salinité/ Acide salicylique, la germination se produit de manière très lente, à compter du 6<sup>ème</sup> jour d'incubation, puisque les taux de graines germées au niveau des traitements T3, T4 et T5

ne dépassent pas ceux signalés chez les graines des traitements salins T1 et T2, mis à part le traitement T6 à base de NaCl + 0,25 mM d'A.S qui enregistre une nette amélioration du taux de germination (22,50%) comparativement au même traitement salin + 0,50 mM d'A.S.

Après 7 jours d'incubation, la germination des graines de tomate est influencée par la présence de l'acide salicylique dans les milieux salins testés (Fig. 1). La tomate enregistre respectivement des taux de germination plus élevés sous l'effet de l'AS notamment au niveau des traitements T3, T4, T5 et T6 et ce comparativement aux traitements salins naturels dépourvus d'acide salicylique à savoir T1 et T2. L'acide salicylique à 0,5 Mm reste sans effet marqué sur les eaux salines testées et où le milieu enrichi en NaCl semble inhiber partiellement la germination des graines par rapport au milieu riche en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Ainsi, toutes les graines n'ont pas une capacité identique à tolérer la salinité, la diminution du taux de germination des graines soumises à un stress salin serait due à un processus de dormance osmotique développé sous ces conditions de stress.

### 5. Vitesse de germination

Elle permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine. La vitesse de germination est estimée par le temps moyen (t<sub>50</sub>) qui

correspond à la germination de 50% du lot de graines. Les résultats sont présentés dans le tableau 3. Selon les résultats du tableau 3, on peut noter que pratiquement tous les traitements testés présentent une vitesse de germination estimée par le temps moyen au T50 correspondant à une durée de germination de 7 jours à l'exception du traitement témoin qui marque un délai de 6 jours avec une faculté germinative finale de 53,75 % et qui s'est stabilisée à 62,50% jusqu'à la durée finale d'incubation de 20 jours. Aussi, nous pouvons constater que la combinaison salinité / acide salicylique à la concentration de 0,25 Mm, présente une action remarquable sur la vitesse de germination, puisque au niveau des traitements T4 et T6 la germination des graines au T50 est de 43,75% et 42,50%, respectivement, par rapport aux autres traitements testés. Enfin, le traitement à base de NaCl associé à la concentration de 0,25 mM d'acide salicylique manifeste une germination au T50 de 42,50% qui se traduit par une germination finale la plus importante (82,50%) après 20 jours d'incubation.

Tableau 3 : Vitesse de germination des graines de tomate au T50

Traitements Paramètres	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Nombre final de graines germées	14,75	14,00	13,25	12,50	12,00	16,50	12,50
Taux de germination finale	73,75±5,77 ab	70,00±8,66 ab	66,25±2,89 ab	62,50±5,00 b	60,00±5,77 b	82,50±0,00 a	62,50±0,00 b
Nombre de graines germées au T50	7,37	7,00	6,62	6,25	6,00	8,25	6,25
Nombre de jours	7	7	7	7	7	7	6
Taux de germination au T50	33	37,50	33,75	43,75	40,00	42,50	53,75

### 6. Détermination du contenu relatif en eau foliaire (CREf)

Selon les résultats obtenus, les plantes de tomate cultivées au niveau du traitement salin naturel à base de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> expriment une baisse du contenu relatif en eau foliaire (CREf).

Les résultats de ce test montrent que les plantes de tomate ont réagi significativement de façon différente. L'effet traitement a été de nature à modifier la turgescence cellulaire (Tableau 4)

Tableau 4: Contenu relatif en eau en % (CREf)

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T SN
CREf	81,41±7,28 c	86,97±0,28 ab	88,09±0,73 a	87,54±1,63 a	84,43±0,45 b	88,72±1,51 a	87,45±0,68 a

En effet, une régression du paramètre mesuré est remarquée chez les plantes cultivées au niveau du traitement salin à base de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> par rapport aux autres traitements testés. Par ailleurs, les plantes arrosées avec seulement de la solution nutritive (témoin) enregistrent à 73 jours après repiquage des graines germées une CREf de (87,45%), supérieure à celles des plantes traitées à la salinité. Les milieux salins contenant de l'acide salicylique à 0,5mM T3 et

T4 donnent respectivement des taux qui passent de 81,41% (T1) et 86,97% (T2) à 88,09 % et 87,54% au niveau des traitements salins T3 et T4. En revanche, les plus faibles CREf sont obtenus sous l'effet de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en absence ou en présence de l'acide salicylique à 0,25 Mm. En outre, l'état hydrique des plantes de tomate cultivées au niveau du traitement salin à base de NaCl (T2) s'est montré mieux que celui des plantes issues du traitement à base de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

(T1) où les plantes menées sur ce milieu ont présenté des valeurs moins importantes que celles cultivées sur le milieu T2, ceci revient probablement à l'effet du NaCl qui a favorisé la disponibilité de l'eau à la plante. Les plantes de tomate cultivées en présence du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se sont montrées sensibles au milieu de culture, puisque, l'effet sel s'est traduit par la diminution de la disponibilité de l'eau pour la plante, due à l'augmentation de la pression osmotique du milieu, ce qui provoque une diminution de la turgescence. Tout de même, le comportement des plantes de tomate testées dans les milieux salins additionnés à l'acide salicylique présentent un CREf plus amélioré par rapport aux traitements témoin et T1. Effectivement, face à une forte concentration saline notamment en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> du traitement T1, les pertes en eau des feuilles diminuent considérablement afin de conserver une certaine turgescence cellulaire permettant une aptitude à la salinité. Aussi, l'effet osmotique produit par la salinité du milieu peut causer des perturbations dans l'équilibre hydrique de la plante et l'inhibition de la croissance, en provoquant la fermeture des stomates et la réduction de la photosynthèse.

L'introduction de l'acide salicylique à 0,25 mM au niveau du traitement T6, se manifeste par un CREf le plus élevé, ce qui se traduit par une turgescence des feuilles la plus élevée. Le contenu relatif en eau foliaire (CREf) représente un bon indicateur de l'état hydrique. Il diminue légèrement chez les plantes stressées à la salinité. Cela se remarque particulièrement au

niveau des plantes du traitement T2 à base de NaCl, ce qui semble être un comportement de résistance au stress salin par rapport aux plantes du T1 qui marquent une sensibilité accrue au Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. C'est pourquoi l'absorption d'eau est maintenue à un niveau suffisant au niveau des plantes alimentées par le traitement T2 à base de NaCl, pour éviter la déshydratation des tissus de la plante et pouvoir ainsi diluer les sels introduits dans les cellules. Il est bien admis que le choc salin induit des changements au niveau de l'état hydrique de la plante, réduit le CREf et l'absorption hydrique par les racines. Ce que considèrent certains physiologistes, que le CREf comme l'une des caractéristiques importantes qu'influe sur l'état hydrique et aussi comme une mesure du bilan hydrique de la plante, ce qui reflète l'activité métabolique dans les tissus, et utilisée comme un indice le plus significatif de la tolérance à la salinité. Cette teneur est plus élevée dans les phases initiales de développement des feuilles et diminue au fur et à mesure que la matière sèche s'accumule dans les feuilles matures.

### 7. Indice de tolérance à la salinité

Pour déterminer la tolérance relative des plantes de tomate vis-à-vis de différents traitements salins en présence et en absence d'acide salicylique, un indice de tolérance (ITS) a été calculé. De cette façon, il est possible de comparer les plantes testées entre elles. Il est considéré que les plantes tolérantes ont un indice de tolérance plus élevé que les plantes sensibles (Tableau 5).

Tableau 5: Indice de tolérance à la salinité

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T SN
<b>ITS</b>	0,93±0,23	0,79±0,17	1,06±0,22	0,54±0,09	0,97±0,02	1,10±0,17	Témoin non salin
	b	c	a	d	b	a	

Le calcul de l'ITS, basé sur la BSR des plantes de tomates sous différents traitements indique que la tolérance a tendance à diminuer en présence de l'association salinité à base de NaCl / acide salicylique à 0,50mM. Par contre le même traitement en présence d'une concentration de 0,25mM manifeste un ITS le plus élevé parmi les traitements testés. Les valeurs affichées dans le tableau 8 montrent que les plantes de tomate cultivées au niveau du traitement salin à base de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (T1) enregistrent un indice de tolérance à la salinité (ITS) plus important que celui affiché par la tomate menée au niveau du traitement salin à base de NaCl et ce avec un accroissement de 15,05%. Il convient de noter que le niveau de tolérance des plantes de tomates au niveau des

traitements salins T1 et T2 s'exprime nettement sous l'effet de l'acide salicylique à la concentration de 0,25 mM, puisque le traitement T6 à base de NaCl indique l'ITS le plus élevé (1,10) et donc les plantes de tomate tolèrent mieux le sel testé.

### DISCUSSION

L'addition d'AS au traitement salin enrichi de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> n'a pas eu d'effet remarquable sur la germination, puisque, l'association semble inhiber la germination des graines de la tomate. Nos résultats sont en accord avec ceux de Prado *et al.* [14], qui ont rapportés que la germination des semences est réduite sous stress de la salinité d'une manière générale.

La salinité élevée cause une inhibition de la germination, ceci peut s'expliquer par le mécanisme de toxicité du  $\text{Na}^+$  qui n'est pas présent dans certaines espèces. Aussi, les travaux de Prado *et al.* [14] et ceux de Ben Miled *et al.* [15], rapportent que la salinité inhibe la germination des graines de deux façons : (i) la prévention de germination sans perte de viabilité supérieure par rapport à la salinité ; et (ii) de retarder la germination des graines à des salinités qui causent les stress des graines, mais n'empêchent pas la germination. Sous conditions salines, les résultats de l'essai montrent que les milieux enrichis de NaCl réduisent légèrement la capacité germinative des graines en fin de la période germinative. Toutefois, le milieu à base de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , s'avère le plus tolérant, avec une faculté germinative la plus élevée par rapport au milieu NaCl au 9<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> jour, néanmoins l'adjonction de l'acide salicylique à ce traitement, quel que soit la concentration testée n'a aucune influence sur le taux de germination, bien au contraire le paramètre mesuré diminue par rapport au traitement dépourvu de cette phytohormone.

Pour ce qui est du contenu relatif en eau (CREf) qui permet d'élucider d'une manière globale le bilan hydrique de la plante et de mesurer l'aptitude à instaurer une meilleure osmorégulation et de maintenir une turgescence cellulaire, l'étude statistique montre qu'il existe un effet remarquable du traitement salin naturel sur le CREf, puisque le CREf au niveau des plantes de tomate issues du milieu salin enrichi en NaCl (T2) est statistiquement plus élevé que celui issu des plantes alimentées par le traitement enrichi en  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Bien que, le stress salin est un phénomène complexe qui conduit souvent à un stress osmotique dû à la diminution des quantités d'eau disponible au niveau de la racine, suite à la réduction de l'aptitude des plantes à absorber l'eau [14]. Le statut hydrique de la tomate est influencé par le traitement salin. En plus, l'effet du milieu conjugué à l'apport de l'acide salicylique a aussi son influence sur le CREf qui diminue fortement sous l'effet du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Ces données sont en parfaite concordance avec celles obtenues sur la tomate [16-20].

En présence du degré de stress le plus discriminant au niveau des plantes issues du traitement (T4), qui permet l'expression de la plus grande variabilité, les valeurs ITS vont nous aider à classer les plantes de tomates cultivées au niveau des milieux testés du plus tolérant au plus sensible, ce qui va permettre de prévoir et d'identifier le type de sel ainsi que la concentration d'acide salicylique les plus appropriés pour des milieux extrêmes.

La réduction de la biomasse de la tomate dans des conditions de solution saline est un indicateur majeur de la limitation de la croissance. De nombreux travaux rapportent que cette réduction du poids de la biomasse végétale a été déjà observée sur les plantes cultivées [20], la tomate [21], la fève [22]. Chez la tomate, les différentes concentrations de sels à base de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  et NaCl testés ont considérablement affecté à la baisse la biomasse sèche des racines ; ceci résulte d'une déficience de la photosynthèse, après 75 jours de traitement salin, évoluant vers la sénescence induite sous salinité. Ces mêmes observations ont été rapportées par les expériences de Taffouo [22], Shiyab [23] et ceux de Wang *et al.* [24]. Vraisemblablement, l'ajout de l'acide salicylique au T4 (à base de NaCl) à 0,50 mM a agi négativement sur l'Indice de tolérance à la salinité (ITS), alors qu'un effet inverse est observé avec la concentration de 0,25 mM, et donc les plantes de tomate tolèrent mieux le sel testé.

## CONCLUSION

L'ensemble des résultats obtenus dans le cadre de cette étude fournit des éléments de réponse aux objectifs posés au départ. L'un des objectifs de cette étude était d'identifier l'impact de l'acide salicylique à 0,50 et 0,25 mM associé à des milieux salins enrichis de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  et NaCl sur la germination des graines de tomate. Ensuite nous avons déterminé le statut hydrique à 73 jours après semis des graines de tomate. Les résultats obtenus sur une culture de tomate fournissent des indications intéressantes. Nous avons noté en effet, que le CREf est statistiquement plus faible au niveau du milieu salin à base de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (81,41%). De ce constat, on conclue que l'agressivité du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  est plus importante que NaCl.

En effet, la tomate maintient un potentiel hydrique relativement élevé dans les tissus végétaux lorsqu'ils baignent dans un milieu non salin pendant son cycle de développement. Les données obtenues dans cette expérience peuvent s'expliquer par le phénomène d'ajustement osmotique, caractérisé par la diminution du potentiel hydrique, permettant ainsi de maintenir les mouvements d'eau vers les graines et les feuilles et par conséquent, assurer leur turgescence. L'application exogène de l'A.S. à 0,25 mM sur les graines de tomate augmente le taux de germination et la valeur germinative de manière remarquable par rapport au témoin (eau) et aux autres traitements salins testés.



Nos observations indiquent que la durée dans le temps dans les conditions salines affaiblit la faculté de la graine à germer et retarde le processus de germination des graines de tomate bien qu'elle montre une certaine tolérance au niveau du milieu salin enrichi de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> au 9<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> jour d'incubation des graines. Par contre, sur milieu salin à base de NaCl la germination des graines de tomate est retardée. L'addition de l'A.S. à 0,25 mM stimule remarquablement la germination de la tomate ce qui nous permet de conclure que l'adjonction de cette phytohormone exogène dans les milieux salins est impliquée dans la réponse des plantes au stress salin et de contrer les effets néfastes du stress. En outre, l'A.S. agit significativement sur les réponses des graines dans les différents milieux salins testés, et que son association avec le NaCl plus particulièrement atténue l'effet de la salinité, et déclenche la germination en augmentant le taux de graines germées et la valeur germinative. Enfin, nous concluons que l'A.S. à la concentration de 0,25 mM a amélioré, la faculté germinative, la valeur germinative, le CRE et l'indice de tolérance à la salinité, notamment au niveau des plantes de tomate irriguées par une eau saline enrichie en NaCl.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Escudier, J-L, B. Gillery, H. Ojeda et H. Etchebarne., (2019), Maitrise de la salinité des eaux d'irrigation pour la viticulture, BIO Web of Conferences, Les Ulis vol. 12, Les Ulis : EDP Sciences, en ligne
- [2] Matty F. et M. Diatta, (2018), Le phénomène de salinisation : impacts sur les sols et la végétation, pp. 1-5, dans : Faye E., A. Tamba et M. Diatta (eds), Actes du séminaire national "Lutte contre la salinisation et valorisation des terres salées au Sénégal : état des connaissances et perspectives", Dakar, Sénégal, 244 p.
- [3] Ndène, M.S., (2018), Capitalisation de l'Expérience de l'ANCAR dans l'appui conseil à la lutte contre la salinisation des rizières du département d'Oussouye (Région de Ziguinchor), pp. 61-81, dans : Faye E., A. Tamba et M. Diatta (eds), Actes du séminaire national "Lutte contre la salinisation et valorisation des terres salées au Sénégal : état des connaissances et perspectives", Dakar, Sénégal, 244 p.
- [4] Faye, B., D. Tine, D. Ndiaye, C. Diop, G. Faye et A. Ndiaye, (2019), Évolution des terres salées dans le nord de l'estuaire du Saloum (Sénégal). *Géomorphologie : relief, processus, environnement* [En ligne], vol. 25
- [5] Faye, E., M. A. Touré, M. Diatta et M. Sarr, (2019), Performances de *Tamarix aphylla* (L.) H.Karst. var *erectus* sur sols sulfatés acides salés du terroir de Ndiagate, Kaolack (Sénégal), *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 40, 2, :359-367
- [6] Tremblin G. & Binet P., (1984), Halophilie et résistance au sel chez *Halopeplis amplexicaulis* (Vahl) Ung. *Oecol. Plant*, 5, 291-223.
- [7] Ashraf M, Athar H. R., Harris P. J. C. and Kwon T. R., (2008) – Some Prospective Strategies for Improving Crop Salt Tolerance. *Advances in Agronomy*, 97: 45-110.
- [8] Ashraf, M, Foolad M,R, ( 2005): Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions, *Advances in Agronomy*, 88: 223-271,
- [9] Sayyari M., Ghavami M., Ghanbari F., Kordi S., (2013)- Assessment of salicylic acid impacts on growth rate and some physiological parameters of lettuce plants under drought stress conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* Vol., 5 (17): 1951-1957, 2013
- [10] Tari L., Csiszar J., Szalai G., Horvath F., Pecsvaradi A., Kiss G., Szepesi A., Szabo M., Erdei L., (2002)- Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic pretreatment. *Acta Biol Szegediensis* 46 : 55-56
- [11] Ndiaye, A., E. Faye et M. A. Touré, (2014), Effets du stress salin sur la germination des graines de *Gossypium hirsutum* L. *J. Appl. Biosci.*, 80, :. 7081-7092
- [12] Lang A., (1965), Effects of some internal and external conditions on seed germination. *Handb. Der Pflanzen physiol.* 15, 2: 848-893.93.
- [13] Djavanshir and H. Pourbeik (1976) , Introduction increased speed of germination, or higher total germination. Many seed analysis Germination Value-A New Formula <https://www.thuenen.de> Vol. 25\_Heft 2
- [14] Prado F.E., C. Boero, M. Gallardo and J.A. Gonzalez, (2000), Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41, pp. 27-34
- [15] Ben Miled, D., M. Boussaid, A. Abdelkefi et A. Cherif, (1986), Tolérance au sel d'espèces annuelles du genre *Medicago* au cours de la germination. Séminaire international sur les végétaux en milieu aride, 8 au 10 septembre, Jerba, Tunisie, pp. 586-593
- [16] Kaya, C., Ashraf, M. and Sönmez, O (2015). Promotive effect of exogenously applied thiourea on key physiological parameters and oxidative defense mechanisms in salt-stressed *Zea mays* L. plants. *Turk J Bot.* 39:786-795.
- [17] Muhammad Amjad Javaid Akhtar Muhammad Anwar-ul-Haq Aizheng Yang Saqib Saleem Akhtar Sven-Erik Jacobsen (2014) *Scientia Horticulturae* Volume 172, Pages 109-116
- [18] Agamy RA, Hafez EE, Taha TH. (2013). Acquired Resistant Motivated by Salicylic Acid Applications on Salt Stressed Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 13, 50-57.
- [19] M Ajmal Khan, Bilquees Gul, and Darrell J Weber (2004) Action of plant growth regulators and salinity on seed germination of *Ceratoides lanata* Canadian Journal of Botany <https://doi.org/10.1139/b03-140> Home Canadian Journal of Botany Volume 82, Number 1,
- [20] Vlot, A.C., Wildermuth, M.C., and Klessig, D.F., (2011)- Salicylic Acid biosynthesis and metabolism. *Arabidopsis Book* 9, e0156. doi: 10.1199/tab.0156 DEMPSEY,
- [21]. Dhanyalakshmi K.H. , Vijayalakshmi C. (2013), Evaluation of physiological and biochemical responses of rice (*Oryza sativa* L.) Varieties to April 2013 Indian Journal of Agricultural Research 47(2):91-99

- [22]. **V. D.Taffouo (2010)** Effects of salinity stress on seedlings growth, mineral nutrients and total chlorophyll of some tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) cultivars September University of Douala African Journal of Biotechnology 9(33):5366-5372
- [23] **Shiyab, S.M., Shatnawi, M.A., Shibli, R.A., AlSmeirat, N.G., Ayad, J., and Akash, M.W (2013).** Growth, nutrient acquisition, and physiological responses of hydroponic grown tomato to sodium chloridesalt induced stress. *Journal of plant nutrition*, 36(4), 665-676.
- [24]. **Wang, F., Xu,Y.G., Wang, S., Shi,W., Liu,R., Feng, G., and Song, J.(2015).** Salityaffectsproduction and salt tolerance of dimorphic seeds of *Suaeda salsa*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 95: 41-48.