

REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES POUR L'IRRIGATION DU GAZON DES GOLFS : IMPACT SUR LA GERMINATION ET LA CROISSANCE DU GAZON**Hind MOUHANNI¹, Hassan HAMD², Abdelaziz BENDOU¹, Lhoussine BENZINE³**¹Laboratoire d'Ingénierie d'Energie et d'Environnement, ENSA, Agadir²Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Energétique, FSSM Marrakech³Responsable environnement, Régie Autonome Multiservices d'Agadir (RAMSA)E Mail : hhamdi@ucam.ac.ma-----
Reçu le 27/09/2011, accepté le 5/10/2011, en ligne le 7/10/2011**RESUME**

Cette étude concerne la faisabilité de la réutilisation des eaux usées épurées de la STEP de M'zar pour l'irrigation des gazons des golfs. Elle présente la planification, le protocole et les résultats préliminaires des essais qui sont menés pour évaluer les effets de la réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des golfs. Les résultats préliminaires présentés dans cette étude, qui concernent le suivi pendant les 21 premiers jours, montrent que l'irrigation par les eaux usées épurées n'affecte pas le taux de germination des graines, a un effet positif sur la pousse du gazon : tallage et évolution de la longueur des feuilles et ce en comparaison avec l'irrigation par une eau conventionnelle (eau de la nappe).

Mots clés : *Réutilisation des eaux usées/ irrigation/gazon des golfs.***ABSTRACT**

This study concerns the feasibility of the reuse of the treated wastewaters, issued by the wastewater plant M'zar, for golf grass irrigation purpose. It presents the planning, the protocol and the preliminary results of the tests that are being performed.

The preliminary results presented in this paper, related to the monitoring during the first 21 days, show that the use of treated wastewater for irrigation of golf grass does not affect the seed germination rate, has a positive effect on the grass growth: tillering and evolution of leave length, in comparison to the use of conventional water (ground water).

Key words: *Wastewater reuse/ irrigation/ golf grass.***1. INTRODUCTION**

La région d'Agadir est une région agricole qui se caractérise par un climat aride, des ressources en eau très limitées et des sols pauvres en éléments nutritifs. Le secteur agricole est le plus grand consommateur d'eau. De ce fait, l'utilisation des eaux usées traitées en agriculture est une bonne alternative qui contribuera à préserver les ressources en eau de la région. De plus, vu la richesse des eaux usées épurées (EUE) en éléments fertilisants, cette solution permettra le recyclage de ces éléments et la diminution de l'usage abusif des engrais.

Le potentiel actuel des eaux usées traitées par la station M'zar du grand Agadir, susceptible d'être utilisé sans restriction pour l'irrigation (catégorie A normes OMS), est de 10 000 m³/j et atteindra 50 000 m³/j à l'horizon de 2010. Une étude de faisabilité sur la réutilisation des eaux usées épurées de la STEP de M'zar a été lancée par la RAMSA. Dans ce contexte, la superficie totale des espaces verts

(public, privé, terrains de golf) est estimée à 878 ha avec un besoin en eau d'irrigation à satisfaire de 8096000 m³/an. Avec un débit journalier de 50 000 m³/j, les EUE de la STEP de M'zar combleront entièrement ce besoin. Les terrains des golfs occupent à eux seuls 268 ha de la superficie totale des espaces verts d'Agadir (30,5 %), avec une consommation d'eau estimée à 3216000 m³/an. Cette étude s'intéresse à l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des golfs. Elle présente la planification, le protocole et les résultats préliminaires des essais qui sont menés pour évaluer les effets de la réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des terrains de golf.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Site expérimental

Les essais in situ sont réalisés sur le site de la station d'épuration de M'zar Ait Melloul où deux zones de terrain ont été aménagées : une pour les essais utilisant les eaux épurées de la station pour l'irrigation et l'autre pour l'utilisation des eaux de la nappe phréatique (eau de puit) pour l'irrigation.

2.2. Planification des essais

Afin d'étudier la faisabilité et évaluer l'impact de l'utilisation des EUE sur l'irrigation du gazon des golfs, 3 variétés de gazon des golfs (V₁, V₂ et V₃) ont été utilisées sur 3 parcelles de terrain (P₁, P₂, P₃). À des fins de comparaison, les mêmes essais sont reproduits dans les mêmes conditions en utilisant les eaux de la nappe phréatique (eau de puit). Chaque parcelle a une dimension de 25 m² et est subdivisée en deux parcelles de 12,5 m² afin d'assurer une répétition des conditions de chaque essai. La subdivision de chaque parcelle est assurée par la pose d'un isolant en plastique sur une profondeur de 0,5m afin d'empêcher l'infiltration entre les subdivisions. Chaque parcelle contient une couche de 20 cm de sol composé de 75% de la terre végétale et de 25% de sable, ainsi qu'un lysimètre sur ses deux coins opposés. Les lysimètres ont un volume de 1 m³ et reproduisent les conditions du sol et de la variété de gazon ensemencée dans la parcelle concernée ; ils sont conçus avec une bonne étanchéité permettant la récupération du lixiviat après l'irrigation. La figure 1 présente un schéma qui montre la disposition des parcelles et des lysimètres avec les variétés de gazon affectées à chaque parcelle, les répétitions et les dimensions des différentes caractéristiques. Sur ce schéma, une 4^{ème} parcelle notée Po est prévue pour des essais utilisant les boues comme amendement organique.

2.3. Caractéristique des sols et des eaux d'irrigation

Les sols des parcelles sont composés de 75 % de terre végétale et 25 % de sable. Les analyses pédologiques des constituants du sol sont présentées dans le tableau 1 ci-dessous :

paramètres	texture	pH	Mat org	Azote total	calcaire Tot.	CE 1/5	sels Sol	P2O5 ass.	K2O éch.
unité			%	%	%	dS/m	g/kg	ppm	ppm
T. végétale	Lsa	8,70	1,85	0,15	5,20	0,12	0,41	14,56	128,70
Sable	S	9,6	0,05	0,01	36,7	0,045	0,16	1	24,9

Tableau 1 : Résultats des analyses de la terre végétale et du sable

D'après ces résultats, la terre présente une texture limoneuse avec peu d'argile et peu de sable, ce qui prouve que son amendement au sable va améliorer sa rétention en eau et en nutriments. Elle est légèrement pourvue en éléments nutritifs majeurs et matière organique : l'azote total, le phosphore assimilable ainsi qu'en potasse échangeable. En outre, les sables sont très pauvres en tout élément fertilisant. La salinité des deux types de sol est très faible, par ailleurs l'alcalinité des sables est plus élevée que celle de la terre végétale. Donc le sol ne peut provoquer aucun risque dommageable à la culture comme il ne lui fournit aucun élément nutritif ce qui impose aux gazons de profiter uniquement des éléments fertilisants contenus dans les eaux ou apportés par d'éventuels amendements.

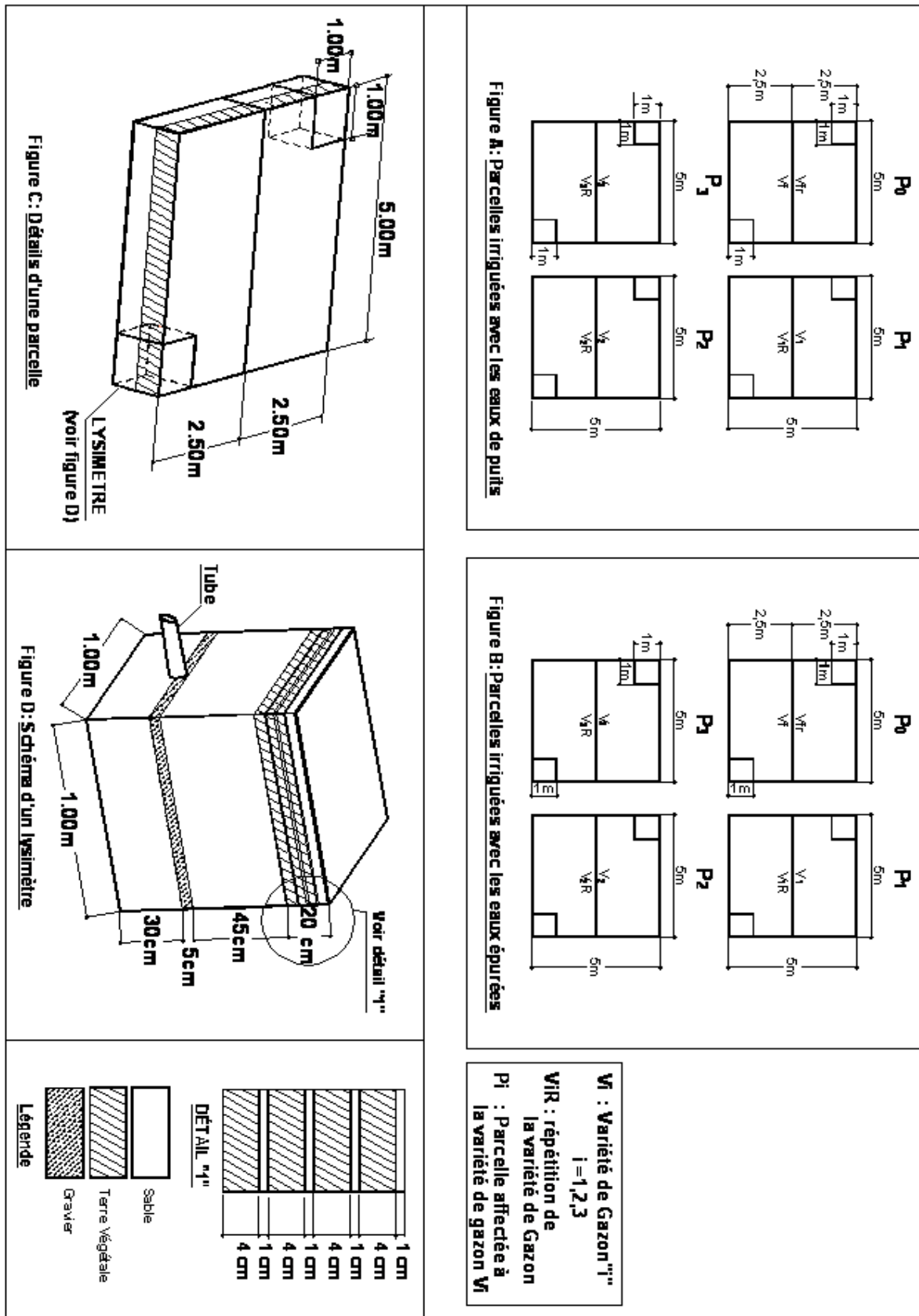


Figure 1 : Schéma explicatif décrivant la disposition des parcelles et des lysimètres avec les variétés de gazon affectées à chaque parcelle, les répétitions et les dimensions des différentes caractéristiques :

A) Parcelles irriguées avec l'eau de puit et B) Parcelles irriguées avec les eaux épurées.

Les eaux utilisées pour l'irrigation des parcelles expérimentales sont de deux types :

- les eaux de la nappe phréatique de la plaine du Souss, pompées à partir des puits de surface de la station.
- les eaux usées épurées de la station de M'zar ait Melloul, traitées par le procédé d'épuration par infiltration percolation sur des lits de sable.

Les principales caractéristiques des eaux utilisées pour l'irrigation sont indiquées dans le tableau 2 ci-dessous.

paramètres	pH	C.E à 25 °C	Chlorure Cl-	Potassium K+	Sodium Na+	Calcium Ca++	Magnésium Mg++	Phosphore	Nitrate (N- NO3)	SAR
unité		dS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
eau de la nappe	7,4	0,52	3	0,07	0,54	1,09	1,71	< à la limite de détection	5,2	0,32
eau épurée	7,1	3,15	720	43	487	294,8	65,9	8,85	350	6,66

Tableau 2 : Résultats du bilan ionique des eaux épurées et des eaux de la nappe (puit) utilisées pour l'irrigation

L'évaluation des analyses des eaux de la nappe et ceux épurées permet leur classification comme eau d'irrigation selon USDA (United States Department of Agriculture). La classification USDA est basée sur les valeurs de la conductivité électrique CE et celle de l'indice SAR (Sodium Adsorption Ratio) [1]:

- Les eaux de la nappe sont classées C2S1, elles peuvent être utilisées sur n'importe quel type de sol avec un risque minimal d'accumulation du sodium. La salinité des eaux (CE = 0,520 ds/m) est proche de la limite pour la croissance du gazon sans appliquer des traitements spéciaux pour la salinité (limite située à CE = 0,750 ds/m).
- Les eaux usées épurées sont classées C4S1, elles sont très salines (CE à 25°C est de 3,15 ds/m). Cependant, elles peuvent être appliquées sur n'importe quel type de sol vu la valeur du SAR < 10.

On constate que les eaux épurées ont une charge ionique importante vu les teneurs des chlorures, du sodium et des nitrates, pouvant affecter l'absorption d'autres cations (ex : magnésium). En revanche d'autres éléments minéraux indispensables pour la croissance du gazon dépassent les besoins comme le calcium qui contribue à regarnir le complexe d'échange du sol [1].

La comparaison de l'apport des eaux d'irrigation en éléments majeurs (N, P, K) est rapportée dans le tableau 3 ci-dessous :

Eléments minéraux	Eau de la nappe	Eau usée épurée	Besoin théorique [3]
N (kg/ha/an)	6,833	404,712	300
P (kg/ha/an)	0,000	11,628	100
K (kg/ha/an)	0,092	56,502	200

Tableau 3: Apport en NPK (kg/ha/an) par les eaux d'irrigation pour un volume de 1314.m³/ha/an

Les eaux de la nappe phréatique sont très pauvres en éléments nutritifs par rapport aux teneurs des eaux épurées. Ces dernières sont très riches en azote et en potassium et pauvres en phosphore. Il ressort de ces analyses que les eaux épurées peuvent avoir plusieurs effets positifs notamment sur la fertilité du sol et sur le rendement des cultures à condition qu'elles soient conformes aux recommandations OMS pour l'irrigation des cultures (catégories A).

2.4. Protocole d'irrigation, de semence et de suivi

Les parcelles irriguées par les eaux épurées sont éloignées de celles irriguées par les eaux de puit pour éviter toute contamination. Leur irrigation est effectuée par le même système, il s'agit d'une aspersion par pistolet ayant un débit constant de 828 l/h, ce qui favorise la maîtrise du même volume d'eau d'irrigation. Chaque parcelle de 25 m² est irriguée trois fois par jour et reçoit au total 90 litres d'eau par jour.

Un des objectifs de l'étude vise à comparer la germination des différentes espèces du gazon des golfs, à savoir le Ray-grass, l'agrostide et la fétuque, irriguées avec les eaux épurées et celles de la nappe. Le tableau 4 présente les différentes semences (V₁, V₂ et V₃) composées d'espèces pures ou mélangées ainsi que les parcelles affectées pour chaque semence.

Parcelles	P1	P2	P3
Espèces	Agrostides	Ray gras	Mélange
Variétés ensemencées (Vi)	Pencross (V1)	Ray gras Anglais (V2)	-ray gras anglais 60% -fétuque rouge 40% (V3)

Tableau 4: Les variétés des gazons ensemencées sur les différentes parcelles

Le suivi a débuté le 11 juin 2006 par une semence des graines qui a été effectuée à la main. Les premiers plants du gazon ont germé après trois jours du semis (tableau 5). Les prélèvements des échantillons du sol et des lixiviats sont effectués chaque 6 jours à partir du premier jour de germination. Ce suivi a duré 60 jours au total résultant en 10 campagnes d'échantillonnage. Pour chaque campagne 16 échantillons du lixiviat et 8 échantillons du sol sont récoltés et sont conservés pour des analyses ultérieures.

variétés	Semence		
	V1	V2	V3
Date de semis	11/06/2007	11/06/2007	11/06/2007
Date de levée	16/06/2007	13/06/2007	16/06/2007
Temps de germination	5j	3j	5j

Tableau 5 : Dates et quantités de graines ensemencées dans les différentes parcelles

Le temps de germination pour les deux qualités d'eaux est le même ce qui prouve que les conditions initiales du sol et du semis sont pareilles pour les différentes parcelles.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Influence de la qualité des eaux d'irrigation sur la germination des graines

Pour étudier l'influence de la qualité de l'eau : eau de puit, eau épurée sur la germination des graines de gazon, des tests de germination concernant les trois variétés de gazon (V₁, V₂, V₃) ont été menés sur le site de la station. Le sol utilisé dans les plateaux d'alvéoles a la même composition que dans les parcelles.

Pour chaque variété de gazon, deux plateaux à 56 alvéoles sont ensemencés (une graine par alvéole) : l'un est irrigué par l'eau de puit et l'autre par l'eau épurée. La germination des graines dans les six plateaux est suivie pendant 21 jours.

Les résultats de ces tests sont représentés en figure 6 qui montre l'évolution du % de germination en fonction du temps pour chaque variété de gazon et pour les deux types d'irrigation : eau de puits, eau épurée.

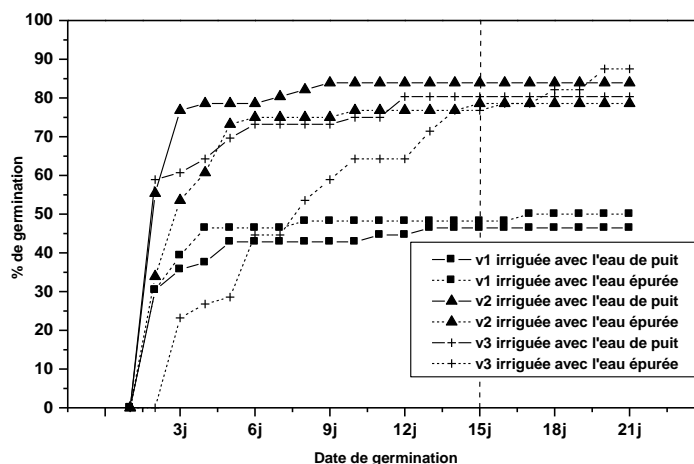


Figure 6 : Evolution du pourcentage de germination des différentes variétés de graines irriguées avec les deux qualités d'eau : eau de puit et eau épurée

L'évolution du % de germination montre que la germination des variétés v2 et v3 est favorisée par l'irrigation avec les eaux de puit pendant la première quinzaine. La germination de ces deux variétés accuse un temps d'adaptation à la salinité des eaux épurées pendant cette phase. Le % de germination de la variété v1 est légèrement favorisé par les eaux épurées. La germination de cette variété montre une meilleure tolérance à la salinité dès les premiers jours.

Après le quinzième jour, le pourcentage de germination reste stable et atteint un maximum de 84% pour les variétés v2 et v3, alors que le % maximal ne dépasse pas 48% pour v1. L'influence de la qualité de l'eau sur le % de germination maximal atteint reste faible pour toutes les variétés et fluctue autour de $\pm 5\%$.

3.2. Influence de la qualité des eaux d'irrigation sur les paramètres de croissance du gazon

Les paramètres de croissance du gazon : Nombre de talles (pousses) et longueur des feuilles, ont été suivis pendant les 21 premiers jours à partir de l'apparition des premiers plants sur les différentes parcelles (P₁, P₂, P₃) ensemencées par les différentes variétés de gazon (V₁, V₂, V₃) et irriguées par les deux qualités d'eau (eau de puit et eau épurée).

Les talles sont les pousses supplémentaires produites à partir d'une graine mère par stolon ou rhizome. La prolifération de talles (tallage) est un phénomène important qui conditionne la densité du tapis de gazon.

L'évolution du nombre de talles, comptées chaque deux jours, dans les différentes parcelles est représentée en figure 7.

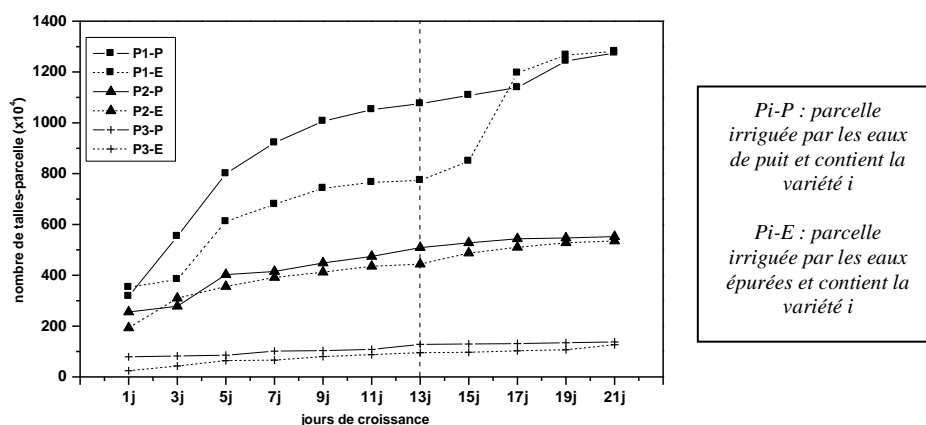


Figure 7 : Evolution du nombre de talles dans les parcelles irriguées par les deux qualités d'eau.

L'augmentation du nombre de talles avant que le taux de germination maximal soit atteint est du à la contribution de la germination et au phénomène de tallage. D'après l'évolution du % de germination discutée ci avant, la germination maximale est atteinte après 15 jours de semis qui correspond au 13^{ème} jour de croissance. L'augmentation du nombre de talle après le 13^{ème} jour de croissance est du exclusivement au phénomène de tallage.

L'irrigation par l'eau de puit favorise le tallage dans un premier temps, mais l'écart enregistré par rapport à l'irrigation avec les eaux épurées se réduit rapidement et s'annule au 21^{ème} jour de croissance. Selon cette tendance, on peut s'attendre par la suite à ce que le tallage soit favorisé par l'irrigation avec les eaux épurées.

La longueur des feuilles rend compte de la vitesse de croissance de la partie aérienne de la plante (gazon). Un échantillon de feuille par parcelle est prélevé chaque deux jours. La longueur moyenne des feuilles de chaque échantillon est mesurée sur papier millimétré. L'évolution de cette longueur, pour les différentes variétés irriguées par les deux qualités d'eau, est représentée en figure 8 pour les 21 jours de suivi.

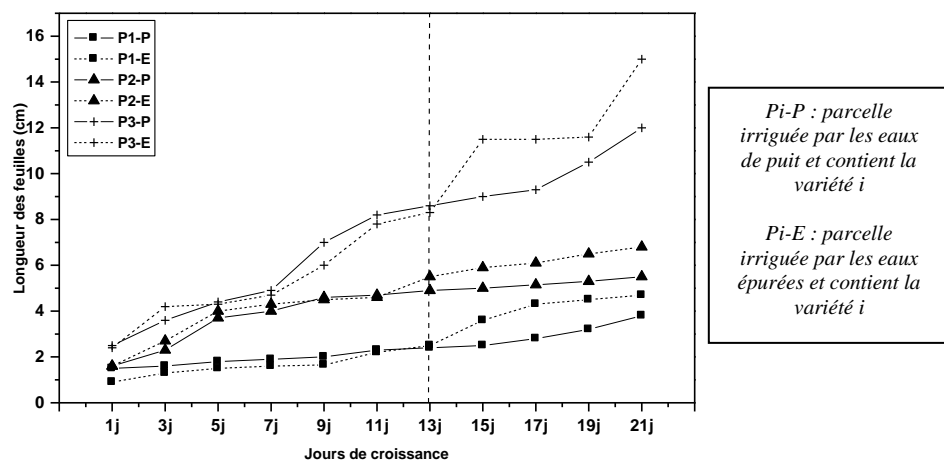


Figure 8 : Evolution du nombre de talles dans les parcelles irriguées par les deux qualités d'eau.

Avant que le taux de germination maximal soit atteint (avant le 13^{ème} jour de croissance indiqué sur la figure 8), on ne peut pas se prononcer sur l'effet de l'irrigation par les eaux épurées sur l'évolution de la longueur des feuilles. Ce pendant après le 13^{ème} jour de croissance, il est évident que l'irrigation par les eaux épurées favorise l'augmentation de la longueur des feuilles comparativement à l'irrigation par les eaux de puits, et ce pour toutes les variétés.

4. CONCLUSION

L'étude présentée concerne le suivi du % de germination et de l'évolution du nombre de talles et de la longueur des feuilles pendant une période de 21 jours. Elle a permis d'évaluer l'impact de l'utilisation des eaux usées épurées sur la germination et la croissance du gazon.

- La germination des graines accuse un temps d'adaptation à la salinité des eaux épurées pendant la première quinzaine. Cependant, l'influence de la qualité de l'eau sur le % de germination maximal atteint reste faible pour toutes les variétés et fluctue autour de $\pm 5\%$.
- Au-delà du 13^{ème} jour, le taux de germination maximal est atteint, l'irrigation par l'eau de puit favorise le tallage dans un premier temps, mais l'écart enregistré par rapport à l'irrigation avec les eaux épurées se réduit rapidement et s'annule au 21^{ème} jour de croissance.
- Après le 13^{ème} jour de croissance, l'irrigation par les eaux épurées favorise l'augmentation de la longueur des feuilles en comparaison avec l'irrigation par les eaux de puits.

Les résultats préliminaires présentés dans cette étude montrent que l'irrigation par les eaux usées épurées a un effet positif sur la pousse du gazon en comparaison avec l'irrigation par une eau

conventionnelle (eau de la nappe). Trois variétés de gazon testées confirment une bonne adaptation à la qualité des eaux épurées malgré leur degré de salinité élevé.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent à la Régie Autonome Multiservice d'Agadir, l'Office Régionale de Mise en Valeur Agricole du Souss Massa Daraa et l'Institut Nationale de Recherche Agronomique d'Agadir.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] M. Nancy, "La qualité de l'eau d'irrigation", Agronome, Maîtrise en science du gazon, Québec (2002).
- [2] R.Thomas, "Les gazons", Collection des techniques horticoles spécialisées, Edit. J-B.BAILLIERE, Paris (1974).
- [3] F.Chenini, M.Trad, S.Réjeb, Z.Châabouni, D.Xanthoulis, "Optimisation et durabilité du traitement et de la réutilisation des eaux usées en agriculture", Rapport Ministère de l'agriculture, de l'environnement et des ressources hydrauliques, Institut National de Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêts, Tunisie (2002).