

Impact de l'irrigation avec l'eau usée épurée sur la croissance et le développement des plantes

[Effect of irrigation with the purified waste water on the growth and development of plants]

D. Lahmami¹, L. Messaoudi², and Z. Messaoudi³

¹Ferme pédagogique de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, BP S/40 Meknès, Maroc

²Equipe des Matériaux, Membranes et Procédés de Séparation,
Université Moulay Ismaïl, Faculté des Sciences, B.P.11201 Zitoune, Meknès, Maroc

³Département d'Arboriculture et Viticulture, Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, BP S/40 Meknès, Maroc

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This work deals with one of the themes of socio-economic and environmental diagnosis of irrigation of vegetable crops with untreated wastewater being led in urban and suburban area of the city of Meknes in Morocco. Its main objective is to study, through an experimental test, the type of irrigation water on growth and development of plants of the crop studied. Types of irrigation water were prepared from untreated waste water and cleaned waste water with the filter materials. The main results of this work show that the height growth of plants irrigated with the treated wastewater is similar to plants irrigated with untreated wastewater. Whereas, the purified waste water can improve the production of the number of sheets and the dry matter of the aerial part of plants by 15% and 24% respectively.

KEYWORDS: Agricultural irrigation, Environment, Filtration materials, Sustainable development, Waste water.

RÉSUMÉ: Le présent travail traite une des thématiques du diagnostic socio-économique et environnemental de l'irrigation des cultures maraîchères avec l'eau usée non traitée qu'on mène dans la zone urbaine et périurbaine de la ville de Meknès au Maroc. Son objectif essentiel est d'étudier, à travers un essai expérimental, l'effet de type d'eau d'irrigation sur la croissance et le développement des plantes de la culture étudiée. Les types d'eau d'irrigation ont été préparés à partir d'eau usée non traitée et d'eau usée épurée avec des matériaux de filtration. Les principaux résultats de ce travail montrent que la croissance en hauteur des plantes irriguées avec l'eau usée épurée est similaire à celle des plantes irriguées avec l'eau usée non traitée. Tandis que le niveau de production des plantes en nombre de feuilles et en matière sèche de leurs parties aériennes s'améliore respectivement de **15%** et de **24%** quand elles sont irriguées avec l'eau usée épurée.

MOTS-CLEFS: Développement durable, Eau usée, Environnement, Irrigation agricole, Epuration.

1 INTRODUCTION

Le Diagnostic socio-économique et environnemental qu'on a mené au niveau de la zone urbaine et périurbaine de la ville de Meknès au Maroc reconnue par la pratique de l'agriculture irriguée avec les eaux usées non traitées a montré qu'elle comporte 724 petites exploitations agricoles vivrières dont la situation socio-économique des ménages est généralement

vulnérable. Actuellement, la subsistance de la population de cette zone s'appuie essentiellement sur la production agricole et les activités qui lui sont associées. En effet, la part du revenu agricole est de 85% du revenu global de l'exploitation agricole dont 60% proviennent des cultures maraîchères [1]. En outre, l'étude des représentations des agriculteurs sur la réutilisation d'eau usée non traitée révèle qu'en absence d'alternative d'apport d'eau d'irrigation, les agriculteurs ne sont pas prédisposés à abandonner le comportement d'irriguer avec l'eau usée et ce en raison des opportunités qu'offre ce type d'eau: la disponibilité d'eau, l'accès gratuit à son utilisation [1]. En revanche, des études menées sur la qualité de l'un des cours d'eau de la zone d'étude, lieu des rejets d'eau usée industrielle et ménagère et ressource des eaux réutilisées en agriculture, témoignent qu'il comporte des polluants pouvant altérer des milieux récepteurs [2]. Ceci permet de dire que suite à une irrigation irrationnelle à partir de ce cours d'eau, les polluants peuvent s'infiltrer et s'accumuler dans le sol, adhérer ou être absorbés par les cultures végétales [3]. Les conséquences qui peuvent en découler sont l'altération des composantes d'environnement agricole et la menace de la santé animale et humaine à travers la chaîne alimentaire.

Cette problématique suscite une réflexion ayant pour objet la recherche d'un compromis cohérent capable de préserver la stabilité socio-économique d'une population vulnérable d'agriculteurs qui habitent un espace offrant une eau usée réutilisable en agriculture et d'atténuer l'effet polluant de cette eau sur l'environnement. Dans cette vision s'inscrit la présente investigation. L'idée en est de chercher à épurer l'eau usée brut mélangée avec celle de cours d'eau pour obtenir une eau réutilisable en irrigation agricole ayant les caractéristiques suivantes : i) permet aux plantes d'assurer une production au moins au niveau de celles irriguées avec l'eau usée non traitée. ii) comporte une qualité requise en irrigation agricole.

Les constituants du sol lui confèrent des propriétés physiques et chimiques dont en particulier la porosité les capacités d'adhérence et d'échange ionique [4]. On peut s'en servir pour épurer les eaux polluées. Certes, la station expérimentale d'épuration de Ben Sergo à Agadir au Maroc utilise le processus d'infiltration-percolation des eaux usées brutes dont le sol constitue le lieu des réactions biochimiques. Des études menées dans cette station ont montré que ce système permet d'atteindre des taux d'abattement des paramètres de pollution à des niveaux acceptables en irrigation agricole et de préserver, après le processus d'épuration, les éléments nutritifs nécessaires à la croissance et le développement des plantes véhiculés par les eaux usées [5].

L'objectif essentiel du présent travail est d'étudier, à travers un essai expérimental, la productivité des types d'eau usée en domaine agricole. On entend dire par productivité le caractère productif que peut avoir l'eau d'irrigation en matière végétale en tant que facteur et condition de production. Les types d'eau sont préparés à partir d'eau usée non traitée et d'eau usée épurée avec des matériaux disponibles dans la nature du Maroc. Ainsi pour présenter ce travail on aborde d'abord, le matériel et les méthodes qu'on a utilisés pour collecter les données puis les méthodes d'analyse mises en œuvre pour les traiter et enfin on dresse les résultats et on en tire des conclusions.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

Milieu et conditions : A l'instar des essais expérimentaux en agronomie, pour garantir des conditions de croissance et de développement des plantes dans le milieu d'expérimentation, il convient rendre homogènes les effets des facteurs qui influencent croissance et de développement des plantes dans le milieu d'expérimentation de manière à garder uniquement l'effet du type d'eau d'irrigation le seul explicatif de l'écart des niveaux de production réalisés par les plantes. Pour ce faire, l'essai a été mené dans une serre vitrée sur un même sol et avec un même matériel végétal.

Unités expérimentales : Les unités expérimentales sont constituées de pots à capacité de 9.5 litres. Afin d'éviter le risque d'asphyxie des plantes et faciliter le drainage d'eau d'irrigation, les fonds des pots ont été percés et menés d'un lit de graviers. Le pot vide et le gravier pèsent 1kg. Le sol lieu de nutrition et support des plantes est constitué de sable de rivière, sa texture est sablonneuse et son humidité à la capacité au champ (H_{cc}) est de 23%. Avant sa mise en pot, ce sol a été lessivé, séché et mélangé avec les quantités des fertilisants calculées. Le poids du sol plus son humidité à la capacité au champ dans chaque pot est de 5kg.

Mesures et observations : Le végétal objet d'observation est la coriandre (*coriandrum stivum*). C'est une plante annuelle appartenant à la famille des ombellifères. Le choix de cette culture a été imposé par l'importance des superficies qu'on lui réserve dans les assolements annuels des exploitations agricoles irrigués avec les eaux usées et par le niveau des revenus que les agriculteurs enquêtés en dégagent [1]. Les observations agronomiques retenues pour la mesure et la collecte de données sont des caractères morphologiques des parties consommées de la coriandre dans la cuisine marocaine. Il s'agit de la hauteur des plantes, à mesurer depuis le collet jusqu'à l'apex en centimètre, du nombre de feuilles par plante et de la matière sèche de la partie aérienne à mesurer en gramme après séchage des échantillons des plantes dans une étuve à température de 65°C durant 72 heures.

Filtration : Les matériaux de filtration sont constitués d'un substrat d'argile pauvre en matière organique, du charbon de bois prélevé de reliquat d'un four public et un sable de mer apporté d'un site maritime. Le matériel utilisé dans le processus de filtration est constitué de deux bacs en polyéthylènes à capacité de 200 litres chacun, utilisés pour stocker l'eau usée non traitée et de deux bacs en polyéthylènes à capacité de 25 litres chacun : Le premier est mené d'un robinet pour régler le débit d'eau à filtrer. Le deuxième mené d'un entonnoir à grille est utilisé pour récupérer le filtrat.

Structure du facteur de l'étude : La structure du facteur "type d'eau d'irrigation" est constituée de quatre traitements dont un est témoin, T_1 (témoin): eau usée non traitée (E.U.N.T.), T_2 : eau usée épurée avec le sable de mer (E.U.E.S_m), T_3 : eau usée épurée avec le charbon de bois (E.U.E.Ch_b) et T_4 : eau usée épurée avec l'argile (E.U.E.A.). La répartition des traitements est établie suivant un dispositif en blocs aléatoires complets. Le nombre de répétition de chaque traitement est de 4, on obtient donc quatre blocs randomisés. En outre, puisque le nombre de modalités du facteur est de 4, on aura dans le dispositif un total de 16 unités expérimentales.

Conduite de l'irrigation: Pour surmonter le risque du stress hydrique des plantes, des quantités d'eau d'irrigation, exprimées en litre, ont été apportées régulièrement au niveau de H_{cc} du sol, tableau (1). La tenue de ce niveau d'humidité est réalisée par le maintien en permanence du poids de chaque unité expérimentale à 6 kg.

Tableau 1: Calendrier de l'irrigation

N° du jour	Quantité/u.e	Cumul	Nombre d'u.e	cumul	Opération
1	0,75	0,75	16	12	Semis
12	0,5	1,25	16	20	Irrigation et soins
17	0,5	1,75	16	28	
23	0,5	2,25	16	36	
27	0,5	2,75	16	44	
30	0,5	3,25	16	52	
33	0,5	3,75	16	60	
35	0,5	4,25	16	68	
38	0,5	4,75	16	76	
40	0,5	5,25	16	84	culturaux
44	0,5	5,75	16	92	
45					Récolte

u.e: unité expérimentale;

Méthodes d'analyse des données: Le but essentiel d'analyse et d'interprétation des données observées est de vérifier est ce qu'il existe une différence suffisamment significative de l'effet du "type d'eau d'irrigation" sur la croissance et de développement des plantes. Pour approcher ce travail on a mis en œuvre des méthodes d'analyse qui s'associent au dispositif expérimental en blocs aléatoires complets [6]. Il s'agit d'analyse de variance à un seul critère de classification à compléter par des comparaisons multiples des moyennes de production réalisées en cas de confirmation d'effet significatif. Ainsi, les mesures enregistrées sur la hauteur et le nombre de feuilles par plante ainsi que le poids de la matière sèche de la partie constituent les variables quantitatives dépendantes tandis que, le facteur " type d'eau d'irrigation" représente la variable nominative du critère de classification. Le seuil de signification des tests est fixé à 5%. Enfin, l'analyse de variance a été précédée du contrôle de normalité et de transformation des variables à tester.

Normalité : Les variables dépendantes à tester suivent une distribution normale. En effet, le test de normalité *Shapiro-Wilk* n'indique aucune différence significative entre les distributions de ces variables et celle de la distribution normale, tableau 2.

Tableau 2: Test de normalité

Modalités	Hauteur de plantes		Nombre de feuilles		Matière sèche	
	Statis.	Sign.	Statis.	Sign.	Statis.	Sign.
EUNT _{témoin}	0,93	0,58	0,89	0,369	0,91	0,475
EUES _m	0,99	0,975	0,93	0,572	0,89	0,369
EUEch _b	0,94	0,626	0,95	0,705	0,81	0,115
EUEA	0,87	0,29	0,93	0,591	0,92	0,517

Transformation des variables: Les données des variables production en matière sèche de la partie aérienne des plantes ont été standardisées (MS_{std}) de la manière suivante: la valeur du poids de la matière sèche par unité expérimentale ($MS_{u.e}$) divisée par celle du nombre de pieds (N_{pieds}) de la même unité expérimentale multiplié par cent.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 HAUTEUR

Les moyennes des variables associées à la hauteur des plantes pour chaque type d'eau d'irrigation sont indiquées sur la figure 1. Les barres d'erreur représentent les bornes supérieures de l'intervalle de confiance des moyennes observées.

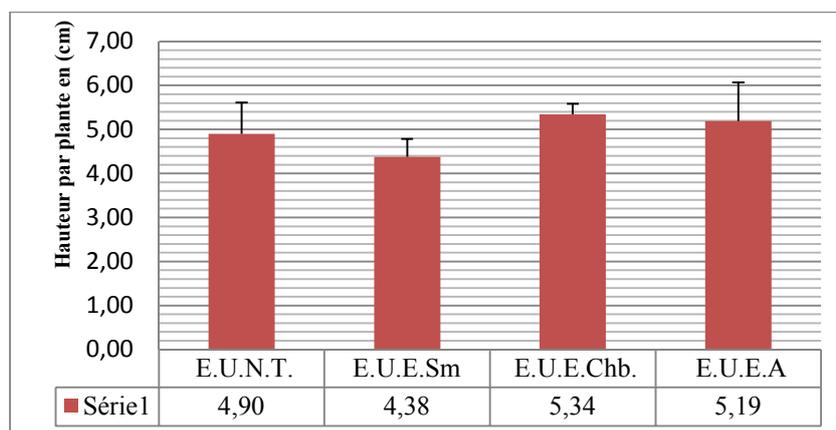


Fig. 1: Hauteur moyenne par plante

L'analyse de variance des variables liées au type d'eau usée épurée et à l'eau usée non traitée montre qu'il n'y a pas de différence significative entre l'effet de ces types sur la croissance des plantes en hauteur, tableau 3.

Tableau 3: Analyse de variance

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Sign.
Inter-groupes	2,17	3	0,72	1,85	0,192
Intra-groupes	4,7	12	0,39		
Total	6,87	15			

Ceci permet de dire que le niveau de croissance des plantes en hauteur irriguées avec les types d'eau usée épurée est semblable à celui des plantes irriguées avec l'eau usée non traitée.

3.2 NOMBRE DE FEUILLES

Les moyennes des variables associées au nombre de feuilles par plante pour chaque type d'eau d'irrigation sont indiquées sur la figure 2. Les barres d'erreur représentent les bornes supérieures de l'intervalle de confiance des moyennes observées.

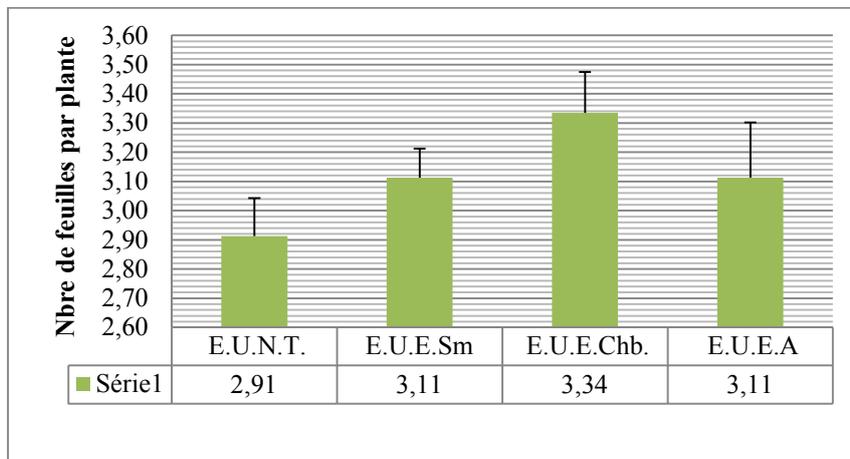


Fig. 2: Nombre de feuilles par plante

L'analyse de variance des variables liées aux modalités d'eau usée épurée et à l'eau usée non traitée révèle qu'il existe une différence significative entre l'effet de ces modalités sur le développement des feuilles par plante, tableau 4.

Tableau 4: Analyse de variance

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Sign.
Inter-groupes	0,36	3	0,12	5,37	0,014
Intra-groupes	0,27	12	0,02		
Total	0,62	15			

En effet, le test de *t de Dunnett* indique qu'il existe une différence significative entre l'effet d'eau usée épurée par le charbon de bois et celui d'eau usée non traitée, tableau 5.

Tableau 5: Test de t de Dunnett

(I) modalité	(J) modalité	(I-J)	Erreur standard	Sign.
EUES _m	EUNT _{témoin}	0,20	0,11	0,190
EUEch _b	EUNT _{témoin}	0,43	0,11	0,005
EUEA	EUNT _{témoin}	0,20	0,11	0,190

Il en découle que, l'effet des types d'eau usée épurée par le sable de mer ou par l'argile reste similaire à celui d'eau usée non traitée dans la mesure où les écarts de leurs moyennes réalisées sont non significatifs. Alors que celui du type d'eau usée épurée par le charbon de bois lui est significativement différent. Le test de *Student-Newman-Keuls* illustre ce résultat et a permis de distinguer deux groupes homogènes, tableau 6. Le premier groupe est composé de la modalité d'eau usée non épurée, le deuxième groupe est composé de la modalité d'eau usée épurée avec le charbon de bois. Les deux groupes partagent un sous groupe intermédiaire comportant deux modalités d'eau usée épurée, une avec l'argile et l'autre avec le sable de mer. De cette répartition on peut dire que sur les plantes irriguées avec l'eau usée épurée se développent 10% de plus de feuilles qu'avec l'eau usée non traitée. D'autant plus ce potentiel n'est amélioré d'avantage qu'avec l'eau usée épurée par le charbon de bois. L'effet de celui-ci permet d'améliorer le développement du nombre des feuilles d'environ 15%.

Tableau 6 : Test Student-Newman-Keuls

Type d'eau d'irrigation	Groupe	
	1	2
EUNT _{témoïn}	2,91	
EUES _m	3,11	3,11
EUEA	3,11	3,11
EUEch _b		3,34
Signification	0,181	0,129

3.3 MATIÈRE SÈCHE

Les moyennes des variables associées à la production en matière sèche de la partie aérienne des plantes pour chaque type d'eau d'irrigation sont indiquées sur la figure 3. Les barres d'erreur représentent les bornes supérieures de l'intervalle de confiance des moyennes observées.

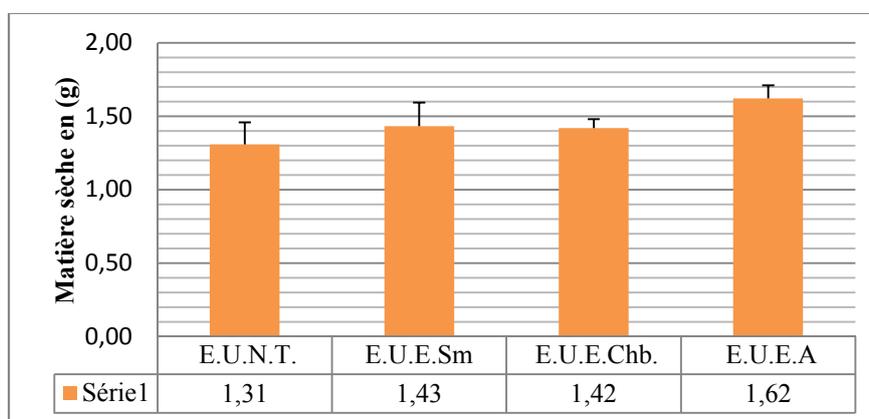


Fig. 3: Matière sèche de la partie aérienne des plantes

L'analyse de variance des variables liées aux modalités d'eau usée épurée et à l'eau usée non traitée, révèle qu'il existe une différence significative entre l'effet de ces modalités, tableau 7.

Tableau 7: Analyse de variance

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Sign.
Inter-groupes	0,20	3	0,07	4,34	0,027
Intra-groupes	0,190	12	0,07		
Total	0,39	15			

En effet, le test *t* de *Dunnnett* indique que cette différence est établie entre la moyenne réalisée par l'eau usée épurée avec l'argile et celle réalisée par l'eau usée non traitée, tableau 8. Il en découle que, l'effet des types d'eau usée épurée par le sable de mer ou par le charbon de bois reste similaire à celui d'eau usée non traitée dans la mesure où les écarts de leurs moyennes réalisées sont non significatifs. Alors que celui du type d'eau usée épurée par l'argile lui est significativement différent.

Tableau 8: Test de t de Dunnett

(I) modalité	(J) modalité	(I-J)	Erreur standard	Sign.
EUES _m	EUNT _{témoin}	0,12	0,09	0,376
EUCh _b	EUNT _{témoin}	0,11	0,09	0,469
EUEA	EUNT _{témoin}	0,32	0,09	0,010

En effet, suite à cette différence d'effet, le test de *Student-Newman-Keuls* a permis de distinguer deux groupes homogènes, tableau 9.

Tableau 9: Test Student-Newman-Keuls

Type d'eau d'irrigation	Groupe	
	1	2
EUNT	1,31	
EUCh _b	1,42	1,42
EUES _m	1,43	1,43
EUEA		1,62
Signification	0,353	0,097

Le premier groupe est composé du type d'eau usée non traitée, le deuxième groupe est composé de celui d'eau usée épurée par l'argile. Les deux groupes partagent également un sous-groupe intermédiaire englobe les types d'eau usée épurée par le sable ou par le charbon de bois. De cette répartition on peut dire que l'irrigation avec l'eau usée épurée améliore la production de la matière sèche de la partie aérienne des plantes d'environ **14%** par rapport à l'irrigation avec l'eau usée non traitée. Un potentiel relativement élevé reste en faveur des plantes irriguées avec l'eau usée épurée par l'argile. Celle-ci améliore cette production d'environ **24%**.

4 CONCLUSION

L'expérimentation qu'on a menée et qui avait pour objet la détermination du comportement des plantes vis-à-vis des types d'eau d'irrigation a montré que:

Le niveau de croissance en hauteur des plantes irriguées avec les modalités d'eau usée épurée reste similaire à celles irriguées avec l'eau usée non traitée.

Le niveau de développement du nombre de feuilles sur les plantes irriguées avec l'eau usée épurée est sensiblement similaire ou significativement distinct de celui des plantes irriguées avec l'eau usée non traitée. En effet, selon les matériaux d'épuration, ce niveau s'améliore de **10%** pour les plantes irriguées avec l'eau usée épurée par le sable de mer ou par l'argile et de **15%** pour celles irriguées avec l'eau usée épurée par le charbon de bois.

De même le niveau de production en matière sèche de la partie aérienne des plantes irriguées avec l'eau usée épurée est sensiblement similaire ou significativement distinct de celui des plantes irriguées avec l'eau usée non traitée. En effet, selon les matériaux d'épuration, ce niveau s'améliore de **14%** pour les plantes irriguées avec l'eau usée épurée par le sable de mer ou par le charbon de bois et de **24%** pour celles irriguées avec l'eau usée épurée par l'argile.

Il en résulte des trois premières conclusions que le niveau de croissance et de développement des plantes irriguées avec l'eau usée épurée est semblable ou dépasse celui des plantes irriguées avec l'eau usée non traitée. On peut dire donc, que le but qui consistait à chercher une eau usée épurée ayant une productivité végétale au moins au niveau de celle d'eau usée non traitée est satisfait. En conséquence, sur l'aspect agronomique, on estime que les résultats de ce travail constituent un apport scientifique pour rationaliser la réutilisation des eaux usées en domaine agricole. Il va falloir les compléter par une thématique dans laquelle on vérifie, via des analyses physico-chimiques et biologiques, est ce que les matériaux qu'on a utilisés ont la capacité de rabattre la charge des polluants dans l'eau polluée à des seuils requis en irrigation agricole. Le souci en est toujours de chercher un appui cohérent susceptible de répondre aux besoins d'agriculteurs qui habitent un espace offrant une eau usée réutilisable en agriculture et d'atténuer son effet polluant sur l'environnement.

RÉFÉRENCES

- [1] Lahmami D., Messaoudi L., Messaoudi Z., Diagnostics socio-économique et environnemental de l'irrigation des cultures maraichères avec les eaux usées non traitées : cas de la zone urbaine et périurbaine de la ville de Meknès au Maroc, *Sciences Lib Editions Mersenne*, 5 (2013) 130212.
- [2] Karrouch L., Chahlaoui A., Bio-évaluation de la qualité des eaux de l'oued Boufkrane (Meknès Maroc), *Biomatec* 3 (2009) 617.
- [3] Tremel S. A., Feix I., *contamination des sols transferts des sols vers les plantes* (Edition ADEM, 2005, France)
- [4] Hillel D., *l'eau et le sol principe et processus physique* (Collection PEDASUP 5, 1988, Belgique)
- [5] Nivault N., Schwartzblod L., Waste water treatment by infiltration percolation on sand: Result in Ben Sergo, Morocco, *Wat. Sci. Tech.* 27 (9), 1993, pp 55-91
- [6] Dagnilie P. *principes d'expérimentation planification des expériences et analyse de leurs résultats* (Les Presses Agronomiques de Gembloux Belgique 2003)