

EVOLUTION DE LA SALINITÉ DANS LES PÉRIMÈTRES DE MISE EN VALEUR ET CONSÉQUENCES SUR LA DIMINUTION DES RENDEMENTS DU BLÉ DANS UNE RÉGION SAHARIENNE: CAS DE LA RÉGION D'ADRAR

ZIZA Fatima-Zohra¹, DAOUD Youcef², LABOUDI Abdelkader³, BRADAI Rachid¹
ZOUAHRA Ali¹

⁽¹⁾Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA)
Station Mehdi-Boualem Baraki, Alger, Algérie

⁽²⁾Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA) El Harrach, Alger, Algérie

⁽³⁾Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA)
Station expérimentale d'Adrar, Algérie

Résumé- Le développement de l'agriculture saharienne en Algérie par la création des périmètres irrigués s'est confronté à d'énormes problèmes qui affectent la production agricole. Ces derniers sont directement liés à l'itinéraire technique qui n'est pas maîtrisé et parfois non approprié au contexte pédoclimatique saharien. En effet, l'agriculture moderne est introduite selon un modèle emprunté sans faculté d'adaptation. Il en résulte après quelques campagnes d'irrigation, une salinisation des terres très significative dont le niveau atteint, dépasse largement le seuil de tolérance de la culture. L'objectif principal de ce travail est de faire une analyse quantitative de l'évolution de la salinité des sols irrigués par pivot depuis quelques années, et d'évaluer son intensité sur la diminution des rendements du blé. Pour cela, trois périmètres irrigués respectivement depuis 2, 3 et 4 années sont étudiés et comparés au sol témoin non irrigué. Pour chaque parcelle, l'évolution de la salinité est étudiée entre deux périodes du cycle végétatif du blé, l'état initial correspond au stade tallage et l'état final correspond au stade maturation. L'irrigation se fait par aspersion avec une eau minéralisée de la nappe albiennne. Les résultats obtenus montrent que les eaux d'irrigation se caractérisent par une forte salinité et un faible danger de sodicité. Les teneurs en sodium et en chlorures sont excessives en mode d'irrigation par aspersion. L'évolution de la salinité des sols irrigués depuis 2, 3 et 4 ans à l'échelle d'une campagne agricole, est hautement significative à partir de la quatrième année et dépasse le seuil de tolérance à la salinité du blé dur. La salinisation constitue donc l'un des principaux facteurs responsables de la diminution des rendements en blé. En effet, une augmentation de 1 dS/m provoque une chute du rendement en grains de 4 q/ha.

Mots clés: Salinité, blé, périmètres, Sahara, eau.

EVOLUTION OF SALINITY IN THE PERIMETERS OF DEVELOPMENT AND EFFECTS ON THE REDUCTION IN THE CORN YIELDS IN A SAHARAN AREA: CASE OF THE AREA OF ADRAR

Abstract- The development of Saharan agriculture in Algeria by the creation of the irrigated perimeters was confronted with enormous problems which affect the agricultural production. The latter are directly related to the technical route which is not controlled and sometimes nonappropriate to the Saharan context pedoclimatic. Indeed, modern agriculture is introduced according to a model borrowed without adaptability. It results from it after some campaigns from irrigation, a very significant salinisation of the grounds whose level reached, largely exceeds the tolerance level of the culture. The main aim of this work has been to make a quantitative analysis of the evolution of the salinity of the grounds irrigated by pivot for a few years, and to evaluate its intensity on the reduction in the corn yields. For that, three perimeters irrigated respectively since 2,3 and 4 years are studied and compared on the pilot ground not irrigated. For each piece, the evolution of salinity is studied between two periods of the vegetative cycle of corn, the initial state corresponds at the stage tillering and the final state corresponds at the stage maturation. The irrigation is done by sprinkling with a mineral-bearing water of the tablecloth albiennne. The results obtained show that water of irrigation is characterized by a strong salinity and a weak danger of sodicity. The sodium contents and chloride are excessive in mode of irrigation by sprinkling. The evolution of the salinity of the grounds irrigated since 2,3 and 4 years on a crop year scale, is highly significant as from the fourth year and exceeds the tolerance level to the salinity of durum wheat. The salinisation thus constitutes one of the independent factors responsible for the reduction in the corn yields. Indeed, an increase of 1 dS/m causes a fall of the output in grains of 4 q/ha.

Key words: Salinity, corn, perimeters, Sahara, water.

Introduction

En Algérie, les facteurs qui contribuent à l'extension du phénomène de salinisation des terres sont liés à l'aridité du climat qui porte sur plus de 95% du territoire, la qualité médiocre des eaux d'irrigation, le système de drainage souvent inexistant ou non fonctionnel, et la conduite empirique des irrigations [1,2].

Le développement de la céréaliculture dans les zones sahariennes a été lancé au début des années quatre vingt. Son objectif est d'augmenter la production céréalière dont les niveaux de rendement en agriculture pluviale sont faibles dans le Nord du pays. Dans ces zones sahariennes, le sol présente un faible niveau de fertilité, les réserves hydriques sont importantes, non renouvelables et diversement minéralisées, et les besoins en eau des cultures sont élevés à cause d'une forte demande climatique [1]. Les céréales, qui constituent la culture principale dans les nouveaux périmètres, sont considérées comme modérément tolérantes à la salinité [3], se développent bien dans les sols à texture sableuse [4]. Cependant, l'effet cumulé des irrigations avec une eau d'irrigation présentant un fort danger de salinité et sous un climat très évaporant, conduit à une accumulation de sels solubles en surface qui affectent les rendements des cultures. Dans ce travail, il s'agit:

- d'analyser l'évolution de la salinité au début du cycle végétatif du blé variété waha qui correspond au stade de tallage et à la fin du cycle végétatif correspondant au stade maturation. Les sols présentent différents âges: 2,3 et 4 campagnes agricoles.
- d'évaluer l'intensité de la salinité sur la diminution des rendements de la culture.

1.- Matériels et Méthodes d'étude

1.1.- Matériels d'étude

1.1.1.- Sol

Les 3 parcelles étudiées se trouvent à proximité les unes des autres sur le plateau de Ba-amar. Ce dernier se localise à 60 km au sud d'Adrar. Elles présentent chacune une superficie de 35 ha cultivée en blé dur (variété Waha), et elles sont irriguées avec l'eau de la nappe albienne. Le choix des 3 parcelles est justifié par le nombre d'années de leur mise en culture, la parcelle 1 est cultivée et irriguée depuis 2 ans, la parcelle 2 est cultivée et irriguée depuis 3 ans, et la parcelle 3 est cultivée et irriguée depuis 4 ans. Le climat est homogène dans la zone d'étude. Les sols sont comparables, le facteur de variation est donc le nombre d'années de mise en irrigation par pivot. Le témoin correspond au sol non cultivé adjacent aux 3 sites étudiés, il a fait l'objet d'une étude de caractérisation et constituera l'état de référence ou l'état initial du sol pour les 3 sites étudiés.

1.1.2.- Eaux d'irrigation

Les eaux d'irrigation proviennent de trois forages de la nappe albienne du continental intercalaire, chaque forage alimente un site, la profondeur de la nappe au niveau du plateau de Ba- Amar varie entre 8 et 13 mètres.

1.1.3.- Culture

Le blé dur et dans une moindre mesure l'orge constitue l'essentiel de la production végétale réalisée sous pivot dans la région d'Adrar. La plante cultivée est une céréale. Il

s'agit du blé dur, de la variété waha qui est moyennement tolérante à salinité. Le semis a été réalisé début décembre et la profondeur de semis réalisée est de 3 à 4 centimètres.

1.2.- Méthodes d'étude

Pour cerner l'évolution de la salinité à l'échelle d'une campagne agricole, l'échantillonnage du sol a été réalisé au début et à la fin du cycle végétatif du blé. Tous les sites d'études ont été échantillonnés de la même manière. Chaque site d'une surface de 35 ha est subdivisé en 4 quarts d'égale superficie, 24 prélèvements sur 2 profondeurs ont été réalisés à la tarière dans chaque quart, leur mélange permet de constituer un échantillon moyen. Ainsi, nous obtenons quatre échantillons moyens par horizon et par site. Trois répétitions ont été réalisées pour les différentes analyses chimiques. Deux périodes d'échantillonnage sont retenues, la première date de l'échantillonnage est le 15 Janvier 2002, elle correspond au stade tallage de la culture du blé (cet échantillonnage correspond à une période appelée état initial), la deuxième date est le 1 mai 2002, elle correspond au stade maturation (appelé état final).

Les analyses chimiques ont été réalisées sur des échantillons de sol tamisés à 2 mm. Le pH est mesuré par la méthode électrométrique sur une suspension terre/eau de 1/2.5. La conductivité électrique et le bilan ionique ont été réalisés avec un rapport terre/eau = 1/2. Quelques gouttes de toluol ont été rajoutées dans les extraits pour assurer leur conservation et faire les analyses du bilan ionique dans de bonnes conditions. Le dosage des cations solubles monovalents (potassium et sodium) a été réalisé par spectrophotométrie d'émission atomique à flamme en présence du césium/aluminium pour réduire des interférences entre le potassium et le sodium. Le dosage des cations bivalents (calcium et magnésium) a été réalisé par spectrophotométrie d'absorption atomique en présence du lanthane pour réduire les interférences entre le calcium et le magnésium. Les chlorures sont dosés par la méthode Argentométrique de Mohr. Les sulfates ont été dosés par colorimétrie. Les carbonates et les bicarbonates sont dosés par titrimétrie. Le calcaire total est dosé par la méthode volumétrique à l'aide du Calcimètre de Bernard.

2.- Résultats et discussion

L'évaluation de la qualité chimique de l'eau d'irrigation se base sur la classification de l'USSL (1954) modifiée par Durand (1958) [5], qui serait plus adaptée pour l'Algérie en raison de la disponibilité et de la qualité des eaux d'irrigation.

Tableau I.- Analyse des eaux d'irrigation de la nappe albienne

Forages	pH	CE dS/m	SAR	HCO ₃ ⁻ meq/l	SO ₄ ²⁻ meq/l	Cl ⁻ meq/l	Ca ²⁺ meq/l	Mg ²⁺ meq/l	Na ⁺ meq/l	K ⁺ meq/l
1	7.98	1.50	4.35	3.20	6.07	7.50	4.88	1.85	7.97	0.60
2	8.15	1.60	4.16	3.04	6.32	8.50	4.88	1.95	7.66	0.57
3	7.75	1.66	4.23	2.92	6.70	7.50	4.97	2.16	7.97	0.87

Les résultats du tableau I laissent apparaître que les trois échantillons d'eaux de la nappe albienne ont une composition chimique relativement constante. Les données analytiques portées sur le diagramme montrent que les eaux d'irrigation appartiennent à la classe C3 S1. Celle-ci traduit une forte salinité et un faible danger de sodicité. Compte tenu de la nature des sols de la région d'Adrar, à dominance sablo-limoneuse, la sodicité à peu

d'importance sur l'évolution des propriétés physiques de ces sols [6].

Par ailleurs, des problèmes de toxicité par le sodium et des chlorures sont possibles, car les concentrations obtenues sont excessives et dépassent largement la limite tolérée qui est de 3 meq/l, en mode d'irrigation par aspersion [7]. Le faciès géochimique selon le diagramme de Piper est de type chloruré-sodique

Le pH est légèrement alcalin ce qui limite considérablement la solubilité de certains éléments, tels que le phosphore et certains oligo-éléments.

2.1.- Caractéristiques des sols d'Adrar

Tableau II.- Caractéristiques de quelques paramètres chimiques et physiques du sol témoin de l'horizon supérieur (0 – 30 cm)

Paramètres chimiques	Résultats
PH	7.70
CE (dS/m) :	
- de l'extrait dilué	0.51
- de l'extrait de pâte saturée	2.55
Calcaire total (%)	12
Gypse (%)	0.26
CEC meq/100g de terre	6.4
Paramètres physiques	Résultats
Densité apparente	1.3
Teneur en eau au pF= 2.2	22%
Teneur en eau au pF= 4.2	10%
Texture	Sablo-limoneuse
Argiles (%)	8.00
Limon fin (%)	3.75
Limon grossier (%)	3.45
Sable fin (%)	71.25
Sable grossier (%)	13.48

Les résultats du tableau II montrent que l'horizon 0-30 cm se caractérise par une texture sablo-limoneuse, la faible teneur en argile lui confère une faible capacité de rétention en eau et une capacité d'échange cationique limitée. Elle est en moyenne de 6.5 meq/100g de terre. C'est un sol dépourvu de toute végétation, très exposé à l'érosion éolienne.

La salinité moyenne de l'extrait aqueux (1/2) est de 0.51 dS/m. La valeur correspondant à l'extrait de la pâte saturée est de 2.55 dS/m. Selon la classification de USSL (1954) [5], il s'agit d'un sol peu salé.

Les teneurs en calcaire total sont relativement élevées, elles sont en moyenne de 12%, ce qui favoriserait l'insolubilisation du phosphore et diminuerait sa disponibilité pour la plante. La réaction du sol est légèrement alcaline, ce qui influence directement la nutrition minérale en limitant considérablement la mise en solution des éléments nutritifs, tels que le phosphore et certains oligo-éléments: le cuivre, le zinc et le molybdène.

2.3.- Effet des irrigations sur l'évolution de la salinité des sols

L'évolution de la salinité des sols irrigués se détermine entre l'état initial qui correspond au stade tallage et l'état final qui correspond au stade maturation.

L'analyse de la salinité des sols étudiés a été réalisée selon l'approche chimique des extraits aqueux (1/2), car la texture sableuse ne s'y prête pas à la préparation de la pâte saturée. Néanmoins, une conversion des valeurs de la CE des extraits aqueux (1/2) aux valeurs correspondantes à la CE des extraits de pâtes saturées est nécessaire. Car cette dernière constitue l'approche agronomique de référence. Elle permet de mieux mettre en évidence l'état de salinité du sol d'une façon plus réaliste des conditions de croissance des plantes [5,8,9,10].

A l'état initial, soit au stade tallage (fig. 1), la salinité du site 1 irrigué pour la deuxième année varie entre 2.5 et 4.5 dS/m. Elle correspond aux classes peu salée et salée. Lors de la troisième année (site 2), la CE diminue par rapport au site 1 et varie de 1.77 à 2.67 dS/m, ce qui correspond aux classes non salées et peu salées, mais la comparaison des moyennes donne une différence non significative (probabilité), et par conséquent l'irrigation des sols cultivés pour les 2^{ème} et 3^{ème} années ne provoque pas une salinité importante, les valeurs de la CE obtenues sont comparables à celles du témoin.

Tableau III.- Etats de salinité des horizons selon leur CE de la pâte saturée (dS/m à 25°C) et selon les normes de l'USSS (1954) [5]

CE (dS/m) de l'extrait de pâte saturée au stade tallage						
Sites	Horizons	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecartype	Coefficient Variation (%)
1 (2ans)	0-20 cm	1.65	3.5	2.50	0.96	39.05
	20-40 cm	3.2	6	4.50	1.39	31.55
<i>Classe de salure</i>	Sol 1 (2 ans) peu salé et salé CE de 2 à 4 dS/m					
2 (3ans)	0-20 cm	1.2	2.2	1.77	0.44	25.24
	20-40 cm	2	3.35	2.68	0.57	21.4
<i>Classe de salure</i>	Sol 2 (3 ans) non salé à peu salé et salé CE de 2 à 4 dS/m					
3 (4ans)	0-20 cm	2.3	13.05	7.45	4.78	64.27
	20-40 cm	8.1	15.5	10.53	3.46	32.90
<i>Classe de salure</i>	Sol 3 (4 ans) salé à très salé					

C'est à partir de la quatrième année de mise en culture que les irrigations conduisent à une accumulation en sels solubles, dépassant largement le seuil de tolérance du blé. En effet, le site 3 se différencie nettement du témoin et des deux autres sites (1 et 2) par une forte concentration saline au niveau du profil. Celle-ci a été multipliée par 3 dans l'horizon de surface, soit 7.45 dS/m et par 4.25 dans l'horizon sous jacent, soit 10.6 dS/m, le profil salin appartient à la classe très salée.

A la fin du cycle végétatif du blé (tab. IV), le premier effet enregistré au niveau des trois parcelles étudiées est une salinisation secondaire des sols suite à l'effet cumulé des irrigations sous pivot. En effet, Le sol témoin est classé peu salé, la salinité moyenne de l'horizon supérieur est de 2.55 dS /m, la comparaison avec les sols cultivés montre que les 3 premières années de mise en irrigation affectent faiblement la salinité des sols. Les valeurs de la CE enregistrées sont comprises entre 4.67 dS/m et 7.87 dS/m pour les deux

horizons, ces valeurs appartiennent à la classe salée. En revanche, c'est lors de la quatrième année que l'augmentation de la salinité par rapport au témoin est très significative. Celle-ci est en fonction aussi du nombre d'années de mise en culture. Les valeurs de la CE sont comprises entre 12.5 dS/m et 10.1 dS/m dans les l'horizon de surface et sous jacent, ils appartiennent à la classe très salée. Cette salinisation trouve son origine dans l'eau d'irrigation, la nappe albienne et dans la non maîtrise des irrigations (doses et fréquences). En effet, la solution du sol des deux profondeurs correspondrait à une eau d'irrigation concentrée, respectivement, 7.53 fois pour l'horizon de surface et 6.1 fois pour l'horizon de subsurface.

Tableau IV.- Etats de salinité des horizons selon leur CE de la pâte Saturée (dS/m à 25°C) et selon les normes de l'USSS (1954) [5]

CE (dS/m) de l'extrait de pâte saturée au stade maturation						
Sites	Horizons	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecartype	Coefficient Variation (%)
1 (2ans)	0-20 cm	2.3	7.35	4.65	2.65	56.99
	20-40 cm	2.3	13.7	6.7	5.15	76.94
<i>Classe de salure</i> Site 1 (2 ans) Salé, CE de 4 à 8 dS/m						
2 (3ans)	0-20 cm	3	7.75	4.67	2.18	46.68
	20-40 cm	2.5	17.85	7.87	6.84	86.95
<i>Classe de salure</i> Site 2 (3 ans) Salé, CE de 4 à 8 dS/m						
3 (4ans)	0-20 cm	7.2	18.15	12.47	4.48	35.91
	20-40 cm	7.8	12.1	10.1	1.86	18.48
<i>Classe de salure</i> Site 3 (4 ans) Salé à très salé, CE > 8 dS/m						

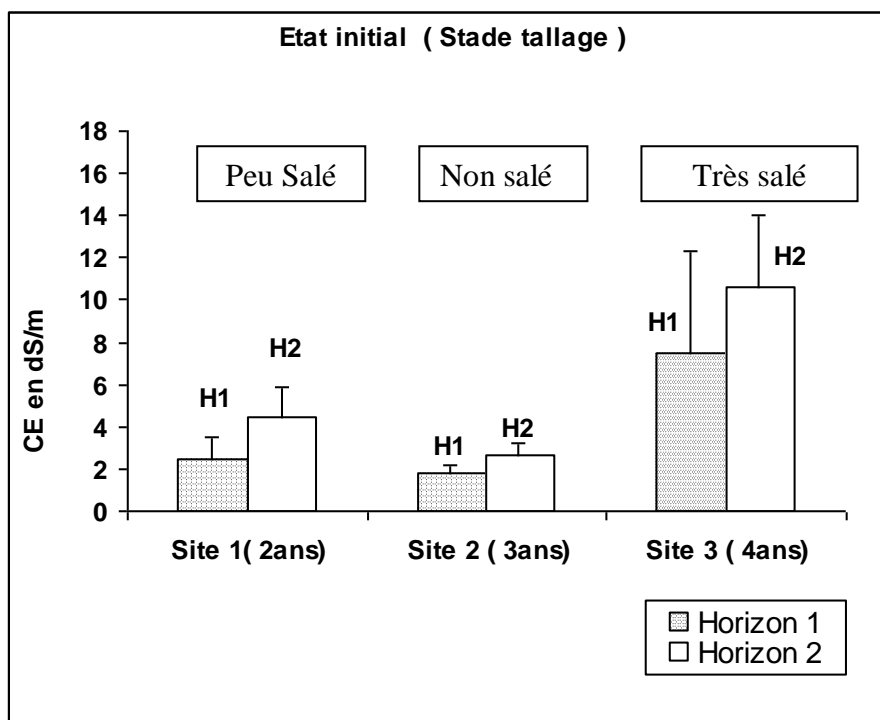


Figure 1.- Evolution de la salinité (extrait de la pâte saturée) dans les sites irrigués depuis 2, 3 et 4 années à l'état initial

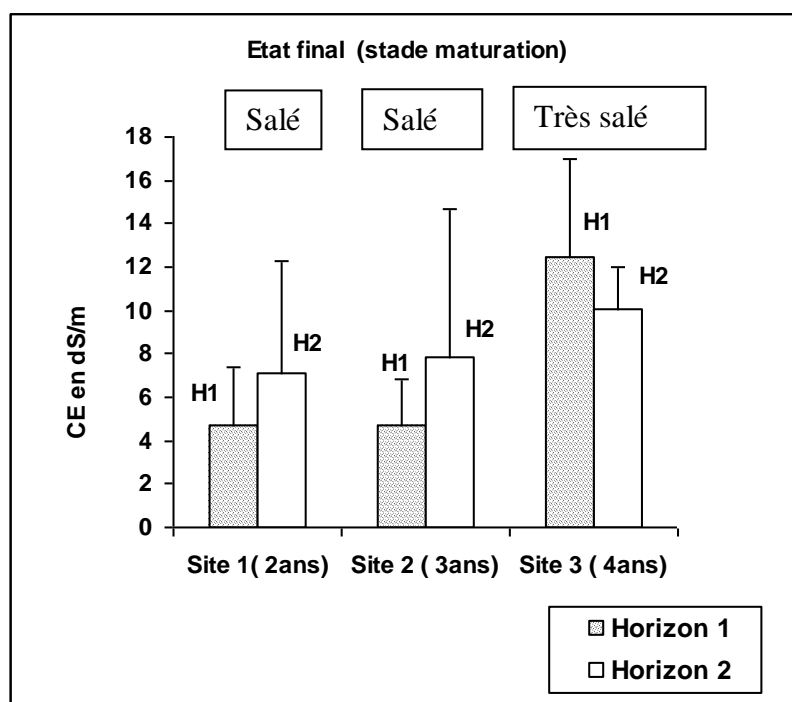


Figure 2.- Evolution de la salinité (extrait de la pâte saturée) dans les sites irrigués depuis 2, 3 et 4 années à l'état final

2.- Effet de la salinité sur la diminution des rendements du blé

Chez les céréales, l'effet dépressif du sel se manifeste à partir d'un seuil critique de concentration caractéristique de l'espèce et de la variété. D'une manière générale, les céréales sont modérément tolérantes à la salinité [7]. Cette tolérance aux sels varie en fonction des stades de développement végétatif. Cependant, le stade le plus sensible est le stade germination où la conductivité électrique ne doit pas dépasser 4 dS/m [5]. Le tableau V montre la diminution du rendement en fonction de la croissance de la salinité. Le seuil de tolérance pour la culture du blé est de 6 dS/m.

Tableau V.- Diminution des rendements en blé sous l'effet de l'augmentation de la salinité selon (FAO, 1986) [3]

CE de la solution du sol extrait de pâte saturée (dS/m)	6	7.4	9.5	13	20
Chute du rendement (%)	0	10	25	50	100

La céréale cultivée au niveau des parcelles étudiées, est la variété Waha, du blé dur, plus exigeant que le blé tendre, et donc relativement plus sensible à l'effet de la salinité [11,12].

Des études de Daoud et Halitim (1994) [1] ont montré que pour cette céréale, le seuil critique est évalué à une concentration entre 1.3 et 1.4 g/l, donc très sensible. Pour une concentration de 2 g/l, il y a une diminution de 50% de matière sèche; alors que Mass (1986) [11] montre que le seuil de sensibilité pour cette céréale est plus élevé, et il est de 4 g/l pour une diminution du rendement de l'ordre de 10%.

Cependant, et afin de déterminer l'intensité de la salinité, qui affecte une diminution des rendements au niveau des parcelles étudiées, nous considérons la moyenne de la conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée à 25°C obtenue aux stades tallage et maturation. Cette valeur est calculée sur une profondeur de 0-30 cm, car celle-ci correspond, d'une part, à la profondeur utile d'enracinement maximum et où l'alimentation hydrique est la plus favorable en irrigué [4,13], et d'autre part, à l'accumulation des sels solubles [14].

Le calcul de la CE sur une profondeur utile de 0-30 cm

$$[CE_{(H1)} \times 20 + CE_{(H2)} \times 10] / 30$$

CE (H1) : CE de l'horizon 1 sur une profondeur de 0-20 cm

CE (H2) : CE de l'horizon 2 sur une profondeur de 0-20 cm

30 : Profondeur utile d'enracinement en cm

Les résultats montrent que l'état de salinité est comparable à celui du témoin pour les sites 1 et 2. A ce stade, la salinité ne peut constituer une contrainte à l'élaboration des composantes du rendement, car elle est inférieure à 4 dS/m au niveau de l'horizon de surface (0-30 cm). Par contre, pour le site 3, la valeur moyenne est égale à 8.53 dS/m, est suffisamment élevée pour affecter le rendement.

En revanche, au stade maturation, les irrigations ont favorisé une faible augmentation de la salinité dans les sites 1 et 2, et une augmentation significative dans le site 3 où la valeur de la CE est égale à 10.11 dS /m.

D'autre part, les composantes du rendement se forment pendant des phases du cycle bien délimitées. Chaque composante est influencée par les facteurs du milieu [15]. Dans le cas étudié, la salinité est le principal facteur limitant la phase de formation des composantes du rendement. En effet, pour le blé, le nombre de grains /m² est déterminé à quelques jours près de l'anthèse. Le poids moyen du grain se détermine entre l'anthèse et la maturité (fig. 3)

Rendement = Nombre de grain /m² * Poids moyen d'un grain

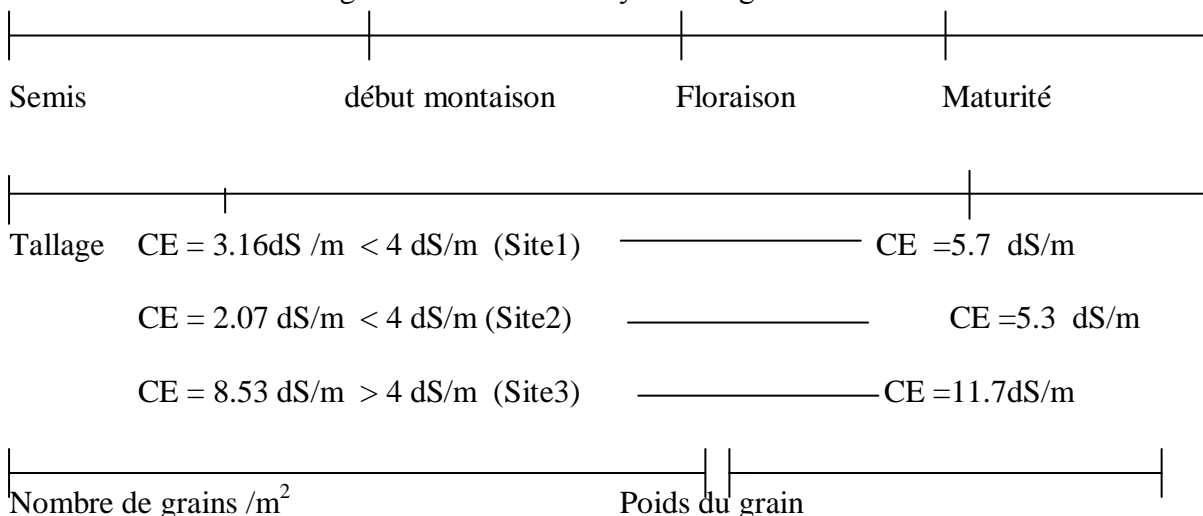


Figure 3.- Période de formation des composantes du rendement du blé

D'autre part, les résultats présentés relatifs à l'état de salinité moyenne des trois parcelles (moyenne de la CE correspondant à l'extrait de pâte saturée entre les 2 horizons et entre le stade tallage et le stade maturation), et aux rendements obtenus en grains de blé (l'information est collectée auprès du producteur) sont présentés dans le tableau VI.

Tableau VI.- Variations du rendement (q/ha) en fonction de la salinité de l'horizon 0-30 cm

Sites	CE moyenne (dS/m)	CE dS/m Témoin	Rendement q/ha	Seuil de tolérance
1 (2ans)	4.33	2.55	26.00	6.00
2 (3ans)	3.87	2.55	22.00	6.00
3 (4ans)	10.11	2.55	8.00	6.00

Pour les deux sites cultivés pendant 2 et 3 années, ils présentent une salinité qui est en moyenne respectivement, de 4.33 et 3.87 dS/m au niveau de l'horizon 0-30 cm. Les rendements obtenus sont de l'ordre de 26 et 22 q/ha. Bien que les deux sites présentent un même niveau de salinité, les rendements obtenus diffèrent d'une parcelle à une autre. Cette différence est attribuée en partie, à l'hétérogénéité au niveau de la parcelle et entre les parcelles [16]. En effet, des études ont montré que quelque soit la culture, la quantité du produit récolté est extrêmement variable d'une parcelle à l'autre, d'une année à l'autre et d'un agriculteur à l'autre [17].

Pour le site cultivé pendant 4 années, la salinité est en moyenne de 10.11dS/m (extrait de la pâte saturée), affecte fortement le rendement du site 3 qui est évalué à 8 q/ha.

Pour les sites 1 et 2, la $CE < 6$ dS/m ne provoque pas de chute de rendements. Le rendement moyen des sites 1 et 2 = $(26 + 22) / 2 = 24$ q / h
Le rendement du site 3 = 8 q/ha.

Le niveau de rendement entre les sites 1 et 2 non salés et le site 3 salé a diminué de $24 - 8 = 16$ q/ha

Cette diminution du rendement est provoquée par une augmentation de la salinité de $10.11 - 6 = 4.11$ dS/m.

Ce résultat signifie qu'une augmentation de la salinité de 4.11dS /m provoque une chute de rendement de 16 q/ha, soit une chute de rendement de 3.89 q/ha pour une augmentation de la salinité de 1 dS/m.

Chaque 1 dS/m provoque une chute de rendement de 3.89 q/ha.

- $CE < 6$ dS/m → Rendement = 24 q/ha
- $CE = 7$. dS/m → Rendement = $24 - 3.89 = 21.2$ q / ha
- $CE = 8$. dS/m → Rendement = $21.20 - 3.89 = 18.4$ q / ha
- $CE = 9$. dS/m → Rendement = $18.40 - 3.89 = 15.6$ q / ha
- $CE = 10$. dS/m → Rendement = $15.60 - 3.89 = 12.8$ q / ha
- $CE = 10.11$ dS/m→ Rendement = $12.80 - 3.89 (2.8 \times 0.11) = 11.61$

Pour une CE = 10.11 dS/m à 25°C, il y a une diminution de rendement = 11.61 q/ha.

Par ailleurs, la tolérance au sel s'exprime en termes de croissance, de développement et de survie (USSSL, 1954; Mass, 1990; Zid et Grignon, 1991) [6,15,21].

Pour la plupart des plantes étudiées, elle peut être exprimée par une équation linéaire simple de type :

$$Y = 100 - B (CE_e - A)$$

100 : Rendement maximum

Y: Rendement

CE_e : CE de l'extrait de pâte saturée de la zone racinaire de la culture

A : Seuil de tolérance de la culture, égal à 6 dS/m

B : Le pourcentage de réduction de la croissance par unité d'augmentation de la CE au-delà du seuil de tolérance A.

L'application de cette équation aux résultats obtenus dans la région d'Adrar serait la suivante :

100 : correspond au rendement maximum = 24 q/ha

CE_e: correspond à la salinité du site 3 = 10.11 dS/m à 25 °C.

$$B : (24 - 8) \times 100 / 24 (10.11 - 6) = 16.21\%$$

Dans ce cas, $Y = 100 - 16.21 (CE_e - 6)$

$$Y = 100 - 16.21CE_e + 97.26 = 197.26 - 16.21 CE_e$$

$$Y = 197.26 - 16.21 CE_e$$

Conclusion

L'effet cumulé des irrigations avec une eau de qualité médiocre et sous un climat très évaporant engendre une salinisation des terres agricoles. En effet, les résultats obtenus relatifs aux caractéristiques chimiques des eaux d'irrigation de la nappe albienne mettent en évidence un fort risque de salinité et un faible danger de sodicité. Les teneurs en sodium et en chlorures contenus dans ces eaux sont excessives en mode d'irrigation par aspersion. L'évolution de la salinité des sols au début et à la fin du cycle végétatif dans les trois parcelles montre une nette accumulation significative des sels solubles dans le sol à partir de la quatrième année de mise en irrigation. En effet, dans l'horizon de surface, la salinité passe de 2.55 dS/m dans le site témoin à 12.5 dS/m au niveau du site cultivé pour la quatrième année. La salinité augmente en fonction du nombre d'années d'irrigation au niveau de l'horizon de surface. Par contre, au niveau du second horizon, le nombre d'années d'irrigation n'affecte pas de façon significative le niveau de salinité de la solution du sol. Le niveau de salinité atteint après 4 années d'irrigation au niveau de l'horizon de surface dépasse le seuil de tolérance à la salinité du blé dur. La salinisation constituerait donc l'un des principaux facteurs responsables de la diminution des rendements en blé, généralement observés après quelques années d'irrigation dans la région d'Adrar.

Références bibliographiques

- [1].- Daoud Y. et Halitim A., 1994. Irrigation et Salinisation au Sahara Algérien. *Sécheresse*, 5,3: 151-160.
- [2].- Saidi, J. (2004). Influence de la phase saline sur les propriétés physiques des matériaux argileux du bas Cheliff. Thèse de Doctorat d'Etat en Science Agronomiques, INA, El Harrach, 181p.
- [3].- FAO, 1986. Les besoins en eau des cultures. Irrigation et drainage. Bulletin, n° 24, 81p.
- [4].- Callot G., Chamayou H., Maertens C., Salsac L., 1982. Mieux comprendre les interactions Sol- Racine: incidence sur la nutrition minérale. INRA, 246 p.
- [5].- U. S. Salinity Laboratory. Staff., 1954. Diagnostic and improvement of saline and alkali soils U.S.D.A. Hand book, n°60; 160 p.
- [6].- Job J. O., 1998. Les milieux sales, in : *Traité d'irrigation*. Ed. Technique et documentation ISBN: 2-430-0244-1: 667-674.
- [7].- Ayers R. S et Wescot D. W., 1994. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper, 29: 1-4.
- [8].- Hogg T. J., et Henry J. I., 1984. Comparison of 1 :1 and 1 :2 suspension and extract with the saturation extract in estimating salinity in Saskatchewan soils. *Can . J. Soil. Sci.* 64: 669- 704.
- [9].- Montotroi J. P., 1997. Conductivité électrique de la solution du sol et d'extrait aqueux de sol. Application à un sol sulfaté salé de Basse-Casamance (Sénégal). *Etude et Gestion des sols*, 4, 4: 279-298.
- [10].- Zhang H., Schroder L., Pittman J. J., Wang J. J. et Payton M. E. (2005). Soil Salinity Using Saturated paste and 1:1 soil to water extracts. *Soil Sci. Am . J.* 69: 1146-1151.
- [11].- Mass E. V., 1990. Crop salt tolerance. *Engineering practice* 71. New York, ASCE: 262- 304.
- [12].- Oudija F., Ismail M., 2002. Effet du NaCl sur l'embryogenèse somatique et sur la capacité de régénération chez le blé. Etude de la compétence embryogénèse de blé initié directement en présence de NaCl. *African Crop Science Journal*, 10, 3: 221-229.
- [13].- Valles V., Bourgeat, E et Guiresse M., 1988. Calcul des doses d'irrigation pour les sols salés application d'une méthode géochimique de calcul à un sol tunisien en collaboration avec ORSTOM. *Ser. Pedol.*, vol. XXIV, 2: 155-122.
- [14].- Singh R. B., Minhas P. S., Chauhan C. P. S. et Gupta R. K., 1994. Salt leaching with Monsoons and yield on Indian Mustard as affected by saline Irrigation waters of varying Cl/ SO₄⁻² ration. *Journal of Indian Society of Soil Science*, 42, 3: 436-441

[15].- Maynard J. M. et David G., 1992. Diagnostic de l'élaboration du rendement des cultures. Cahiers Agriculture, 1: 9-19.

[16].- Mzuku M., Khosla R., Reich R., Inman D., Smith F., et MacDonald L., 2005. Spatial Variability of Measured Soil Properties across Site- Specific Management Zones. Soil Sci . Am. J. 69: 1572-1579.

[17].- Zid, E et Grignon, C. (1991). Les testes de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress cas du stress salin et hydrique. Rev. Amélioration des plantes pour l'adaptation en milieu arides Ed. AUPELE- UREF John Libbey. Eurotext, Paris, 108 p.