ESSAI D'OPTIMISATION DE LA FERTILISATION ORGANIQUE DE LA POMME DE TERRE SOUS LES CONDITIONS SALINES DES REGIONS ARIDES

OUSTANI M.[1], HALILAT M.. T.[2] et CHELLOUFI H [3].

1. Université Kasdi Merbah Ouargla , Laboratoire des Bio-ressources Sahariennes : Préservation et Valorisation, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie , Algérie.

2 . Université de Ghardaia. Université de Ghardaïa B.P 455, Noumerate, Route de l'aéroport Ghardaïa.

3. Université Kasdi Merbah Ouargla, Laboratoire de protection des écosystèmesen zones arides et semi arides. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, , Algérie

Résumé : La salinité constitue un obstacle majeur pour la croissance des végétaux dans les zones arides. La pomme de terre se trouve confrontée à ce problème dans le Sud Algérien. Dans ce cadre, la présente étude vise à déterminer, l'efficacité de la fertilisation organique à base de fumier de volailles (FV) sur les paramètres de croissance végétative, paramètres de rendement ainsi, que sur l'amélioration de l'état nutritionnel de la pomme de terre sous les conditions salines. Pour ce faire, un dispositif expérimental a été installé dans la région de Ouargla (Sud-est Algérien) avec cinq doses croissantes de fumier de volailles (20; 30; 40; 50 ; 60 t/ha), un traitement engrais minéral et un témoin sans apport dans trois sites expérimentaux à de niveaux de salinité croissants, soit un sol peu salé (SPS), sol salé (SS) et sol très salé (STS). Les résultats obtenus ont indiqué que les doses croissantes de FV ont augmenté significativement tous les paramètres biométriques étudiés par rapport au témoin et à l'engrais minéral, et ceci quelque soit le niveau de la salinité dans les trois sites expérimentaux. Toutefois, l'effet de l'interaction salinité x fumier a indiqué que le meilleur rendement a été enregistré avec le traitement du site 3 (STS) x (60 t/ha FV), pour un rendement maximal de 395,13 qx /ha. Par ailleurs, l'analyse de la variance relative à l'état nutritionnel a indiqué que les doses de FV ont augmenté significativement les contenus foliaires en azote, potassium et en phosphore par rapport au témoin et à l'engrais minéral.

Mots clés: Salinité, Fertilisation Organique, Pomme de Terre, Rendement, Régions Arides.

TEST OF OPTIMISATION THE ORGANIC FERTILIZATION OF POTATO UNDER SALINE CONDITIONS OF ARID REGIONS

Abstract: Salinity is a major obstacle to the growth of plants in arid areas. Potato is facing this problem in southern Algeria. In this context, this study aims to determine the effects of organic fertilization with poultry manure (PM) on the parameters of vegetative growth and yield parameters, the assessment status nutrition of the plant under saline conditions. To do this, an experimental design was installed in the region of Ouargla in the South East of Algeria, through which five increasing doses of poultry manure (20, 30, 40, 50 t/ha of PM) were tested and compared with mineral treatment and a control (no input) in three sites at increasing levels of salinity: Low Saline Soil (LSS), Saline Soil (SS) and High Saline Soil (HSS). The results indicated that increasing rates of PM significantly increased all biometric parameters studied compared the control and mineral fertilizer, and this irrespective of the level of salinity in the three experimental sites. However, the effect of the interaction (Salinity x Manure) showed that the best performance was recorded by the treatment of site 3 (STS) x (60 t/ha PM), with a maximum yield of 395.13 qx/ha. Furthermore, analysis of variance on the nutritional status of the plant showed that the rates of PM significantly increased foliar content on Nitrogen, Potassium and Phosphorus compared to the control and the mineral fertilizer.

Keywords: Salinity, Organic Fertilization, Potatoes, Yield, Arid Regions.

Auteur correspondant OUSTANI M. ouastani.ma@univ-ouargla.dz

Introduction

La salinisation des terres affecte au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente [1]. Ce stress abiotique a été reconnu depuis des milliers d'années, comme le premier problème limitant la productivité des plantes, plus particulièrement dans les régions arides où il n'y a pas suffisamment de pluie pour lessiver les sels au-delà de la zone racinaire [2]. Par ailleurs, l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques, et l'irrigation menée avec des eaux de mauvaise qualité, contribuent également à aggraver le problème de salinisation du sol [3; 4]. En conséquence, le comportement des plantes dans ces zones se trouve en permanence sous l'effet de stress de type osmotique, ionique et nutritionnel [5 ; 6]. Toutefois, quelque soit, l'origine de la salinisation, l'excès de sel modifie les propriétés physico-chimiques et microbiologiques du sol. L'altération de ces propriétés diminue la fertilité du sol et constitue un stress indirect pour nutrition des plantes. Cette situation est d'autant plus renforcée par le faible recours des agriculteurs dans les régions arides à la fertilisation organique.

A la différence des halophytes qui poussent mieux sur un sol salin [7; 8], les glycophytes dont appartient la plupart des plantes cultivées ne supportent pas l'excès de sels. A l'instar de ces plantes, la pomme de terre est très sensible à la salinité et son niveau de tolérance varie de 1,5 à 2 g/l de NaCl [9]. A la concentration de 3g/l de NaCl, ce dernier diminue de 50% la croissance de la plante [10]. Ainsi, la salinité peut être l'un des facteurs majeurs déterminant le rendement de la pomme de terre dans les zones arides.

Un défi principal que doivent les agriculteurs dans les régions arides consiste à trouver des solutions pour combattre les effets néfastes de la salinité des sols et des eaux sur la pomme de terre et de minimiser l'impact environnemental de l'utilisation exagérée des engrais chimiques dans ces régions connues par la fragilité de leurs écosystèmes.

Dans ce contexte, la fertilisation organique semble être une des solutions les plus recommandées pour résoudre le problème de la salinité. D'après Hanachi et *al*. [11], l'effet de la salinité sur les végétaux peut être atténué en présence de la matière organique qui peut masquer l'action défavorable des sels.

L'objectif de présent travail est d'analyser chez la pomme de terre, les effets de doses croissantes d'un fertilisant organique riche en éléments nutritifs (fumier de volailles) sur certains paramètres biométriques (paramètres de croissance végétative et de rendement), ainsi que sur l'évaluation de l'état nutritionnel de cette plante sous les conditions salines des régions arides.

1. Matériel et méthodes

1.1. Description du contexte éco - pédologique de la région d'étude

L'étude a été réalisée durant l'année 2010 au niveau de la ferme de Baziz, située dans le secteur de Hassi Ben Abdallah à 26 km du chef de la wilaya d'Ouargla (Sud-Est de l'Algérie). Elle se situe à une altitude de 157m, une latitude de 32° à 52° Nord et une longitude de 5° à 26°Est. Dans cette région, le climat est de type aride à hiver doux et été chaud et sec, il est caractérisé par une période sèche qui s'étend sur toute l'année. Les précipitations sont très faibles et irrégulières, le cumul annuel étant de 37,29 mm. La température moyenne annuelle est de 23,78°C, avec un maxima moyen de 43,71°C au mois de Juillet et un minima moyen de 3,89°C au mois de Janvier [12]. Les sols dans cette région sont caractérisés dans l'ensemble par une texture sableuse, un pH basique et une faible teneur en matière organique (<1%). Toutefois, le relevé pédologique réalisé par BNEDER [13] relatif à la distribution de la salinité, montre que cette

région présente une variabilité spatiale de salinité ce qui, semble être liée à plusieurs facteurs notamment au mauvais drainage et à la qualité de l'eau d'irrigation.

1.2. Analyse des échantillons du sol

Les échantillons de sol ont été prélevés dans l'horizon cultural (0-50 cm) de trois sites à des niveaux de salinité différents. D'après l'échelle de classification des sols salés [14], le sol au niveau des trois sites est classé en sol peu salé: $CE_{1/5}$ = 0.96 (dS/m) ; sol salé: $CE_{1/5}$ = 2.2 (dS/m) et sol très salé: $CE_{1/5}$ = 5.7 dS/m. Après séchage à l'air et tamisage à 2 mm, les échantillons composites des trois sols ont été soumis à une caractérisation analytique en adoptant les méthodes standards d'analyse du sol [15]. Les principales caractéristiques physico-chimiques de ces sols sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractérisation physico-chimique du sol au niveau des trois sites expérimentaux

Paramètre		Résultat		
		Site 1 : Sol peu salé (SPS)	Site2 : Sol Salé (SS)	Site3 : Sol très salé (STS)
Granulométrie	Sable fin (%)	53.18	50.21	60 .58
	Sable grossier (%)	40.30	42.77	29.60
	Argile et limon (%)	6.52	7.02	9.82
pH eau : 1/2.5)		8, 21	8,32	8,46
CE : (1/5) dS m^{-1})		0,96	2,2	5,7
Calcaire total (%)		1,52	2,94	6,13
Calcaire actif (%)		-	-	5,2
Matière organique (%)		0.38	0.41	0.44
Carbone organique (%)		0.22	0.23	0.25
Azote total (%)		0.016	0.012	0.014

1.3. Analyse du fumier de volailles

Le fumier de volailles utilisé dans la présente étude provient d'un élevage de poulet de chair. Il s'agit d'un mélange de fientes et de coupeaux de bois, il est âgé de 4 mois. Avant analyse, un échantillon représentatif de ce fumier a été séché et tamisé à 2mm. Les principales caractéristiques physico-chimiques et biochimiques de ce fumier, obtenues par les méthodes recommandées par l'analyse de fumier [16] sont indiquées dans le tableau 2.

Tableau 2. Caractérisation physico-chimique et biochimique du fumier de volailles

Paramètre	Résultat
pH (1/ 5)	7.59
CE (1/5) $dS^{-1}m$	10.18
Calcaire total (%)	10.63
Matière organique (%)	45. 24
Carbone organique (%)	26.30
Azote total %	2,37
C/N	11.09
K^+ %	2.04
Ca^{++}%	2.7
P (%)	1.89

1.4. Analyse de l'eau d'irrigation

L'irrigation du sol dans les trois sites a été effectuée à partir du complexe terminal qui est considéré comme l'un des deux plus grands aquifères souterrains fossiles qui caractérisent l'hydrogéologie la région d'étude. L'eau de cet aquifère est fortement minéralisée. D'après l'évaluation de la qualité des eaux des irrigations, établie par Durand pour l'Algérie [17], cette eau est inadéquate à l'irrigation dans les conditions ordinaires, mais elle peut être utilisée lorsque les sols sont perméables avec un bon drainage. Il est à noter que le sel dominant au niveau de l'eau d'irrigation est le NaCl. Les résultats obtenus par les procédures analytiques, décrites par Richard [18] sont mentionnées dans le tableau 3.

Tableau 3. Caractérisation physico-chimique de l'eau d'irrigation

Paramètre	CE ($dS\ m^{-1}$)	pH	Cations et anions Solubles (meq/l)								SAR	Class
			Cations				Anions					
			Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	CO_3^{--}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}		
Résultat	5.7	7.9	19.4	5.5	23.1	1,2	-	1.31	38	25.2	6.54	C_5-S_1

1.5. Dispositif expérimental et conduite de l'essai au champ

L'essai a été implanté en plein champ sur sols à précédent cultural jachère. Le matériel végétal utilisé comme plante-test est la pomme de terre de variété « Spunta ». Le dispositif expérimental adopté est de type split plot, comportant trois niveaux de salinité: Sol Peu Salé (SPS), Sol Salé (SS) et Sol Très Salé (STS) et sept (07) traitements, à savoir fumier de volailles à 20, 30, 40, 50 et 60 t/ha, traitement habituel des agriculteurs à base d'engrais minéral (180, 200 et 250 U/ha), respectivement d'azote, de phosphore et de potassium sous forme de NPK (15-15-15); TSP (46%) ; Urée (46%) et un témoin sans aucun apport. Le dispositif expérimental dans sa globalité contient 21 traitements, répartis en 4 blocs (4 répétitions) soit un total de 84 parcelles élémentaires de 16 m^2 (4 x 4) chacune ; l'espace entre parcelles et entre blocs est respectivement 1 et 2 mètres. Après un labour d'une profondeur de 50 cm effectué avec une charrue à soc, on a procédé à un épandage fractionné des différentes doses de fumier de volailles et de l'engrais minéral en fonction des besoins de chaque stade phénologique de la pomme de terre. La plantation a été réalisée manuellement le 29/09/2010, avec une densité de 4 plants/m^2. Les écartements sont de 75 cm entre rangs et 40 cm entre plants. L'irrigation a été assurée par un système d'irrigation localisée (goutte à goutte). Des travaux d'entretien comprenant des binages, des désherbages, des buttages, ainsi que des traitements phytosanitaires ont été effectués tout au long du cycle de la plante ; la récolte a eu lieu manuellement le 01/ 02/ 2011.

1.6. Paramètres étudiés

L'étude de la réponse de la pomme de terre à la fertilisation organique en fonction du degré de la salinité a été effectuée sur des mesures moyennes de cinq plants choisis aléatoirement au niveau de chaque parcelle élémentaire. Les paramètres de croissance végétative ont été déterminés après 90 jours de plantation, et ceux de rendement après 120 jours de plantation. Les mesures ont été portés sur :
Paramètres de croissance végétative

- **Hauteur des tiges aériennes/plant**
  La mesure de l'hauteur tiges/plant en centimètres a été effectuée à l'aide d'une règle graduée.

- **Nombre de tiges/plant**
  Il consiste à compter le nombre de tiges par plant. Ce paramètre est considéré comme composante du rendement, car chaque tige porte des tubercules souterrains.

- **Surface foliaire/ plant**
  La mesure de la surface foliaire en centimètres carrés, a été déterminée suivant la formule de Sakallova [19]: Surface foliaire en (cm^2) = L x l x Coefficient (K)

L : Longueur de la feuille de pomme de terre ;
l : Largeur de la feuille de pomme de terre ;
K: Coefficient relatif à la forme de la feuille de pomme de terre = 0.674

- **Nombre de feuilles/plant**
  Le nombre de feuilles a été dénombré pour chaque plant, puis on procède au calcul du nombre moyen de feuilles/plant.

Paramètres de rendement

- **Nombre de tubercules/plant**
  Le nombre de tubercules a été dénombré pour chaque plant, puis on procède au comptage du nombre moyen de tubercules /plant.

- **Diamètre de tubercule/plant**

Le diamètre de tubercules / plant en centimètres a été déterminé à l'aide d'un pied coulisse.

- **Rendement/plant**

Le rendement/plant a été déterminé en pesant les tubercules de chaque plant, puis on procède au calcul du rendement moyen par plant.

- **Rendement total/ha**

Le rendement total (qx/ha) a été déterminé en rapportant la production de la zone de récolte à l'hectare.

- **Etat nutritionnel**

L'état nutritionnel de la plante a été apprécié en analysant les contenus des feuilles de pomme de terre en trois éléments nutritifs essentiels, qui sont en relation directe avec le rendement de cette plante, il s'agit, des teneurs de la plante en azote, potassium et en phosphore. L'échantillon foliaire s'est porté ainsi, sur la 4^{éme} feuille à partir du point de la croissance de cinq plants collectés au hasard dans chaque parcelle élémentaire. Avant analyse, les échantillons foliaires recueillis ont été lavés à l'eau distillée, séchés à 60 °C pendant 72 heures, broyés et tamisés à 1,0 mm. Par la suite, un échantillon de 100 mg de chaque traitement a été digeste avec un mélange 2:1 d'acides nitrique et perchlorique (à 210 °C), et soumis à l'analyse. Le potassium a été obtenu par photométrie de flamme. L'azote total a été déterminé par la méthode micro-Kjeldahl [20]. Le phosphore a été déterminé par colorimétrie selon la méthode décrite par Thomas et *al.* [21]. La teneur du végétal en éléments nutritifs est exprimée sur la base de la matière sèche.

1.7. Analyse statistique

L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel "ASSISTAT" qui permet une analyse de la variance (ANOVA) pour les différents traitements, et les moyennes ont été classées selon le test de Newman et Keuls.

2. Résultats et discussion

2.1. Paramètres de croissance végétative

L'effet des différentes doses de fumier de volailles sur les paramètres de croissance végétative est dans l'ensemble significatif ($P \leq 0.01$) à l'exception du paramètre nombre de tiges/plant qui n'a pas été significativement influencé par les différentes doses de fumier de volailles (Tableau 4). Toutefois, il ressort d'après le test de classement des moyennes que la dose 60 t/ha enregistre les meilleurs résultats concernant les paramètres de croissance végétative étudiés. Les taux d'augmentation enregistrés sont de l'ordre de 75.2% et 47.35 % pour la hauteur de tige/ plant, 33.51% et 30.26 % pour le nombre de feuilles/plant et 78.8% et 49.03% pour la surface foliaire /plant respectivement par rapport au témoin et à l'engrais minéral.

Les résultats obtenus rejoignent ceux de] Barannikova and Melnikova [22] qui ont montré que la hauteur de tige/plant, le nombre de feuilles/plant et la surface foliaire/plant de la pomme de terre augmentent significativement avec l'augmentation de l'apport organique de fumier organique appliqué au sol.

L'amélioration des paramètres de croissance végétative observée en réponse aux différentes doses de fumier de volailles peut être due à l'amélioration du potentiel d'alimentation de la plante en macro-éléments (azote, phosphore, potassium, calcium) et micro-éléments (fer, zinc, cuivre, manganèse, molybdène) [23].

En fait, la richesse du fumier de volailles en éléments nutritifs notamment en azote a assuré un approvisionnement continu de la plante en cet élément et ceci au fur et à mesure de la minéralisation des

composés organiques azotés contenus dans ce type de fumier. D'après Eleiwa et *al.*[24], l'azote a un effet sur l'augmentation de l'indice foliaire, sur le rendement en feuilles et sur le taux de la photosynthèse chez la pomme de terre [25].

Par ailleurs, en dehors de son rôle nutritif; la matière organique est une source importante de facteurs de croissance (auxines, vitamines, acides aminés) qui peuvent affecter positivement la croissance végétative, le rendement et la qualité du produit végétal [26].

Pour le facteur salinité, l'analyse de la variance a montré que les paramètres de croissance végétative étudiés ont été influencés d'une façon significative par ce facteur ($P \leq 0.01$) (Tableau 1). D'après le test de classement des moyennes, le site 3 (STS) a été classé première position pour l'hauteur et la surface foliaire/plant, avec des taux d'augmentation de 17.44% et 6.85 % pour la hauteur de tige/ plant et 51.82% et 13.34 % pour la surface foliaire respectivement par rapport au site 2 (SS) et au site 3 (SPS). Alors que ce dernier a occupé la première position pour le paramètre nombre de feuilles/plant, soit des taux d'augmentation de 13.34 % et 15.82 % respectivement par rapport au site 2 (SS) et Site 3 (STS).

Pour le facteur salinité, l'analyse de la variance a montré que les paramètres de croissance végétative étudiés ont été influencés d'une façon significative par ce facteur ($P \leq 0.01$) (Tableau 1). D'après le test de classement des moyennes, le site 3 (STS) a été classé en première position avec des taux d'augmentation de 17.44 et 6.85 % pour hauteur de tige/ plant et 51.82 et 13.34 % pour la surface foliaire respectivement par rapport au site 2 (SS) et au site 3 (SPS). Alors que ce dernier a occupé la première position pour le paramètre nombre de feuilles/plant enregistrant ainsi des taux d'augmentation de 13.34 et 15.82 % respectivement par rapport au site 2 (SS) et Site (STS).

Concernant l'interaction entre les deux facteurs (Salinité x Fumier), l'analyse statistique a montré des différences significatives ($P \leq 0.01$) (tableau 1) entre les différents traitements sur les paramètres de croissance végétative étudiés à l'exception du paramètre nombre de tigres/ plant. Les meilleurs résultats ont été enregistrés par le traitement : Site 3 (STS) x 60t/ha de (FV).

2.2. Paramètres de rendement

Les résultats obtenus, montrent que la différence des rendements en quantité et en qualité dépend à la fois de la dose de fumier appliquée et du niveau de la salinité des sols. Les doses croissantes de fumier de volailles ont influé significativement ($P \leq 0.05$) sur les paramètres de rendement (Tableau 5). Le test de Newman-Keuls montre que la dose 60 t/ha FV a enregistré les meilleurs résultats concernant ces paramètres, soit des taux d'augmentation de 30.51 et 36.6 % pour le nombre de tubercules/plant, 15.64 et 11.02 % pour le diamètre des tubercules/plant et 103.8 et 58.33 % pour le rendement total (qtx/ha) respectivement par rapport au témoin et à l'engrais minéral.

Ces résultats peuvent être expliqués par l'action favorable et conjuguée de l'apport de fumier de volailles sur l'ensemble des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol.

Par ailleurs, ces résultats sont en concordance avec les travaux de Martineau and Lavoie [27], qui ont montré que le rendement total de la pomme de terre est significativement plus élevé dans les parcelles ayant reçu du fumier de volailles par rapport aux autres types de fumiers.

L'amélioration des paramètres de rendement en réponse à la l'apport du fumier de volailles, peut être due à la libération rapide et continue de nutriments

(azote, potassium, phosphore et oligo-éléments) à partir de ce fumier, ce qui a permis de satisfaire les besoins nutritionnels de la pomme de terre durant tous les stades de son cycle de développement [28].

Tableau 4. Effet des différents traitements sur les paramètres de croissance végétative en fonction degré de salinité dans les trois sites expérimentaux.

Niveau de salinité dS m^{-1}				
Traitements	SPS: (CE=0.96 dS m^{-1})	SS: (CE=2.2 dS m^{-1})	STS: (CE=5.7 dS m^{-1})	Moy
Nombre de tige /plant				
T0 (t/ha $^{-1}$ FV)	3.45	3.11	3.11	3.22
EM	3.45	2.78	3.22	3.15
20 (t/ha^{-1} FV)	3.33	2.55	3.89	3.26
30 (t/ha^{-1} FV)	3.22	3.78	2.55	3.18
40 (t/ha^{-1} FV)	3	4.22	3.11	3.44
50 (t/ha^{-1} FV)	3.55	3.89	3.56	3.67
60 (t/ha^{-1} FV)	3	3.44	2.78	3.07
Moy	3.29	3.4	3.17	3.28
Salinité : ns , Fumier de volailles : ns , Salinité x fumier de volailles : ns				
Hauteur de tige /plant(cm)				
T0 (t/ha $^{-1}$ FV)	18.34	19.56	22.11	20,00 e
EM	25.89	22.44	23	23,78 d
20 (t/ha^{-1} FV)	27.56	27.45	29.22	28,07 b c
30 (t/ha^{-1} FV)	22.56	26.67	27.33	25,52 c
40 (t/ha^{-1} FV)	22.89	27.55	33.22	27,89 b c
50 (t/ha^{-1} FV)	27.11	31.34	32	30,15 b
60 (t/ha^{-1} FV)	30.22	36.78	38.11	35,04 a
Moy	24,94 B	27,40 A	29,29 A	27.21
Salinité: ppds $_{(0.01)}$, Fumier de Volailles: ppds $_{(0.01)}$, Salinité x Fumier de volailles: ppds $_{(0.01)}$				
Nombre de feuilles /plant				
T0 (t/ha $^{-1}$ FV)	31.33	22.89	26.33	26,85 b
EM	37.33	22.11	23.11	27,52 b
20 (t/ha $^{-1}$ FV)	31.67	25.89	35.78	31,11 a b
30 (t/ha $^{-1}$ FV)	31.67	28.89	25.55	28,70 b
40 (t/ha $^{-1}$ FV)	29.11	36.22	29.78	31,70 a b
50 (t/ha $^{-1}$ FV)	35.44	29.56	31.11	32,04 a b
60(t/ha $^{-1}$ FV)	37	36.11	34.45	35,85 a
Moy	33,37 A	28,81 B	29,44 B	30.54
Salinité: ppds $_{(0.01)}$, Fumier de Volailles: ppds $_{(0.01)}$, Salinité x Fumier de volailles: ppds $_{(0.01)}$				
Surface foliaire /plant(cm^2)				
T0 (t/ha^{-1} FV)	122.49	162.91	168.59	151,33 g

EM	170.68	175.38	198.61	181,55 f
20 (t/ha^{-1} FV)	163.92	165.24	256.28	195,14 e
30 (t/ha^{-1} FV)	194.49	182.45	274.5	217, 14 d
40 (t/ha^{-1} FV)	225.34	208.07	285.6	239.67 c
50 (t/ha $^{-1}$ FV)	247.26	220.28	296.62	254,72 b
60 (t/ha^{-1} FV)	269.06	232.07	310.6	270,57 a
Moy	199,03 B	192.34 B	255,82 A	215.73
Salinité: ppds $_{(0.01)}$, Fumier de Volailles: ppds $_{(0.01)}$, Salinité x Fumier de volailles: ppds $_{(0.01)}$				

Les différences entre les valeurs indiquées par des lettres différentes sont signifiantes. les lignes et les lettres minuscules indiquent colonnes. ns: non significatif.

D'après Darogkina [29], la substitution de la fumure minérale par des apports organiques contenant les mêmes quantités des éléments nutritifs, peut assurer une production économique de la pomme de terre.

Quant aux effets de la salinité, l'analyse de la variance a décelé des effets significatifs de ce facteur sur l'ensemble des paramètres de rendement étudiés ($P \leq 0.05$) (Tableau 5). Le test de Newman-Keuls a montré que le site 3 (STS) a été classé au premier rang des paramètres de rendement malgré la forte salinité du sol à son niveau. Ce site a enregistré des gains respectifs de 18.30% et 32.11 % pour le nombre de tubercules /plant, 4.45 % et 10.38% pour le diamètre de tubercules /plant et 9.15% et 19.65 % pour le rendement total /plant respectivement par rapport au site 1 (SPS) et site 2 (SS).

L'analyse des résultats de l'effet de l'interaction Salinité X Fumier sur les paramètres de rendement, nous a permis de conclure que l'apport de doses croissantes de fumier, conduit à une amélioration significative de ces paramètres ($P \leq 0.05$) (Tableau 2). Les meilleurs rendements ont été obtenus, non pas avec le faible niveau de salinité présenté par le site 1 (SPS), comme de nombreux chercheurs ont trouvé, mais avec le traitement : Site 3 (STS) x 60t/ha de (FV).

Ces résultats confirment ceux rapportés par Skiredj [30] qui a montré que sous les conditions salines, la fertilisation organique permet d'augmenter les paramètres de rendement de la pomme de terre.

D'après Hannachi et *al.* [11] l'augmentation du rendement de cette plante est proportionnelle au taux du fumier organique appliqué au sol.

De ce fait, en réponse au fortes doses de fumier, le rendement de la pomme de terre n'est pas pénalisé plus de 50 % de sa valeur dans des conditions non salines, mais, contrairement à la théorie de Ayers and estcot [31], il semble être comparable avec celui obtenu dans des conditions normales. Ainsi, la pomme de terre peut résister à des niveaux élevés de salinité dans le sol et dans l'eau d'irrigation, en particulier lorsque l'épandage de fumier est relativement élevé.

L'amélioration des paramètres de rendement observée dans le site STS en présence de la forte dose de fumier de volailles, peut être due à l'effet conjugué et additionnel obtenu à la fois par l'apport exogène du Ca^{++}et K^{+}, par la forte dose de fumier de volailles, et par la richesse initiale du sol au niveau de ce site, ainsi, celle de l'eau d'irrigation en Ca^{++} et Ca^{++} et K^{+} respectivement.

En fait, l'augmentation de la concentration de ces deux cations a probablement modifié la dynamique d'équilibre ionique, et a influencé les plants de pomme de terre, de telle façon qu'il y ait limitation d'absorption de

Na^+.L'antagonisme ionique établi sous nos conditions expérimentales est en mesure d'améliorer la stratégie d'absorption ionique au profit de ces cations utiles à la plante au détriment des cations toxiques, notamment le Na^+ qui se trouve normalement en excès dans la solution du sol chargée en sels.

Tableau 5. Effet des différents traitements sur les paramètres de rendement en fonction de degré de la salinité du sol dans les trois sites.

Les différences entre les valeurs indiquées par des lettres différentes sont signifiantes.

les lignes et les lettres minuscules indiquent les colonnes. ns: non significatif.

Niveau de salinité dS m^{-1}				
Traitements	SPS: (CE=0.96 dS m^{-1})	SS: (CE=2.2 dS m^{-1})	STS: (CE=5.7 dS m^{-1})	Moy
Nombre de tubercules /plant				
T0 (t/ha $^{-1}$ FV)	4.56	3.22	5.00	4,26 b
EM	4.22	3.44	4.55	4,07 b
20 (t/ha FV)	4.45	4.00	5.67	4,70 a b
30 (t/ha FV)	4.56	3.67	5.11	4,44 b
40 (t/ha FV)	4.89	4.22	5.67	4,93 a b
50 (t/ha FV)	4.44	5.00	5.56	5,00 a b
60 (t/ha FV)	5.00	5.22	6.45	5,56 a
Moy	4,59 B	4,11 B	5,43 A	4.71
Salinité: ppds $_{(0.05)}$, Fumier de Volailles: ppds $_{(0.05)}$, Salinité x Fumier de volailles: ppds $_{(0.05)}$				
Diamètre de tubercules / plant (cm)				
T0 (t/ha $^{-1}$ FV)	6.31	5.52	6.2	6,01 b
EM	6.34	5.97	6.46	6,26 a b
20 (t/ha FV)	6.5	6.14	6.4	6,35 a b
30 (t/ha FV)	6.52	6.25	6.84	6,54 a b
40 (t/ha FV)	6.36	6.25	7.21	6,61 a b
50 (t/ha FV)	6.77	6.32	7.14	6,75 a b
60 (t/ha FV)	6.78	6.69	7.38	6,95 a
Moy	6,51 B	6,16 B	6,80 A	6.5
Salinité: ppds $_{(0.05)}$, Fumier de Volailles: ppds $_{(0.05)}$, Salinité x Fumier de volailles: ppds $_{(0.05)}$				
Rendement total (qx/ha)				
T0 (t/ha $^{-1}$ FV)	187,41	174,30	175 ,39	179.03 g
EM	226,63	215,5	249,28	230.47 f
20 (t/ha FV)	238,63	225,64	275,7	246.65 e
30 (t/ha FV)	282,59	252,33	326,67	287.19 d
40 (t/ha FV)	309,4	276,33	348,43	311.38 c
50 (t/ha FV)	346,63	315,5	370,28	344.13 b
60 (t/ha FV)	369,94	329,67	395,13	364.91 a
Moy	326.87 A	298.21 C	356.81 A	327,29
Salinité: ppds $_{(0.05)}$, Fumier de Volailles: ppds $_{(0.05)}$, Salinité x Fumier de volailles: ppds $_{(0.05)}$				

2.3.État nutritionnel des plants de pomme de terre (teneurs foliaires en N, P et K)

Les résultats illustrés dans les figures 1, 2, 3 ont révélé que l'apport croissant de fumier de volailles a un effet significatif sur l'augmentation des teneurs des feuilles de la pomme de terre en NPK (P≤ 0,05). Les teneurs en ces éléments nutritifs tendent à augmenter de 17.33, 15.63 et 1.72 mg/g à 59.34, 55.33 et 3.33 mg/ g respectivement, lorsque la dose de fumier de volailles passe de 0 à 60 t/ha. Ainsi, les meilleurs contenus foliaires en en N (Azote), K (Potassium) et en P (Phosphore) ont été enregistrés par la dose de 60 t /ha.

Les résultats obtenus montrent que quelque soit le niveau de salinité, l'enrichissement du sol en fumier organique présenté dans notre cas par les différentes doses de fumier de volailles s'ensuit par l'augmentation des teneurs du sol en N (Azote) et K (Potassium) par rapport au traitement témoin et au traitement avec engrais minéral. Ces résultats sont en concordance avec les travaux de Delgado et *al*. [32], qui ont indiqué que le fumier de volailles augmente nettement la concentration des feuilles de la pomme de terre en N (Azote), K (Potassium) et en P (Phosphore).

En ce qui concerne l'effet de la salinité, l'analyse de la variance a révélé un effet significatif (P ≤0,05) (Fig.1,2) de ce facteur sur la teneur des feuilles de la pomme de terre en N (Azote) et K (Potassium). Le test de classement des moyennes a révélé trois groupes homogènes bien distincts. Le site 3 (STS) a été classé en première position enregistrant ainsi les meilleures teneurs en N (Azote) et K (Potassium), soit des taux d'augmentation de 26.21 et 33.2% et 8.06 et 13.66 % respectivement par rapport aux autres sites: 1(SPS) et 2 (SS) qui ont occupé la deuxième et la troisième position respectivement.

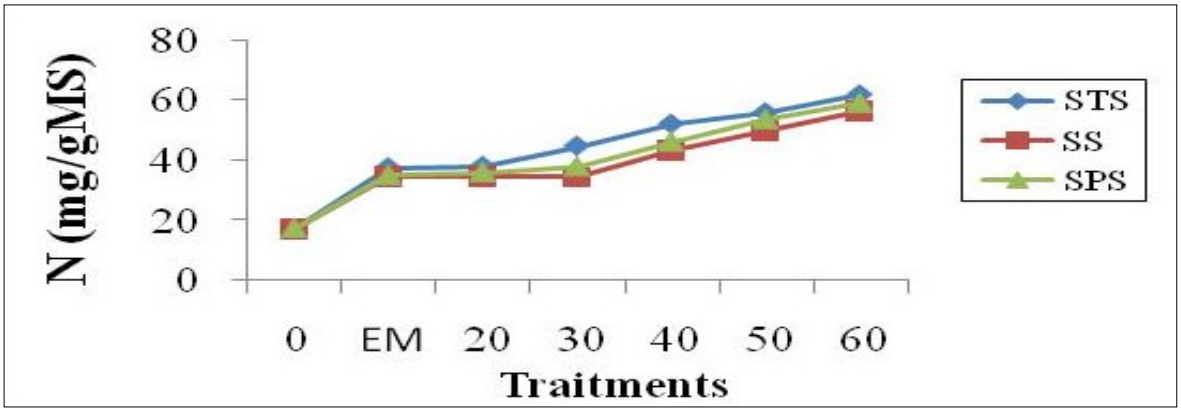

Figure 1. Effet des différents traitements sur la teneur foliaire en Azote en fonction du degré de la salinité dans les trois sites expérimentaux.

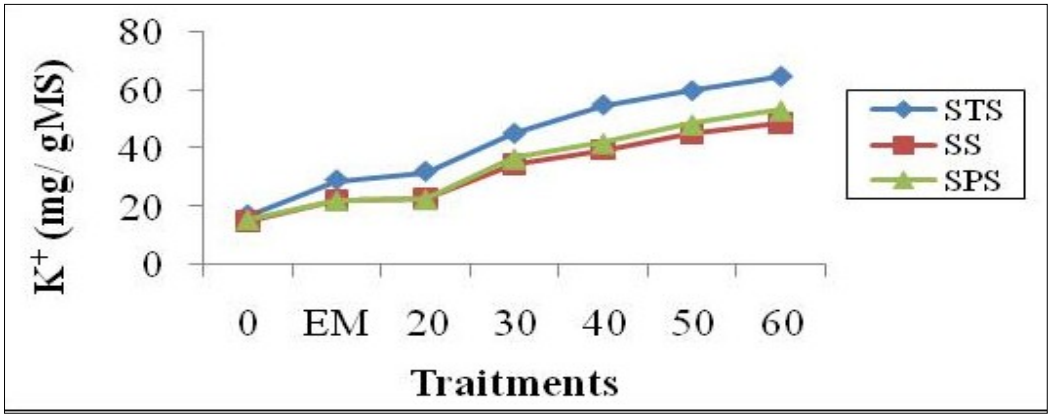

Figure 2. Effet des différents traitements sur la teneur foliaire en Potassium en fonction du degré de la salinité dans les trois sites expérimentaux.

Paradoxalement aux effets des différentes doses de fumier de volailles sur les contenus foliaires en N (Azote) et K (Potassium) qui ont montré des différences significatives entre traitements, la salinité n'a montré aucun effet significatif sur la teneur foliaire en (P) Phosphore (Fig. 3).

Par ailleurs, les contenus foliaires en N (Azote) et en K (Potassium) ont été significativement (P<0,05) affecté par l'interaction entre les niveaux de salinité et les doses de fumier de volailles. Les teneurs les plus élevées en ces deux éléments majeurs pour la pomme de terre ont été enregistrées au niveau du traitement : site 3 (STS) x 60t/ha (FV), avec des teneurs de 62,12 et 64,5 mg/g respectivement pour l'Azote (N) et le Potassium (K).

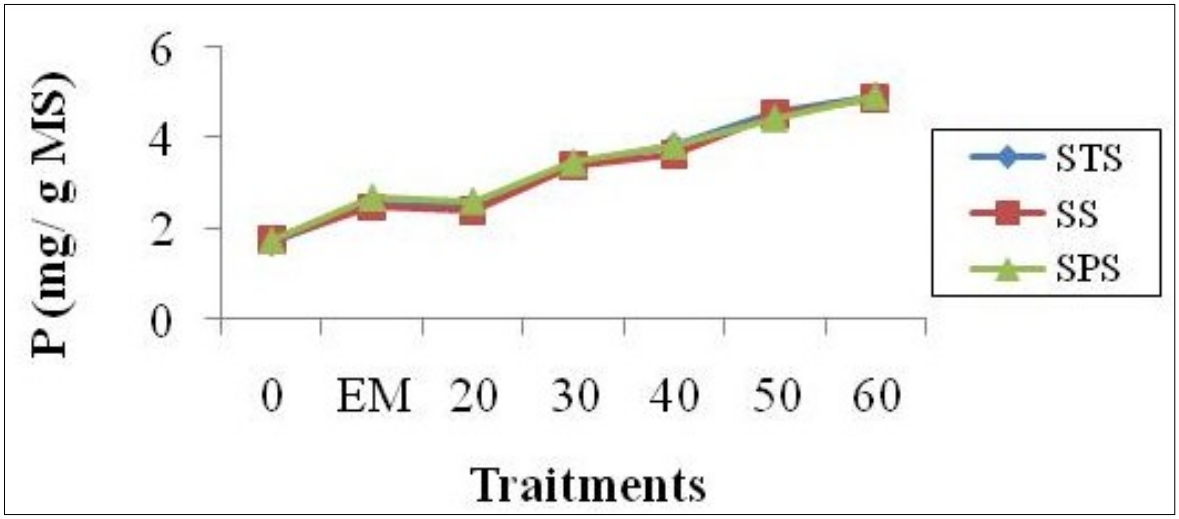

Figure 3. Effet des différents traitements sur la teneur foliaire en Phosphore en fonction du degré de la salinité dans les trois sites expérimentaux

Les résultats obtenus montrent que la salinité ne semble pas réduire la teneur foliaire du potassium et d'azote en présence de la fertilisation organique. En effet, c'est

au niveau du site le plus salé que nous avons enregistré les meilleurs contenus en éléments nutritifs essentiels pour la plante. D'après Walker and Bernal [33], la fertilisation organique à base de fumier de volailles améliore l'état nutritionnel de la pomme de terre cultivée sous les conditions salines.

En fait, la transformation de la solution du sol de composition défavorable en solution nutritive impose l'apport de fertilisants organiques dont la minéralisation progressive libère des éléments nutritifs utiles (K^+, NO_3^-….etc) à la plante. Ces derniers, par le jeu d'antagonisme ionique, permet à la plante d'éviter l'absorption d'ions toxiques qui se trouvent en excès (Na^+, Cl^-), et qui ne sont nécessaires à la plante qu'en faibles quantités [34].

Par ailleurs, les résultats obtenus peuvent être expliqués par la richesse initiale du sol au niveau de ce site en calcium (Ca^{++}). Selon Fenn et *al*. [35], ce cation joue un rôle très important dans l'augmentation de l'absorption de l'azote (N), potassium (K) et du phosphore (P) par la pomme de terre.

Conclusion

Cette étude montre que la production de la pomme de terre dans les sols salés des régions arides peut être améliorée par une fertilisation organique raisonnée et bien conduite. Les résultats obtenus permettent d'admettre également que la pomme de terre résiste aux fortes salinités, particulièrement lorsque l'apport de fumier est relativement élevé. Ces résultats indiquent par ailleurs, que l'accroissement de la teneur en MO des sols semble être l'une des solutions agronomiques adéquates, non seulement pour atténuer les effets osmotiques et physiologiques liés aux stress salin, mais également pour exploiter les eaux saumâtres dans ces régions.

Néanmoins, pour bien exploiter ces résultats et maximiser la rentabilité du fumier de volailles sur la culture de la pomme de terre sous les conditions salines des régions arides; une étude économique parait donc indispensable afin de déterminer l'optimum économique.

Références bibliographiques

[1].- FAO 2006 - FAOSTAT- Agriculture. Rome. (http://faostat.fao.org/).

[2].- Rengasamy, P., 2006 - World Stalinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany* 57: 1017-1023.

[3].- Maas, EV, Grattan, SR, 1999 - Crop yields as affected by salinity. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America. Soil Science Society of America, 677 S. SegoeRd., Madison. W153711, USA. Agric. Drain. *Agronomy Monogr*. 38

[4].- Messedi D., Abdelly C., 2004- Physiologie de la tolérance au sel d'une halophyte de recouvrement: *Batis maritima*. *Revue des Régions Arides*, Tome 1, No spécial : 192-199.

[5].- Ashraf M., 1994 - Breeding for salinity tolerance in plants. *Crit. Rev. Plant Sci.* 13: 17- 42.

[[6].- Munns, R., 2002- Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ. 25: 239-250.

[7].- Greenway, H; Munns R, 1980 - Mechanisms of salt tolerance innonhalophytes. *Annl. Rev. Plant Physiol.*, 31: 149-190

[8].- Grattan, S.R. ; Grieve, C.M. 1999 - Salinity mineral nutrient relations in horticultural crops. Sci. Hort., 78: 127–157.

[9] .- Maas EV., 1986 - Salt tolerance of plants. Appl. Agric. Res.1 : 12-26.

[10] Bouaziz E., 1980 -Tolérance à la salure de la pomme de terre. Physiol. Vég. 18: 11-17.

[11] .- Hannachi, C; Debergh, P; Zid, E., Messaï, A; Mehouachi, T., 2004 - Tubérisation sous stress salin de vitro plants de pomme de terre (Solanum tuberosum L.) *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*. 1: 9-13.

[12] .- ONM, 2011- Office national de météorologie 5 (station Ouargla) Algérie.

[13].- BNEDER. 1998 - Plan Directeur Général de Développement des Régions Sahariennes: les ressources en sols. Edition: BNEDER et BRL Ingénierie. 11-26.

[14].- Mathieu, C., Pieltan, F., 2003 - *Analyse chimique des sols*. Methodes choisies. 9eme éd. Lavoisier .Paris TEC & DOC (France) 387p.

[15] .- Chapman, H.D., Pratt, P.F. (Eds.), 1982 - *Methods of Analysis for Soil, Plants and Waters*. Div. of Agr. Sci., Univ. of Calif, Berkeley, CA.

[16] .- Peters, J.B; Combs, S; Hoskins, B. Jarman, J; Kovar J., Watsan ,M., Wolf, A.; Wolf, N. 2003.Recommanded method of manure analysis. Cooperative extension publishing. 58 p.

[17].- Daoud, Y, Halitim, A. 1994- Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Sécheresse*, 3(5): 151-60.

[18] .- Richards, L. A. 1954 - *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*, U. S. Department of Agriculture Handbook, Vol. 60, Washington D. C., (USA) 160 p.

[19].- Sakallova N., 1979- Foliage calculation method. Agri Research (TCXA), pp 40-42.

[20].- Brermer, J.M., Mulvaney, C.S., 1982- *Methods of Soil Analysis*, second ed. Am. Soc.

[21].- Thomas, R.L., Sheard, R.W., Moyen, J.R., 1967- Convectional and automated procedures for nitrogen, phosphorus and potassium analysis of plant materials using a single digestion. *Agron. J*. 59: 240-243.

[22] .- Barannikova, Z.D, Melnikova, I.E. 1987-The effect of different level of nitrogen fertilization in the yielding and quality of potato, éd KOLOS, 46 - 52.

[23] .- Demir K., Sahin O., Kadioglu Y.K., Pilbeam D.J., Gunes A. 2010 - Essential and non-essential element composition of tomato plants fertilized with poultry manure. *Scientia Horticulturae*, 127: 16 - 22.

[24] .- Eleiwa Mona, E., Brahim, Manal, S. A., Mohamed, F., 2012 - Combined effect of NPK levels and foliar nutritional compounds on growth and yield parameters of potato plants (*Solanum tuberosum L.*) *African Journal of Microbiology Research*. 6 (24):5100-5109.

[25] .- Al-Moshileh, A.M, Motawei M.I., 2007- Effect of biofertilization (chicken and pigeon manures) on growth and yield of potato under Central Saudi Arabia conditions, *Acta. Horti* . 74 (2): 169-173.

[26] .- Melo, J.P.L. and A.P. De-Oliveira. 1999 - Garlic production as a function of different water levels and bovine manure in soil. *Horticultura,Grasileira.* 17: 11-15.

[27] .- Martineau, Y; Lavoie, J. 1996 - Poultry manure as a source of nitrogen in potato production: Part I: Agronomic

evaluation. 1996 Adapt. Res. Abs. N. B. Dept. of Agric. And Aquaculture, Fredericton, NB.

[28] .- El-Tantawy, I.M., El-Ghamry A.M. ; Habib A.H., 2009 - Effect of chicken manure and manure compost tea on potato yield and soil fertility. *J. Agric. Sci.* Mansoura Univ. 34 (1), 659-668.

[29].- Darogkina,N.A, 1972 - potato. Ed. urajay. Minisk (Russie), 433p.

[30] .- Skiredj, A. 2007- Raisonnement du plan de fumures de la pomme de terre. www.fertigation-s.com, (consulté le 31/01/2009).

[31].- Ayers, R.S.,Westcot, D.W., 1976 - Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper. 29: 1-96.

[32] .- Delgado, M.J., Ligero, F., Lluch, C., 1994 - Effects of salt stress on growth and nitrogen fixation by pea, faba-bean, common bean and soybean plants. *Soil Biol. Biochem*. 26, 371–376.

[33] .- Walker, D.J., Bernal, M.P., 2008 - The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly *saline soil. Biores. Technol*. 99: 396-403.

[34] .- Garcia, C., Hernandez, T., Pascual, J.A., Moreno, J.L., Ros, M. 2000 - Microbial activity in soils of SE Spain exposed to degradation and desertification processes. Strategies for their rehabilitation. CEBAS-CSIC (Spain):93-143.

[35].- Fenn, L.B., R.M. Taylor, M.I. Binzel and C.M. Burks. 1991- Calcium stimulation of ammonium absorption in onion. *Agron. J.*, 83: 840-843.