

EFFET DE LA SALINITE DES EAUX ET LA FREQUENCE D'IRRIGATION SUR LE SOL ET LE VEGETAL

Effect of waters salinity and frequency of irrigation on the soil and plant

ALI MASMOUDI

Département d'agronomie université de Biskra B.P. 145 Algérie
masmoudi2001@yahoo.com

RESUME :

La salinité du sol et de l'eau constitue le problème majeur dans beaucoup de pays du monde (SZABOLOCS, 1979). Les eaux salées dans la région Saharienne d'Algérie constituent la majorité des eaux d'irrigation disponibles, elles sont à ranger dans les classes 3 et 4 (DUBOST, 1994). Leur effet sur le sol et les végétaux est d'autant plus nocif que leur utilisation est mal étudiée. En revanche, la demande de l'eau douce est constamment en augmentation pour différentes utilisations compétitives ce qui crée une nécessité d'utilisation de l'eau salée en agriculture. Le recours à l'utilisation de l'eau salée devient de plus en plus une nécessité absolue vu l'absence ou la rareté des ressources d'eau douce dans certaines régions. Le manque d'eau de bonne qualité constitue désormais une contrainte majeure lorsque l'on veut créer de nouveaux périmètres irrigués. L'eau salée sera utilisée en plus à l'avenir à cause de développement de la demande de l'eau d'irrigation. Cependant, les eaux salées peuvent être utilisées en irrigation sur certains sols si des pratiques appropriées de gestion sont appliquées (HAMDI, 1991).

En outre, l'eau salée est fréquemment la seule eau disponible dans certaines régions, il devient nécessaire d'accepter ses limitations et de l'utiliser rationnellement, ce qui fait de la valorisation des eaux salées une des préoccupations importantes dans le monde aujourd'hui.

Dans ce cadre s'inscrit notre travail qui vise à étudier l'influence de la salinité des eaux et la fréquence d'irrigation sur le sol et la croissance d'une culture de tomate dont l'objectif est la valorisation de l'eau salée à travers le régime hydrique.

L'essai a été effectué en pots de végétation sous serre. Trois fréquences d'irrigation : élevée, moyenne et minimum (F1, F2, F3) et quatre salinités d'eaux (S1, S2, S3, S4) qui sont : 3, 5, 7 et 9 ds/m respectivement, ont été utilisées pour constituer douze traitements en dispositif split plot. Les résultats obtenus montrent que le bon développement du végétal est observé en F1 en particulier pour S1 et S2 et la plus faible croissance est enregistrée en S4 surtout en F3.

Nos résultats montrent un effet très important de la fréquence d'irrigation sur le comportement de la plante vis-à-vis la salinité. En effet, lorsqu'on augmente la fréquence on peut utiliser des salinités relativement élevées des eaux d'irrigation. Néanmoins, les traitements relativement moins salés restent toujours les meilleurs.

Mots clés : salinité, fréquence, irrigation.

ABSTRACT

Soil and water salinity represent a major problem in many country of the world. Saline waters in the Saharan region of Algeria constitute the majority of the available irrigation waters, they are to be arranged in classes 3 and 4. Use of these waters for irrigation is increasing because of the absence or the rarity of the fresh water resources in some regions. Saline water can be used in irrigation on some soils if the appropriate practices of management are applied. We determined the effects of irrigation frequency and salinity of irrigation water on the growth of tomato and soil in pots of vegetation in a greenhouse study. Three frequencies of irrigation high (F1), middle (F2) and minimum (F3), and four salinities of waters: S1=3, S2=5, S3=7 and S4= 9 ds/m were used.

The obtained results show that the good development of the vegetable is observed in F1 in particular for S1 and S2 and the less growth is registered in S4 especially in F3.

Our results show a very important effect of the frequency of irrigation on the behavior of the plant in opposition with the salinity. Indeed, when we increase the frequency we can use more of the relatively high salinity of the waters of irrigation. Nevertheless, the treatments relatively less salted remain always the better treatments.

1 INTRODUCTION

La salinité du sol et de l'eau constitue le problème majeur dans beaucoup de pays du monde (SZABOLOCS, 1979). La majorité des eaux d'irrigation dans la région saharienne en Algérie est d'origine souterraine. Les eaux des nappes

phréatiques sont toujours très salées avec plus de 4 à 5 g/l de résidus sec et bien souvent trois fois plus (DUBOST et MOGDATT, 2002), (MASMOUDI, 2003). La minéralisation des deux grandes nappes : CT et CI varié de 2 à 8 g/l (DAOUD et HALITIM, 1994). La salinité des eaux d'irrigation varie d'un puits à l'autre et pour un même puits.

Elle est également susceptible de changer au cours du temps surtout en période de sécheresse.

Selon DUBOST (1994), au Sahara les eaux contenant moins de 0.5g/l de sels peuvent être considérées comme exceptionnelles et celles de moins de 1g sont parfaites pour la consommation humaine. Jusqu'à une concentration de 2g/l ce sont des eaux d'irrigation de qualité excellente pour l'irrigation. Entre 2 et 5g, il s'agit d'eaux salées et au dessus de 5g on peut dire qu'elles sont très salées.

Le seuil de la salinité des eaux d'irrigation est de 3 ds/m (2g/l) (AYERS et WESTCOT, 1985). Mais compte tenu de la forte évaporation, même cette concentration saline cause parfois de sévères problèmes aux plantes, surtout dans les sols à texture fine ou irrigués par intermittence sels(DAOUUD et HALITIM 1994). Parmi les cations, le sodium est nettement dominant dans les eaux du Sahara constituant en général 50% du total (DUBOST, 1994). Pour les anions, les chlorures et les sulfates sont les plus abondants.

Les sols salés sont caractérisés généralement par des propriétés physiques, chimiques, et biologiques défavorables à la croissance des végétaux. Ainsi, les sels provenant de l'eau d'irrigation s'accumulent dans le sol en provoquant l'augmentation de la pression osmotique et peuvent conduire à la stérilisation du sol. D'une façon générale la relation entre le rendement relatif des cultures et la salinité est à peu près linéaire sur la base de comparaison entre le rendement de la même culture en sols salé et non salé (KATERJI, 1995).

D'autre part, la demande de l'eau douce, est constamment en augmentation pour différentes utilisations compétitives (domestique, agriculture, industrie) ce qui crée une nécessité d'utilisation de l'eau salée en agriculture. Le manque d'eau de bonne qualité constitue désormais une contrainte majeure lorsque l'on veut créer de nouveaux périmètres irrigués (CHEVRY, 1995) l'eau salée sera utilisée en plus à l'avenir à cause de développement de la demande de l'eau d'irrigation (VAN HOORN, 1991).

Les eaux salées peuvent être utilisées en irrigation sur certains sols si des pratiques de gestion sont appliquées (HAMDY, 1991). En effet, plusieurs études en différentes régions irriguées ont montré que l'eau salée de drainage peut être utilisée sans effet nuisible sur le rendement (AMER et ALNAGAR, 1989 ; HAMDY, 1989 ; CHAUDHRY et QURESHI, 1991 ; AYARS et al, 1993 ; SHARMA et al, 1994 ; SHENNAN et al, 1995 ; ROMAN et al, 1996 ; BAUDER et BROCK, 2001 ; MACE et AMRHEIN, 2001, OSTER et SHAINBERG, 2001) in (HASSAN, 2005). Enfin, l'eau salée est fréquemment la seule eau disponible dans certaines régions, il devient nécessaire d'accepter ses limitations et de l'utiliser sagement (ISRAELSEN, 1965) ce qui fait de la valorisation des eaux salées est l'une des préoccupations importantes dans le monde aujourd'hui.

Dans ce cadre s'inscrit notre travail qui vise à étudier l'influence de la salinité des eaux et la fréquence d'irrigation sur le sol et la croissance d'une culture de tomate en pots de végétation dont l'objectif est la valorisation de l'eau salée à travers le régime hydrique.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 Matériel d'étude

Le sol

Le sol utilisé est celui du terrain d'expérimentation du département d'agronomie (Biskra) il s'agit d'un sol de texture limono argileuse, calcaire et pauvre en matière organique. Les caractéristiques physico-chimiques sont portées sur le Tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques du sol.

Granulométrie (%)	
Argile :	26.02
Limon fin :	30.66
Limon grossier :	23.11
Sable fin :	20.06
Sable grossier :	0.15
Densité apparente	
	1,4
Capacité de rétention (%)	
	26,24
Conductivité électrique 1/5 à 25°C (ds/m)	
	1,50
pH eau	
	7,88
Calcaire total (%)	
	34,02
Gypse (%)	
	16,51
Matière organique (%)	
	0.67
Solution du sol: (meq/l)	
Potassium K ⁺	1.53
Calcium Ca ⁺⁺	4.0
Sodium Na ⁺	6.52
Sulfate SO ₄ ⁻	5.2
Chlore Cl ⁻	6.4
Bicarbonate HCO ₃ ⁻	1.5

Le prélèvement du sol a été effectué à une profondeur de 25cm environ. Il est séché à l'air libre et tamisé à 2mm. On a mis dans chaque pot 9,5Kg de sol bien mélangé avec la fumure organique (fumier ovin) et l'engrais minéral composé (NPK). Les pots sont en matière plastique perforée en bas, d'une hauteur de 24cm, la base supérieure est de 36,5cm, et la base inférieure est de 25,5cm de diamètre.

Concernant le végétal, on a utilisée une plante test qui est une variété de tomate qui s'appelle "MARMANDE". Elle est caractérisée par : une très bonne vigueur, très hâtive, productive et résiste bien à la chaleur.

2.2 Les eaux d'irrigation

Sont préparées à partir d'une eau d'irrigation d'un puits de CE=9ds/m par addition de l'eau distillé. Quatre (04) qualités d'eau d'irrigation sont utilisées dans cette expérimentation dont les CE sont : 3,5,7 et 9ds/m.

Les caractéristiques des eaux utilisées sont regroupées dans le Tableau 2

Tableau 2 : caractéristiques chimiques des eaux d'irrigation.

Qualité d'eau	CE ds/m	pH	Na ⁺ (meq/l)	Ca ⁺⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	CL ⁻ (meq/l)	SO ₄ ⁻ (meq/l)	CO ₃ ⁻ (meq/l)	HCO ₃ ⁻ (meq/l)
1	3	8,18	18.47	6.66	0.51	14,40	13.54	1,50	1,00
2	5	8,30	29.34	10	0.59	25,40	23.94	2,00	1,25
3	7	8,04	38.04	15	0.85	33,80	33.32	01,00	2,00
4	9	7,8	53.26	23.33	0.94	43,70	38.54	02,00	5,75

2.3 Méthodes d'étude

Protocole expérimental

L'essai comporte 12 traitements et 03 répétitions. Les traitements sont 03 fréquences d'irrigation F1, F2 et F3 combinées avec 04 niveaux de salinités d'eaux d'irrigation : S1, S2, S3 et S4. Les fréquences d'irrigation sont choisies sur la base de deux extrêmes et une moyenne, F1 : fréquence maximum, F2 : moyenne et F3 : minimum ; c'est-à-dire l'intervalle de jours entre les irrigations augmente de F1 à F3. Ces fréquences sont déterminées en rapport avec la consommation d'eau à partir de la capacité de rétention (CR) (voir Tableau 3). Cette consommation est calculée à travers la détermination de l'humidité du sol ainsi que le calcul de l'ETM. Les fréquences sont donc des intervalles de jours variables qui correspondent à des niveaux de perte d'humidité du sol (consommation) Les niveaux de salinité d'eau sont : S1=3 ds/m, S2=5 ds/m, S3=7 ds/m, et S4 =9 ds/m.

Tableau 3 : Fréquences d'irrigation en fonction de l'humidité du sol

Fréquences	Taux de perte d'humidité ou taux de consommation à partir de la CR	L'humidité du sol nécessaire pour l'irrigation	Correspondance en ml d'eau du taux d'humidité consommée/pot
F1	12 %	23.1 %	300 ml
F2	24 %	19.9 %	600 ml
F3	36 %	16.8 %	900 ml

Il est à noter qu'on a utilisé 04 pots en plus pour les prélèvements des échantillons pour la mesure de l'humidité. La détermination de l'humidité est effectuée chaque jour jusqu' à l'arrivé à 16.8 % d'humidité du sol, on détermine

ensuite l'intervalle de jours nécessaire pour chaque fréquence, cette opération est répétée chaque mois.

Une autre méthode a été aussi utilisée pour déterminer la consommation d'eau et par conséquent les différentes fréquences est celle du calcul de l'ETM et le bilan hydrique Le dispositif utilisé pour l'essai est de type split-plot comportant 12 traitements et 03 répétitions. Les fréquences F1, F2 et F3 constituent les parcelles principales,

tandis que les sous parcelles sont présentées par les niveaux de salinité d'eaux d'irrigation : S1, S2, S3 et S4. Donc l'essai comporte 36 sous parcelles au total.

2.4 Conduite de l'essai et prélèvements

Fertilisation

La fumure de fond a été apportée sous forme organique et minérale avec les doses de 50T/ha de fumier ovin et de 10qx/ha de l'engrais minéral composé NPK 15-15-15 Ensuite une dose de 300 unités d'N/ha a été apportée en couverture sous forme fractionnée en 4 fois en fertigation.

L'irrigation

L'irrigation avec les eaux salées a commencé après un mois de la reprise des plantes. Elle est effectuée selon les 03 fréquences indiquées et avec des doses correspondant à la quantité d'humidité perdue pour amener le sol à une humidité égale à la CR, en plus une quantité d'eau de lessivage évaluée à 15 %.

Les doses d'arrosages sont mentionnées dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Les doses d'arrosage

Parcelle principale	Besoin en eau pour amener le sol à la CR (ml)	Dose de lessivage 15 % en (ml)	La dose d'irrigation en ml/pot
F1	300	45	345
F2	600	90	690
F3	900	135	1035

Donc tous les traitements reçoivent les mêmes quantités d'eau au total. Les fréquences varient en jours avec les mois c'est-à-dire avec le besoin en eau.

Elles varient de 2 jours pour F1, 4 jours pour F2, 6 jours pour F3 jusqu'à 4 jours, 8 jours et 12 jours respectivement en fonction de l'ETM.

Prélèvements et mesures

La mesure de la croissance est effectuée à travers des mesures périodiques de la hauteur de tige de chaque plante. Cinq (05) mesures ont été réalisées durant l'expérimentation. Les prélèvements des échantillons du sol et de l'eau de drainage ont été effectués aussi périodiquement à raison de trois (03) prélèvements réparties sur le long du cycle de la culture.

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

Evolution de la croissance de la tomate sous l'effet de la fréquence et la salinité d'eau :

D'après les résultats obtenus illustrés dans les graphiques de croissance (fig. 1, 2), on remarque que la croissance a commencé assez lentement et elle est presque homogène dans la première période de mesure dans tous les traitements. La longueur de la tige varie de 7 à 9 cm, il n'y a pas des différences significatives. Cette homogénéité persiste généralement dans la deuxième période de mesure avec une rapidité relative enregistrée en F1 (6 cm environ) tandis que la moyenne de croissance la plus lente est en F3 (4 cm environ). La longueur des tiges entre 12 et 15 cm. Pour la troisième période de mesure, la croissance devient de plus en plus hétérogène, la longueur de la tige varie de 18 à 23 cm. La croissance est plus rapide qu'en 2^{ème} période (8 cm environ) mais elle reste faible pour S4 (5 cm environ). Il semble que la salinité a commencé à poser des problèmes pour la croissance. Après la troisième période, la croissance devient plus rapide suite vraisemblablement à une augmentation de la température ainsi que dans cette période la différence devient plus claire entre les traitements. La longueur des tiges les plus élevées est autour de 40 cm environ pour S1, S2 et S3, tandis que, la moins élevée est celle de S4 dans toutes les fréquences, mais on note que la plus mauvaise croissance est enregistrée en F3 (F3S4 : 25 cm). La croissance est plus rapide dans cette période en particulier pour S1 et S2 en F1 (16 à 18 cm), cependant, elle est de l'ordre de 10 à 12 cm pour les salinités élevées : S3 et S4 notamment en F3. Cette rapidité de croissance a diminué en cinquième période de mesure malgré l'accroissement des hauteurs des tiges jusqu'à plus de 50 cm en S1, S2 et S3 mais la hauteur la plus faible reste celle du S4 en F3 : 33 cm. Le ralentissement général de croissance observé est traduit par une croissance lente de l'ordre de 12 à 15 cm en S1 et S2 et de 7 à 8 cm en S3, S4, ce qui nous semble que ceci résulte d'une forte accumulation des sels en particulier pour les fortes salinités.

Donc la croissance la plus rapide et les hauteurs les plus élevées des tiges sont observées en F1 pour S1 et S2 par rapport à F2 et F3 (fig. 1, 2). F1 est plus favorable aussi pour S4 plus que F2 et F3 même si la hauteur des tiges reste relativement faible, mais la plus mauvaise croissance de S4 est observée en F3 qui présente la plus faible croissance de

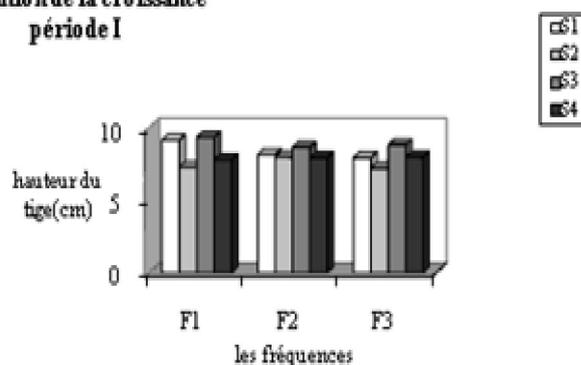
tous les traitements (fig. 1, 2). Pour S3 les résultats montrent un effet favorable de F2 puis F1 et enfin F3.

L'effet principal de la salinité est l'augmentation du potentiel osmotique suite à l'augmentation de la salure dans le milieu de culture ce qui résulte une réduction de la disponibilité en eau pour les cultures (SCHLEIFF, 1979) et en conséquence la croissance des plantes sera touchée (BERTRAND, 1981). En effet, le ralentissement de croissance enregistrée dans la dernière période de mesure surtout pour les fortes salinités est une conséquence de l'accumulation des sels dans le sol. Cette accumulation ralentit la croissance des végétaux (BOULAIN, 1974). Cet effet est indépendant de la nature des sels (BOUGENDRE, 1973). Selon RHOADES (1992), l'excès de salinité dans la rhizosphère a un effet nocif sur la croissance lié à la salinité globale. SNOUSSI et HALITIM (1998) ont trouvé que le ralentissement de croissance des plantes est dû à l'effet direct de la salinité des solutions. D'autre part, S4 présente certes une salinité élevée mais son effet est d'autant plus nocif que l'intervalle d'irrigation augmente (F3). La mauvaise croissance de S4 en F3 s'explique par le fait que

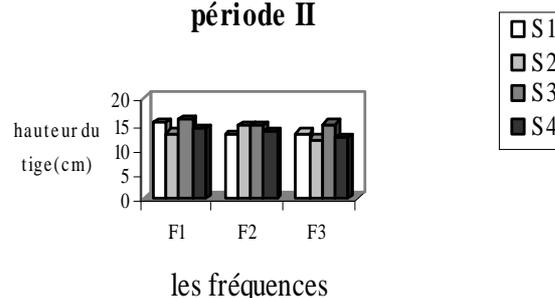
la diminution de croissance est une fonction linéaire de la pression osmotique croissante de l'eau du sol (BOULAIN, 1974). En effet, l'assèchement des sols augmente la concentration de sa solution et il peut y avoir des effets très marqués sur les cultures (BERTRAND, 1981).

Donc on peut dire que les grandes fréquences ont bien favorisé la croissance du végétal pour tous les niveaux de salinités en comparaison avec la faible fréquence. L'effet néfaste de l'eau salée peut être moins accentué si l'intervalle entre deux irrigations est réduit par

Evolution de la croissance
période I



Evolution de la croissance
période II



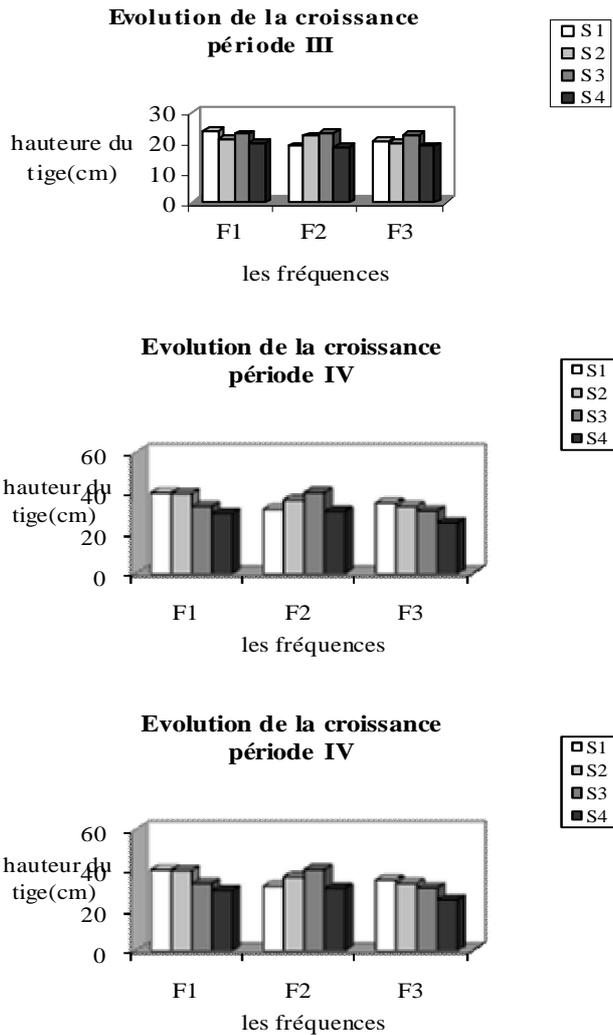
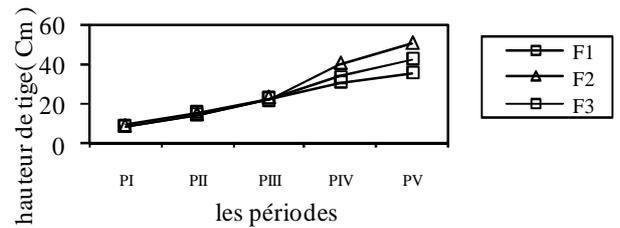


Figure 1 : Croissance de la tomate par période de mesure

Evolution de la croissance en S3



Evolution de la croissance en S4

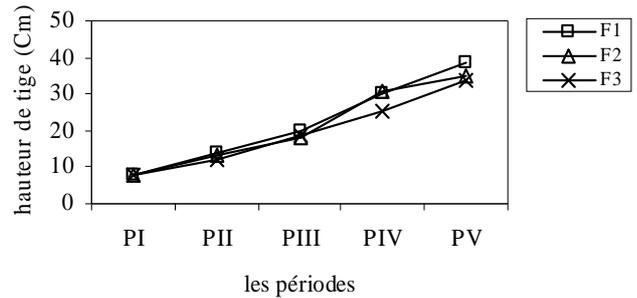


Figure 2: Croissance de la tomate par salinity d'eau.

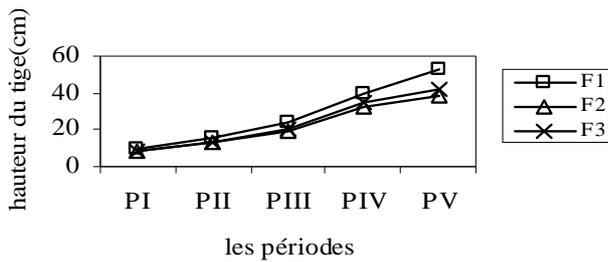
L'augmentation de la fréquence d'irrigation, car la pression osmotique sera réduite par l'apport de l'eau à travers l'irrigation (PALIWAL, 1972). En effet, les sels solubles réduisent la disponibilité en eau, cependant, le stress hydrique entre deux irrigations peut être souvent éliminé par augmentation de la fréquence d'irrigation (AYERS et WESTCOT 1985). Donc, l'irrigation fréquente avec de faibles quantités d'eau compense l'effet défavorable de l'irrigation avec l'eau salée (GTZ, 2003).

4 ÉVOLUTION DE LA CE DES SOLS

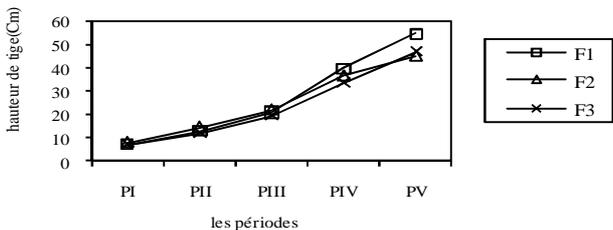
Les résultats d'évolution de la CE du sol montrent des variations plus ou moins importantes au niveau des traitements. Généralement la CE du sol la plus faible est enregistrée dans le traitement S1 dans chaque prélèvement et la CE la plus élevée et celle de la salinité d'eau la plus élevée S4 dans la fréquence F3 (F3 S4) (fig. 3).

La CE du sol varie avec la fréquence et la salinité des eaux d'irrigation. Généralement, on a remarqué que le traitement S1 présente la CE la moins élevée et son évolution a une tendance à diminuer relativement avec la moyenne et la faible fréquence F2 et F3 ce qui nous semble que la quantité élevée d'eau fournie en une fois qui a une grande influence sur la CE du traitement irriguée par l'eau relativement de faible salinité. Cependant, pour les salinités élevées à savoir les traitements S2, S3 et S4 la CE du sol est plus élevée notamment pour la faible fréquence F3 (fig.4). Pour la salinité d'eau relativement faible, il semble que malgré une CE du sol relativement élevée mais en présence d'une humidité adéquate dans le sol les plantes peuvent présenter un bon développement. Cependant, pour les salinités d'eau plus élevées, l'augmentation de l'intervalle

Evolution de la croissance en S1

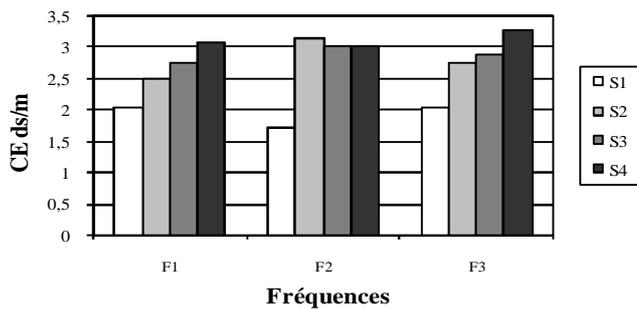


Evolution de la croissance en S2

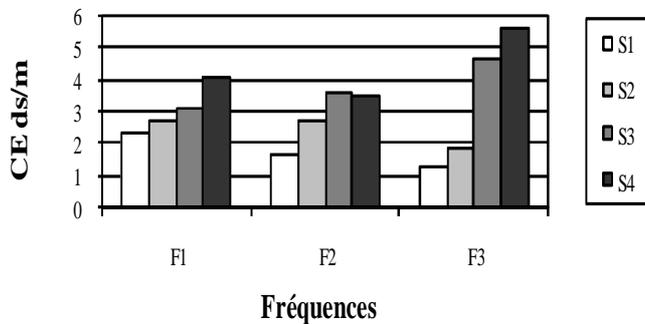


d'irrigation a un effet défavorable pour la plante et la CE du sol. La CE augmente en S3 et surtout en S4 jusqu'a 5,6 ds/m ce qui influe sur les plantes cultivées qui sont morts dans certain traitements, ceci est dû à l'accumulation progressive des sels dans les sols dépassant parfois la tolérance des plantes ce qui engendre une salinisation plus intense en texture fine (MOUHOUCHE, 1999) et plus rapide avec l'utilisation des eaux très salées (MASMOUDI, 2003). FERERS (1983) a montré que la salinisation est normalement un processus de long terme, néanmoins, peu d'irrigations avec eau chargée en sels peut saliniser le sol en une seule campagne.

Evolution de la CE du sol prélèvement I



Evolution de la CE du sol prélèvement II



Evolution de la CE du sol prélèvement III

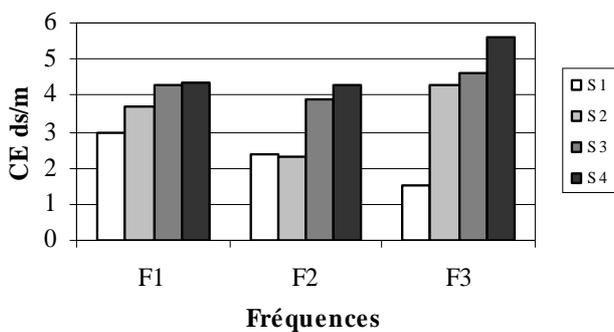
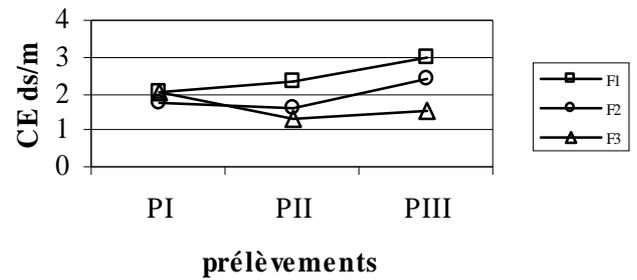
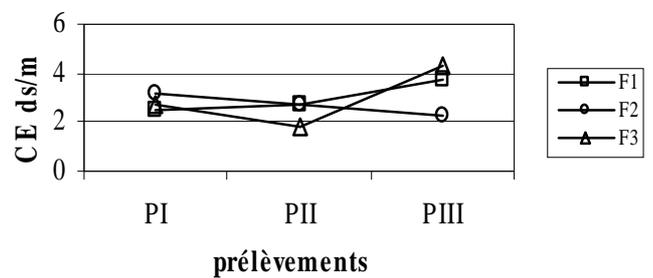


Figure 3 : Evolution de la CE du sol.

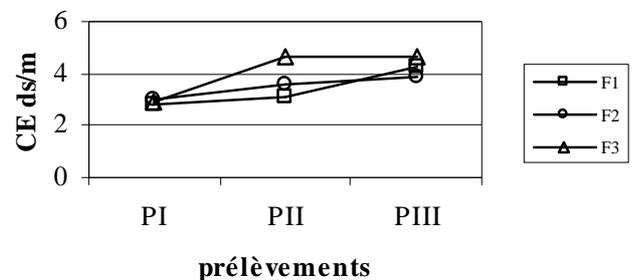
Evolution de la CE du sol en S1



Evolution de la CE du sol en S2



Evolution de la CE du sol en S3



Evolution de la CE du sol en S4

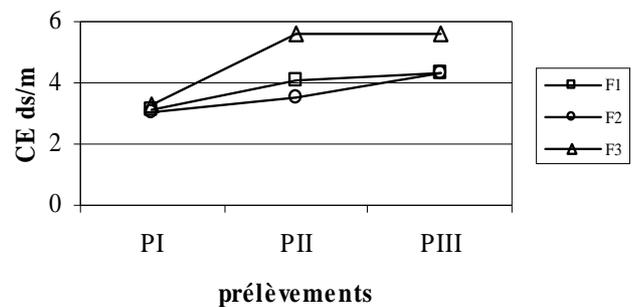


Figure 4 : Evolution de la CE du sol par salinité d'eau.

Donc on note que les CE du sol les plus élevées sont enregistrées au niveau des traitements S3 et S4 notamment avec la fréquence F3. Ceci, représente l'irrigation avec les eaux les plus salées et avec l'intervalle d'irrigation le plus long. Selon KIRDA et BAYTORU (2000), l'augmentation de la fréquence d'irrigation peut empêcher l'accumulation des sels dans la zone racinaire, cependant l'augmentation de l'intervalle d'irrigation même avec forte quantité d'eau provoque l'accumulation des sels. Ainsi, DURAND et RENTY (1983) ont montré que plus la fréquence d'irrigation est grande plus la solution du sol est diluée et plus l'enlèvement des sels solubles est facile.

5 EVOLUTION DES SELS SOLUBLES ET DU PH DU SOL.

5.1 Les sels solubles (fig. 5) :

1- **Cl⁻** : la concentration en Cl⁻ de la solution du sol augmente avec la salinité des eaux d'irrigation et avec le temps pour arriver au max en 3ème prélèvement (PIII). La variation de la teneur en Cl⁻ est généralement en concordance avec celle de la CE, les concentrations les plus élevées se trouvent en F3S4 et les concentrations les moins élevées se trouvent au niveau des traitements S1. Suite à leur solubilité la teneur en chlorure augmente avec la salinité (GHAIBEH, 1996).

2- **Na⁺⁺** : il présente des teneurs importantes au niveau des traitements. Comme le Cl⁻, on trouve généralement les concentrations les plus élevées en PIII, la variation de la teneur en Na⁺⁺ est en concordance avec la variation de la CE, la valeur la moins élevée est enregistrée en S1. Il est à noter que le Cl et le Na ont une très bonne corrélation avec la CE.

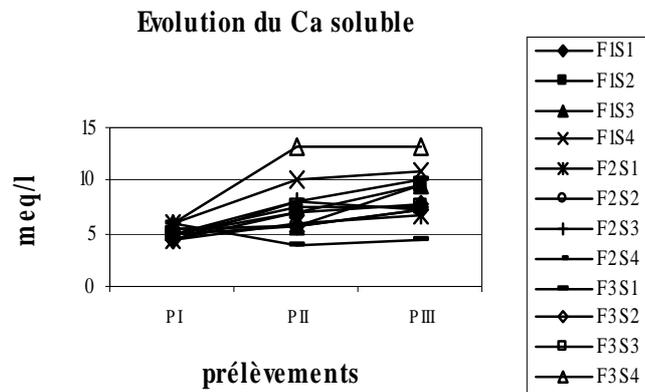
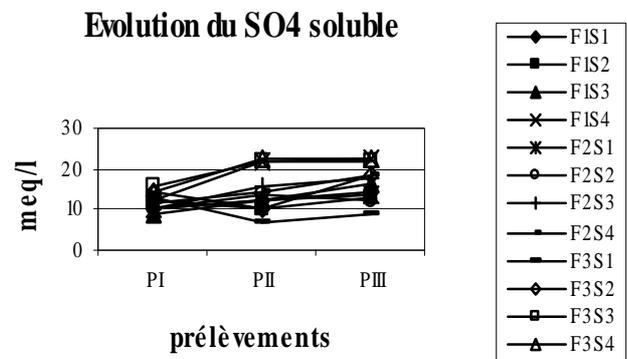
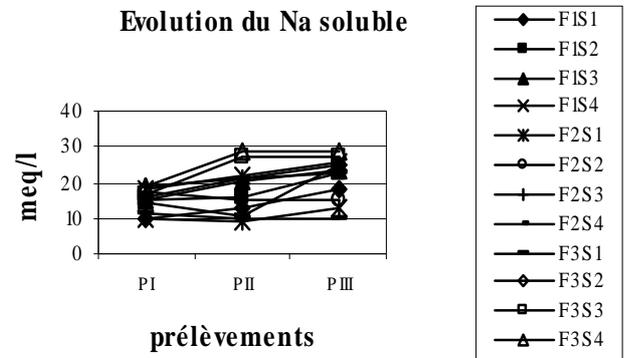
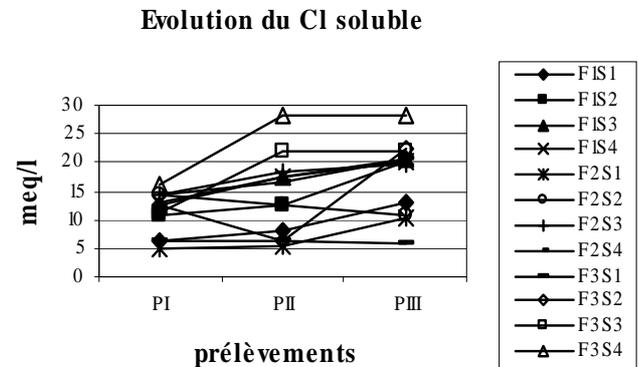
3- **Ca⁺⁺** : on remarque une augmentation progressive de la teneur de la solution du sol en Ca⁺⁺. En PI, les teneurs ont été plus ou moins basses puis elles augmentent avec le temps, les teneurs les plus élevées se trouvent au niveau du S4 et les plus basses au niveau du S1. On note ici que pour le Ca⁺⁺ il y a seulement des augmentations de la teneur, et ceci semble être expliqué par le lessivage plus difficile de cet élément par rapport au Na⁺ et Cl⁻.

4- **K⁺** : les teneurs en K⁺ de la solution du sol ont presque la même évolution que le Ca⁺⁺. Les teneurs ont été moins élevées en PI, puis augmentent progressivement pour arriver à leur maximum en PIII. Le K⁺ est aussi moins lessivable que le Na⁺ et le Cl⁻. Les teneurs en K⁺ sont généralement moins élevées que les autres cations.

5- **SO₄⁻** : les teneurs en SO₄⁻ ont connus une augmentation et une stabilisation dans certains traitements après PII. La teneur la plus élevée est enregistrée au niveau du traitement S4 et la moins élevée en S1.

Enfin, on peut dire que le Na et le Cl ont le même sens d'évolution, le coefficient de corrélation R = 0.9 pour Na – Cl. Ils varient aussi dans le même sens que la CE (CRUESI, 1970), et par conséquent leur teneurs sont parfaitement corrélés avec la CE (HALITIM, 1988), R = 0,97 et 0.87 pour Cl – CE et Na – CE respectivement. Le Ca varie très peu avec la CE, sa concentration et son lessivage est plus faible (GHAIBEH, 1996). Le K soluble

se trouve en faible quantité dans la solution du sol. Les bicarbonates se trouvent en très faible quantité dans les sols de la région aride d'Algérie et ne montrent pas des variations significatives (HALITIM, 1988)



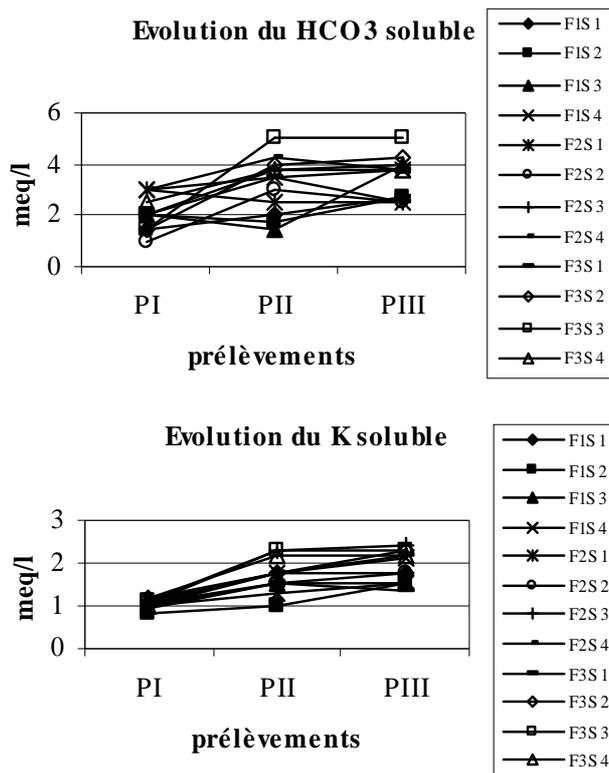


Figure 5 : Evolution des sels solubles dans le sol.

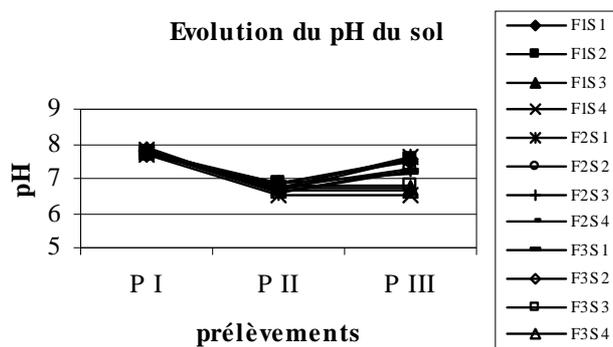


Figure 6 : Evolution du pH du sol.

4.1.2 Evolution du calcaire et du gypse dans le sol (fig. 7, 8)

Le dosage du calcaire et du gypse dans le sol est réalisé au début et en fin de l'essai.

Le taux initial du calcaire du sol a connu une variation minimale caractérisée généralement par une légère augmentation qui peut être expliquée par la précipitation du Ca et du bicarbonate. Cependant le taux initial du gypse a connu une variation très importante, il a diminué dans tous les traitements à des valeurs proches de zéros. Ceci est probablement dû à l'effet des sels sur la solubilisation du gypse en particulier les chlorures de Na (POUGET, 1968), (ABDELJAWAD, 1996), (SCHREIBER ET SCHREIBER, 1977 in HIOUANI, 2007)

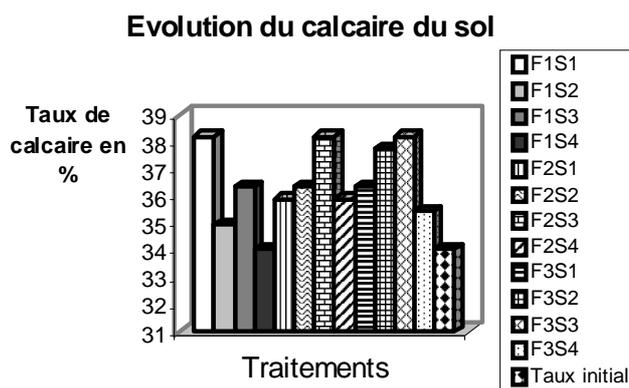


Figure 7 : Evolution du calcaire

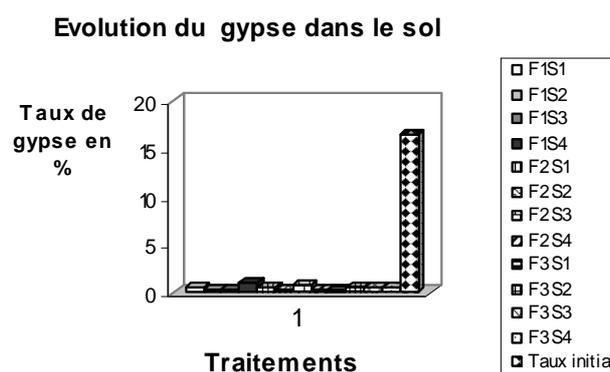


Figure 8 : Evolution du gypse

6 CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent que le bon développement du végétal est observé en F1 en particulier pour S1 et S2 et la plus faible croissance est enregistrée en S4 surtout en F3.

Nos résultats montrent un effet très important de la fréquence d'irrigation sur le comportement de la plante vis-à-vis la salinité. En effet, lorsque on augmente la fréquence on peut utiliser d'avantage des salinités relativement élevées des eaux d'irrigation. Néanmoins, les traitements relativement moins salés restent toujours les meilleurs.

Enfin, on peut dire que la bonne maîtrise de l'irrigation peut conduire à une production satisfaisante des cultures et une utilisation rationnelle des eaux de moindre qualité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] ABDELGAWAD G., 1996 Assessment of irrigation water for soil and irrigated crops. In. Use of saline water in agriculture. ACSAD Biskra 1 - 94.
- [2] AYERS R.S, WESTCOT D.W., 1985 Water quality for agriculture. FAO, Irrigation and drainage paper 29. 174P. Rome, Italy
- [3] BERTRAND R., 1981 Sols salsodiques et cultures irriguées avec des eaux salines. Ed. GERDAT - IRAT, 44P.
- [4] BOUGENDRE A., 1973 Utilisation des eaux salées pour l'irrigation. Mémoire ESAT.
- [5] BOULAIN J., 1974 Hydropédologie. ITA. 121P

- [6] CHEVERRY C., 1995 Extension et diversité des phénomènes mettant en jeu les sels solubles. Comptes rendus. Académie d'agriculture de France, 81, 2. 42 – 46.
- [7] CRUESI., 1970 Recherches et formation en matière d'irrigation avec des eaux salées UNESCO. 243P.
- [8] DAOUD Y, HALITIM A., 1994 Irrigation et salinisation au Sahara algérien. sécheresse 5, 3, 151 – 160.
- [9] DUBOST D., 1994 Pratique de l'irrigation au Sahara. CIHEAM / IAM.
- [10] DUBOST D, MOGUEDET G., 2002 La révolution hydraulique dans les oasis impose une nouvelle gestion de l'eau dans les zones urbaines. Méditerranée 3.4, 15 - 20.
- [11] DURAND J.H, RENTY Y., 1983 Les sols irrigables. Etude pédologique. 190P
- [12] FERERES E., 1983 Short and long term effects of irrigation on the fertility and productivity of soils. In. Nutrient Balances and the need for fertilizers in semi arid and arid regions. Proceedings IPI. Morocco, 283 – 304.
- [13] GHAIBEH A., 1996 Salt balance in the rhizosphere. In. Use of saline water in agriculture. ACSAD. Biskra. 1 – 60.
- [14] GTZ., 2003 Guidelines for brackish water irrigation in the Jordan valley. Brackish water project, 109P.
- [15] HAMDY A., 1991 Water soil and crop management relating to the use of saline water. European Mediterranean conference on the use of saline water in irrigation. MAI/ Bari.
- [16] HALITIM A., 1988 Sols des régions arides d'Algérie. OPU. Alger, 384P.
- [17] HASSAN G, PERSAUD N, RENEAU R.B., 2005 Utility of hydrus-2D in modeling profile soil moisture and salinity dynamics under saline water irrigation of soybean. Soil sciences, 170, 1, 28 – 37.
- [18] HIOUANI F., 2007 Influence de la teneur en gypse et de la taille de ses grains sur la capacité de rétention en eau. Mémoire magister, université Batna, 106P.
- [19] ISRAELSEN O.W, HANSEN V.E., 1965 Traité pratique de l'irrigation. Ed. Intercontinental. New york.
- [20] KATERJI N., 1995 Réponse des cultures à la contrainte hydrique d'origine saline, approches empiriques et mécanistes. Académie d'agriculture de France, 81, 2. 73 – 86.
- [21] KIRDA G, BAYTORUN N., 2000 Fertigation under saline conditions, irrigation management minimizing soil salinity risk. In. Plant nutrient management under pressurized irrigation systems in the Mediterranean region. Proceedings IMPHOS. AMMAN, 288 – 296.
- [22] MASMOUDI A., 2003 Irrigation et salinisation dans certains oasis de la wilaya de Biskra. Séminaire sur la préservation des oasis. Université de Ouargla.
- [23] MOUHOUCHE B, BOULASSEL M., 1999 Contribution à une meilleure maîtrise des pertes en eau d'irrigation et de la salinisation des sols en zones arides. Séminaire sur la salinisation des terres agricoles en Algérie. Chlef. 125 – 131.
- [24] PALIWAL K.V., 1972 Irrigation with saline water, Ed. Indian agricultural research institute, 198P.
- [25] POUGET M., 1968 Contribution à l'étude des croûtes et encroûtements gypseux de nappe dans le sud tunisien. Cah. ORSTOM. Ser. Pédologie, VI, 103, 4, 309 – 336.
- [26] RHOADES J.D, KANDIAH A, MASHALI A.M., 1992 The use of saline waters for crop production. FAO. Irrigation and drainage paper 48. Rome. Italy.
- [27] SCHLEIFF U., 1979 Salt contents in the Rhizosphere and in soil solution outside the Rhizosphere under controlled irrigation. In. soils in Mediterranean type climates and their yield potential. Proceedings IPI. Spain, 93 - 98.
- [28] SNOUSSI S.A, HALITIM A., 1998 Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées : cas de la tomate et du haricot. EGS. 5, 4, 289 – 298.
- [29] SZABOLCS I, 1979 The limitation of potential yield by salinity and alkalinity of soils with particular reference to the mediterranean regions. In. soils in Mediterranean type climates and their yield potential. Proceedings IPI. Spain. 121 - 123.
- [30] VAN HOORN J.W., 1991 Saline irrigation problems and perspectives. European Mediterranean conference on the use of saline water in irrigation. MAI/ Bari.