

Valorisation conjuguée de l'eau usée épurée à la fumure composite B.S.STEP/R.F.C.C : Essai sur culture de pomme de terre sur sol alluvial de la Medjerda (Nord Est Algérien)

Combined use of treated wastewater with composite manure D.M. WWTP /S.C.L.F.: Test on potato cultivation on alluvial soil of the Medjerda, (North-Eastern Algeria).

Dhikrane Nafaa ^{1*}, Yahia Hammar ¹, Youssef Al kanej ¹ & Keblouti Nafaa ²

¹Département d'Hydraulique, Université Badji Mokhtar, BP. 12, Annaba, 23000 – Algérie.

²Département de Géologie, Université Badji Mokhtar, BP. 12, Annaba, 23000 – Algérie.

Soumis le : 01/03/2016

Révisé le : 17/10/2017

Accepté : le 18/10/2017

ملخص

نتائج الاختبارات التجريبية للتقييم المشترك لاستخدام مياه الصرف الصحي المطهرة مع أسمدة ذات مصادر مختلفة: الحمأة الجافة، الأسمدة الزراعية (سماد الماشية) و الأسمدة الاصطناعية 15، 15، 15. حيث ركزت التجربة على زرع بطاطا من نوع "سامبا" في التربة الرملية الطينية الطميية لواد مجردة. نتج أفضل محصول تم تسجيله 26 طن/هكتار في مربع الاختبار المسقى بمياه الصرف الصحي المطهرة و السماد. بالإضافة الفارق بـ28% في المرود المسجل بين السقي بمياه الشرب والمطهرة، يرجع لتأثير المحتوى الغذائي المتوفر في مياه المطهرة. من الجانبين الإقتصادي والبيئي، تغلب استخدام حمأة محطة تطهير مياه الصرف الصحي على الأسمدة الاصطناعية وبذلك تنقل النفقات التي يمكن أن تصل إلى 20% من تكلفة إنتاج المحاصيل الزراعية بما في ذلك محاصيل البطاطا.

كلمات البحث: تجربة، التربة الرملية الطينية الطميية- السماد المركب - مياه الشرب و الصرف الصحي المطهرة - البطاطا.

Résumé

La valorisation conjuguée de l'eau usée épurée à la fumure composite "B. S. STEP/R.F.C.C.", à la boue sèche, au fumier de bovin et à l'engrais de synthèse 15, 15, 15, a porté sur la culture de pomme de terre variété "SAMBA" en sol sablo-argilo-limoneux de la vallée de la Medjerda. Le meilleur rendement de 26 T/ha, a été enregistré sur le carré d'essai relatif à l'usage conjoint d'eau usée épurée et de la fumure composite. En outre l'écart de 28 % enregistré entre les rendements obtenus dans les carrés respectivement, irrigués à l'eau usée épurée et l'eau potable, s'expliquerait, dans ces conditions expérimentales, par l'effet du potentiel en nutriments, contenus dans l'eau usée épurée. Au plan éco-environnemental, ces essais ont, aussi révélé que la boue des STEP peuvent, pour le cas de la pomme de terre, permettre une réduction de 20% du coût de l'usage des engrais de synthèse.

Mots clés : expérimentation - sol sablo-argilo-limoneux - fumures composites; eaux potable et usées épurées - pomme de terre.

Summary

The combined use of treated wastewater with composite manure D.M. WWTP /S.C.L.F., dry mud, manure fo bovine and synthetic fertilizer 15, 15, 15, has focused on the cultivation of potato variety "SAMBA" in sandy-clay-silty soil of the valley of the Medjerda. The best yield of 26 T / ha was recorded on the test square for the combined use of treated wastewater and composite manure. Moreover, the 28% difference between the yields obtained in squares respectively, irrigated with purified wastewater and drinking water, could be explained under these experimental conditions, these tests also revealed that the sludge STEP may, in the case of potatoes, allow a 20% reduction in the cost of using synthetic fertilizers

Keywords: experiment - sandy clay loam soil - composite manure - water drinking and treated wastewater - potato

* Auteur correspondant : dhikrane@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

L'objectif de cette contribution, est une approche méthodologique proactive qui permettrait d'atteindre le développement durable, par une gestion intégrée éco-environnementale qu'offrirait la valorisation notamment du mélange dans un rapport ¼ de rebut de ciment calcaire de cimenterie " R.F.C.C" à la boue sèche de STEP "B.S.STEP." [1], ainsi le mélange "B.S.STEP/R.F.C.C" sera considéré dans cette expérimentation comme fumure composite.

En Algérie à l'horizon 2030, les ressources en eau non conventionnelles (eau usée épurée), atteindront un potentiel estimé, pour un taux d'épuration global de 52%, un volume annuel de 762,6 Hm³; ce potentiel d'eau usée épurée, assurerait au même horizon, l'irrigation des superficies de 64000 et 1,07 million d'hectares respectivement sans et avec stockage à 100% [2], ceci générerait pour une densité de 0,33 T/m³ d'eau usée épurée de boue sèche, un potentiel de 80,5 millions de Tonnes de MS/an. [3], A ce titre, la station d'épuration de la ville de Souk-Ahras a produit 30000 m³/j d'eau usée en 2012 et 23500 T/an de boue sèche obtenue sur une superficie de 8712 m² de lits de séchage, puis mise en dépôt sur une aire de 17424 m². [3]. Dans cette prospective l'on s'attachera à présenter les résultats d'un protocole expérimental d'essais sur une culture de pomme de terre pratiquée sur sol alluvionnaire sablo-argilo-limoneux de la vallée de la moyenne Medjerda, localisé dans l'enceinte de la STEP de la ville de Souk Ahras.

2. OBJECTIF

La présente contribution porte sur l'étude expérimentale de la valorisation de l'eau usée épurée (comparée à l'eau potable conjuguée aux fumures de type et d'origine diverse). Les essais expérimentaux de cet usage ont été effectués sur culture de pomme de terre en sol alluvial de texture sablo-argilo limoneuse de fond de vallée de l'Oued Medjerda.

3. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE ET CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

Le site expérimental du sol objet de cette étude est localisé dans l'enceinte de la STEP de la ville de Souk-Ahras se situant aux coordonnées :

Longitude : 36°16,081'N, Latitude : 7°59,703', Altitude : 517 m. (Fig.1)

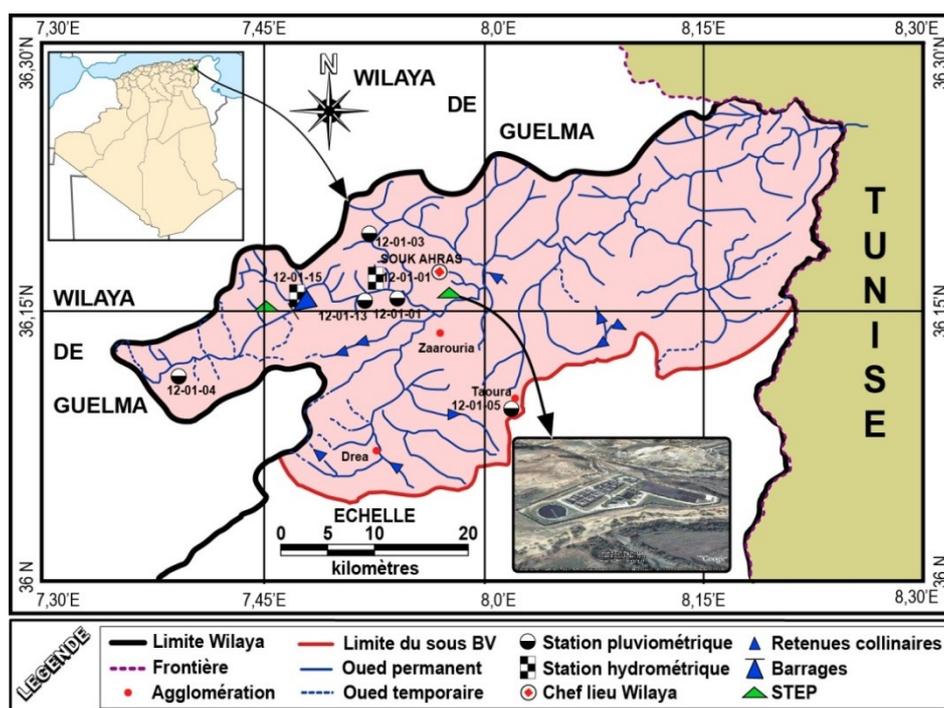


Figure 1 : Localisation géographique et caractéristiques de la zone d'étude [4,5]

Le climat de la zone est caractérisé par deux saisons l'une sèche et chaude s'étendant de Mai à Octobre et l'autre humide allant du mois de Novembre à Avril.

Le diagramme ombrothermique [6] présente les variations moyennes mensuelles des précipitations et des températures enregistrées à la station météorologique de Souk-Ahras (Fig. 2), située aux coordonnées : Latitude : 36.17N, Longitude : 75.74E, Altitude : 635m.

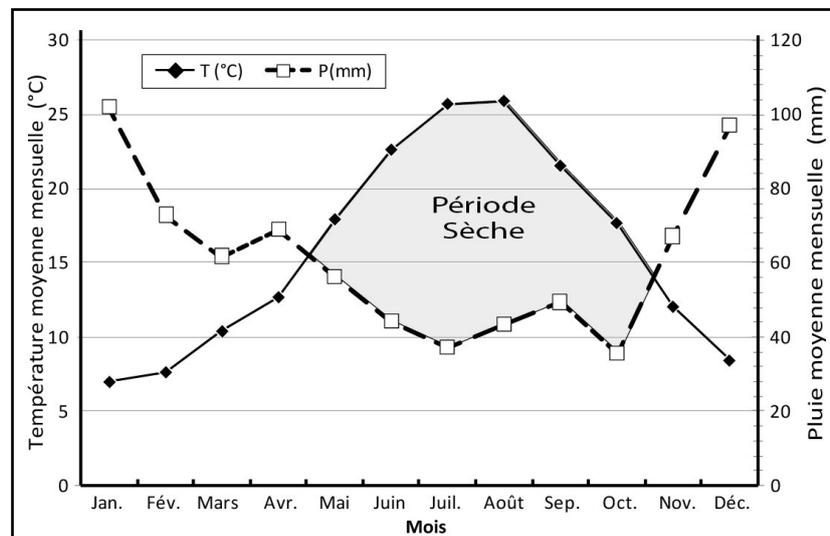


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gassen de la région de Souk-Ahras (Période de 1986-2004)

4. ÉTAT DE L'ART ET CONSIDERATIONS ECO-ENVIRONNEMENTALES DE LA VALORISATION DE L'EAU USEE EPUREE ET BOUE DESHYDRATEE DES STEP

4.1. Recherche bibliographique

A ce titre et à quelques exceptions près, contrairement à l'usage ancestral des fumures d'origine animale, celui de la boue de STEP n'est point, par ignorance, une pratique coutumière chez les agriculteurs algériens. Toutefois, il faut relever les cas de l'usage limité des produits des STEP de : El-Athmania, Hamma Bouziane [7], Tipaza, Staouali [8], Sétif [9], Touggourt [10], Tlemcen [11], alors que par ailleurs, à travers le monde l'usage en agriculture, d'eaux usées épurées et notamment la boue de STEP est législativement réglementé et se pratique à grande échelle Ainsi, en Grande Bretagne les 2/3 de boue produite est recyclé en agriculture [12].

Des travaux ont été entrepris par des chercheurs universitaires algériens [8,11]; des essais expérimentaux ont de ce fait été tentés dans la réutilisation de l'eau usée épurée et de boues de STEP en agriculture, Pomme de terre et courgettes [13]. Les amendements organiques à base de boue résiduaire s'avèrent efficaces eu égard à la production des cultures [13].

Les applications répétées de déchets municipaux et de boue d'épuration constituent un facteur déterminant dans l'amélioration des propriétés physiques des sols [13,14].

Ces déchets contribuent aussi notamment à l'augmentation du taux de matière organique des sols. Toutefois, l'épandage de boue sur le sol et l'irrigation des cultures par l'eau usée épurée de STEP, bien que leur valeur agro-pédologique soit prouvées, restent conditionnés par leur innocuité vis-à-vis du sol et des eaux [13,14] en outre les auteurs de ces références, rapportent que la réutilisation d'eau usée épurée pour l'irrigation et de boue comme fertilisants en agriculture (cultures maraîchères) ne causerait pas de problèmes pour l'homme et l'environnement.

En comparaison à d'autres substrats, l'influence de l'apport de boue de STEP sur les propriétés physiques d'un sol et sur les rendements d'une culture de pomme de terre a été démontrée par Dridi B. [14].

D'après Zearth et al., Su et al. et Warman et al. [15,17], la boue, selon la dose appliquée, peut couvrir, en partie ou en totalité, les besoins des cultures en azote, en phosphore, en magnésium, calcium et en soufre; elles peuvent aussi corriger des carences à l'exception de celle due au potassium. [18].

De nombreuses études ont été faites sur l'épandage de boue d'épuration et l'irrigation par l'eau usée, nous citons pour l'exemple : Bahri A. et Houmane B. [19], qui ont montrés que l'épandage d'eau usée traitée (600 mm) et de boue résiduaire (30 T/MS/ha/an) durant deux années sur un sol sableux a entraîné des variations importantes de la composition chimique du sol. Ces auteurs auraient enregistré une augmentation de la teneur en sels, en éléments fertilisants (N, P, K) et en certains éléments traces (Cu, Pb, Zn).

5. MATERIELS ET METHODES

5.1. Matériels

L'inventaire en est ainsi composé : sol du site, une tarière pédologique, une pioche, une pelle bêche et un sceau pour reconstituer l'échantillon de sol prélevé. Une balance électronique pour les pesées des diverses matières (échantillons de sol, fumures, tubercules de pommes de terre, etc).

5.2. Méthodes

Les paramètres physico-chimiques des échantillons de sols ont été effectués au laboratoire de la société FERTIAL, Annaba

5.3. Essais expérimentaux

5.3.1. Organisation du champ expérimental

Une surface de 30 m² située sur le site de la STEP de la ville de Souk-Ahras (Fig. 3), a été répartie en 10 carrés expérimentaux de 2 m² chacun séparées par un une bande de 0,5 m, répartis en deux lots séparés par une bande de 0,5 m. Un lot est irrigué à l'eau potable (conventionnelle) l'autre l'est à l'eau usée épurée (Fig. 4).

Chaque carré est planté, sur deux lignes (billons) espacées d'environ 56 cm, à raison de 3 tubercules/ligne espacés de 35 cm. (soit 6 Tubercules de poids unitaire moyen 500g/carré (Soit une densité 25 qx/ha).



Figure 3 : Photo du site de plantation (13 mai 2013), dans l'enceinte de la STEP de la ville de Souk Ahras [5]

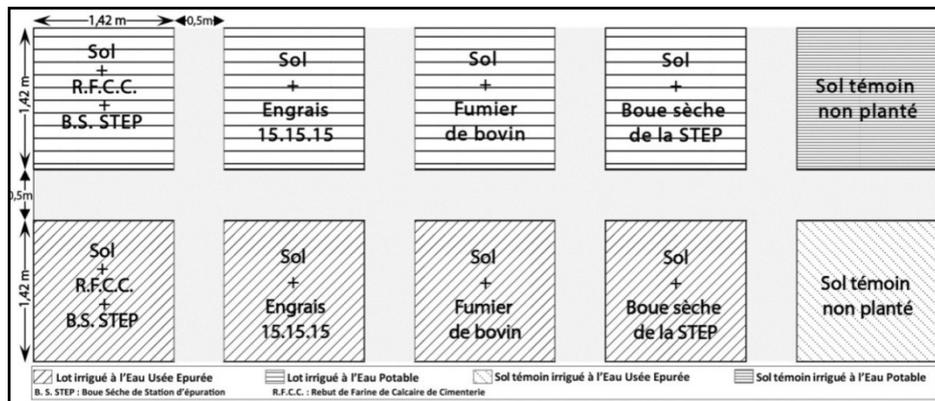


Figure 4 : Disposition des lots et carrés d'essais expérimentaux

La variété de pomme de terre "Samba", originaire de la France et sélectionnée à Souk Ahras (Algérie), a été retenue pour l'expérimentation. Les différentes fumures (Tab. 1), d'un poids de 300g, sont uniformément réparties dans un réduit de fossé de profondeur 15 cm creusé d'une part, selon l'axe des deux lignes des carrés d'essai et d'autre part, entre les carrés d'essai.

Tableau 1: Type et origine de la fumure appliquée à chaque carré des deux lots Irrigués à l'eau potable et l'eau usée épurée

Carré 1	Carré 2	Carré 3	Carré 4	Carré témoins
B.S.STEP + R.F.C.C.: fumure composite : rebut de farine de calcaire de cimenterie	Engrais 15.15.15 : engrais (Société FERTIAL)	Fumier de bovin	Boue sèche de la STEP	Sol témoin non planté

Les tubercules de pomme de terre y sont alors plantés à 36 cm d'intervalle, puis recouverts par le sol en forme de billon. Ainsi chaque carré sera constitué de deux billons de largeur 56 cm et deux sillons de 15 cm de large dont l'un en tête du carré et l'autre séparant les billons (Fig. 5).

Les sillons (ou raies) constituent des réservoirs pour l'eau d'irrigation, distribuée durant le cycle végétatif de la culture, à une fréquence de trois jours.

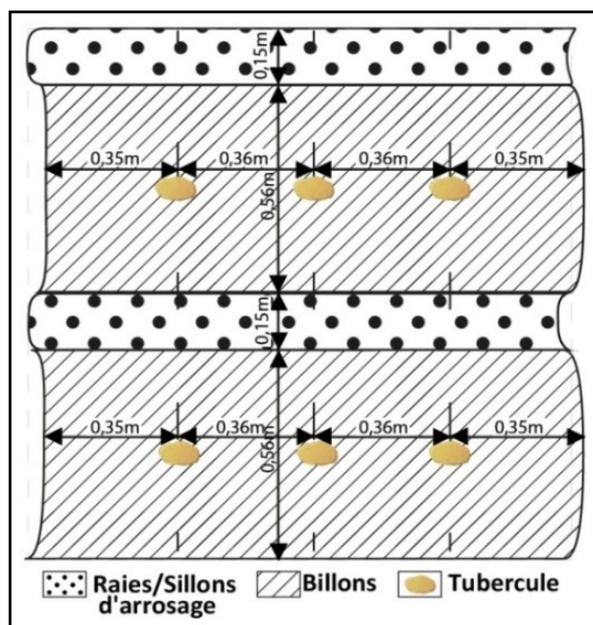


Figure 5 : Schéma de principe d'un carré d'essai

6. RESULTATS ET DISCUSSIONS

6.1. Caractéristiques physico-chimiques du sol du site expérimental

Le sol du site nu avant essai est minéralogiquement constitué de : 36% d'argile, 48% de sable et 16% de limon, il s'agit d'un sol sablo-argilo-limoneux lourd, non salé, à tendance alcaline, avec un drainage interne déficient et une capacité de rétention de l'eau et des engrais très élevée.

Le pH actuel du sol est légèrement alcalin et peut présenter des problèmes d'assimilations des micros nutriments, notons que le pH optimum pour la culture de pomme de terre se situe environ à 6,5 – 7. Le taux de matière organique dans le sol est normal, la réserve de calcaire est faible. La teneur du calcium est très élevée, celle du potassium et magnésium est relativement élevée. La matière organique est normale, par contre le sodium, azote et phosphore ont des teneurs faibles à très faibles (Tab.2) dans le

sol du site qui sera considéré comme témoin dans la suite de l'interprétation des résultats d'analyses obtenus dans les carrés d'essai des deux lots irrigués différemment à l'eau potable et eau usée épurée.

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques du sol du site

Paramètres physico-chimiques			Très Faible	Faible	Normal	Elevé	Très Elevé
Conductivité (1/5 mS/cm)	0,186	Non Salé					
pH eau (1/2,5)	7,58	Alcalin					
	%	p.p.m					
Calcaire total	5,5	55.300					
Matière organique	3,1	31.400					
Azote total	0,1	1.400					
	mé./100gr	p.p.m					
Phosphore assimilable (Olsen)	0,05	16					
Potassium échangeable	1,5	570,3					
Magnésium échangeable	1,2	150,7					
Calcium échangeable	32,5	6528,2					
Sodium échangeable	0,2	55,2					

Source : Bulletin édité le 08.11.11 par le laboratoire, FERTIAL-Annaba

Sur la base de ces résultats le laboratoire de FERTIAL, recommande pour un objectif de 40 T/ha de pomme de terre en vue d'améliorer les propriétés physiques et chimiques de ce sol par :

- L'apport enfoui (avant culture au moins 1 à 2 mois) d'amendement organique sous forme de fumier de ferme bovins laitiers bien décomposée ;
- L'apport d'engrais de fond :
 - Apport de 30 T/ha de fumier de ferme décomposé et de :
 - 30 N(s),
 - 170 P₂O₅,
 - 30 MgO(s).
 - Engrais de couverture : 70 N(s).

Observation : Dans le cadre de cette contribution, les essais ont été effectués sans apport de matière organique ni engrais conseillés plus haut, ce qui se répercutera défavorablement sur les rendements attendus.

6.2. Condition expérimentales et hypothèses d'analyse et d'interprétation des résultats des irrigués

6.2.1. Conditions expérimentales et hypothèses

Le sol, assiette de cette expérimentation est du point de vu structure, considéré comme homogène et isotrope vis-à-vis du comportement hydro dispersif des constituants du sol. Ces conditions suggèrent de traiter les résultats d'une manière globale (holistique); à cet effet l'on prendra les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques des carrés de chacun des deux lots; ces moyennes seront donc analysées comparativement à la situation de départ soit : les caractéristiques du sol du carré témoin arrosé selon le cas à l'eau usée épurée ou l'eau potable.

6.2.2. Interprétation des résultats

Les valeurs des paramètres physico chimiques exposées sur la figure 6 (relatives aux sols témoins non cultivés arrosés respectivement à l'eau potable et à l'eau usée épurée), sont sensiblement identiques, ce qui dénote d'une invariabilité de ces éléments. Les valeurs moyennes sur la figure 6 relatives aux paramètres mesurés des carrés des deux lots, comparées à celles des sols témoins, ne révèlent pas des variations notables ainsi : le sol reste non salin, moyennement basique, les valeurs du potassium et du calcium sont élevées à très élevées; le magnésium et la matière organique sont moyennes, les autres nutriments sont autant que le sodium faibles.

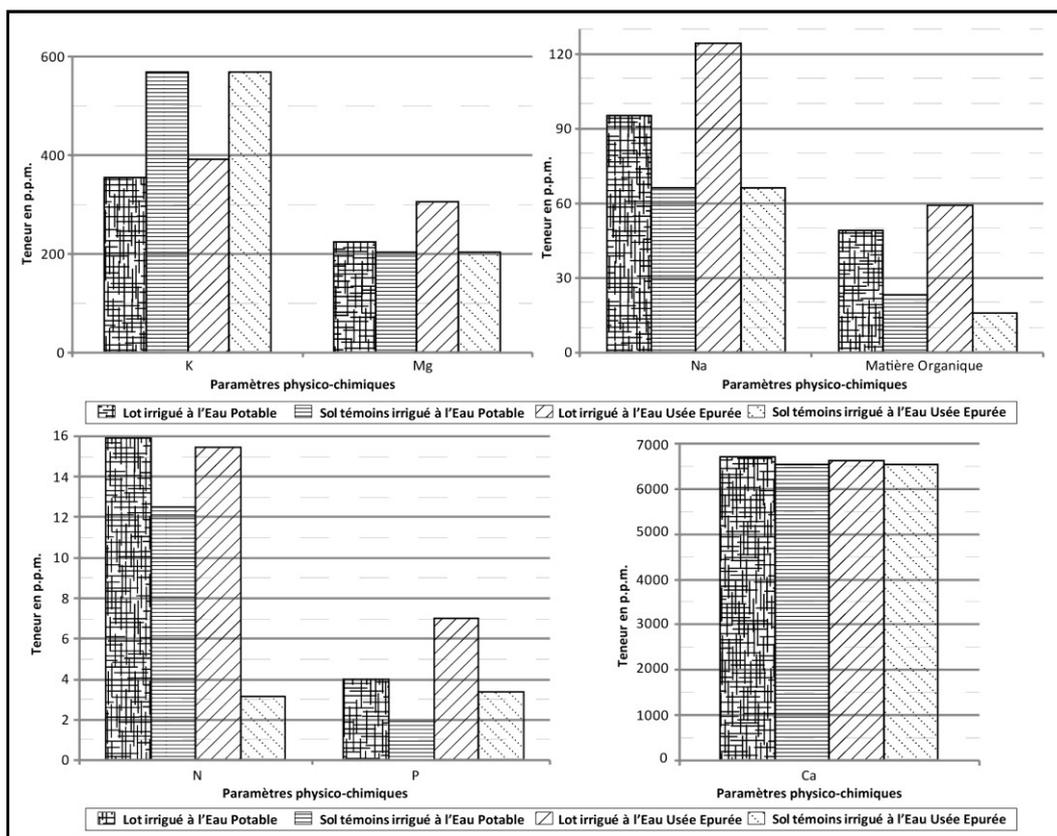


Figure 6 : Teneurs moyennes des paramètres physico-chimiques des carrés du lot irrigué à l'eau potable et à l'eau usée épuré

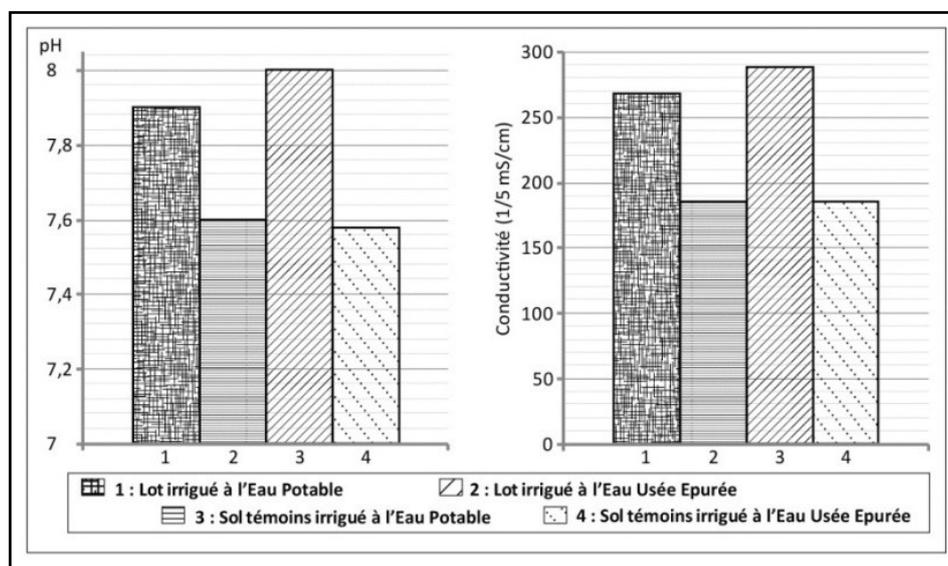


Figure 7 : Potentiel hydrogène (pH) et Conductivité moyens du sol des lots irrigués à l'eau potable et à l'eau usée épurée

Ces résultats suggèrent que la durée de l'essai (cycle végétatif de la Pomme de Terre) 95 jours n'est pas suffisante pour mettre en réaction les relations de l'ensemble "sol-eau-fumure". On assiste dans cette situation, à une action d'homogénéisation des solutions du sol où le pH élevé a favorisé l'inhibition de certains échanges, notamment ceux gouvernés par le calcium et/ou le potassium, à ce titre Bonneau M. et Souchier B [20] notent que : "L'abondance de calcium échangeable pose des problèmes agronomiques importants : tout d'abord l'insolubilisations du phosphore par formation de phosphates calciques insolubles, puis l'insolubilisation du bore et enfin la chlorose ferrique des végétaux correspondant à une insolubilisations du fer en milieu basique".

6.2.3. Analyses et interprétation des rendements

Date de plantation 13/09/2013, surface unitaire 2m²/carré expérimental; nombre de tubercules germés par ligne de semis 3 tubercules; date de récolte le 06/01/2014.

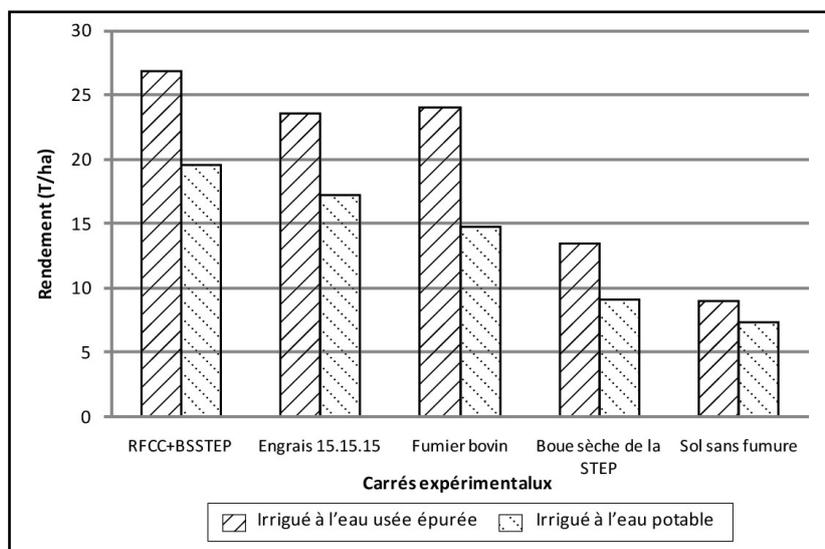


Figure 8 : Rendements de la pomme de terre dans les lots irrigués à l'eau potable et à l'eau usée épurée

Dans les conditions expérimentales sus présentées, le meilleur rendement de 26,8 T/ha, a été enregistré dans le cas de la fumure composite (B.S.STEP/R.F.C.C.) irriguée à l'eau usée épurée.

Ce rendement reste en deçà de l'objectif agro-pédologique prévu de 40 T/ha, étant donné l'absence de la fumure de couverture et du traitement phytosanitaire. Mais il faut souligner que ce rendement est toutefois comparable à la moyenne nationale [20].

Nonobstant cette observation dépendant du bon itinéraire technique, globalement et, en moyenne ces rendements sont de 19,4 et 6,8 T/ha respectivement pour le lot irrigué à l'eau usée épurée et le lot irrigué à l'eau conventionnelle, ainsi un surplus de 28,5% est enregistré à l'avantage du premier lot; ce qui s'expliquerait par le potentiel en nutriments d'eau usée épurée.

Ce résultat a été corroboré par les auteurs Ouanouki B., Abdellaoui N. et Ait Abdallah N. [21]; évoquant dans cette référence "qu'une lame d'eau épurée de 100 mm (1000 m³/ha) apporterait aux cultures selon un mode équivalent à la fertigation : 40 Kg d'Azote minéral et minéralisable/ha, 11 kg de Phosphore assimilable/ha et 28 kg de Potassium/ha".

6. VALORISATION ECO ENVIRONNEMENTALE DE BOUE DE STEP

L'épandage de boue en agriculture pourrait pallier sensiblement aux dépenses liées aux engrais de synthèse très coûteux et polluants. Cet aspect éco-environnemental a été exposé par le bureau d'étude Suisse BG [22], qui, à ce titre estime qu'à des doses agronomiques normalisées, l'épandage des boues de la STEP de Annaba représenterait, pour la pomme de terre, une valeur économique de 37.000 DA/ha, montant estimé sur la base de 10T/an/ha de boue épandable) [22]. En outre l'étude du secteur de la pomme de terre en Algérie [23], a montré, pour un rendement moyen de 26 T/ha (moyenne nationale en Algérie), que les coûts des engrais s'élevaient à 96.800 DA/ha.

Ils représenteraient 16 % du coût total de production de cette culture. Ainsi et à titre comparatif, la boue de STEP [23] offrirait pour la pomme de terre, un gain économique substantiel comparé aux engrais de synthèse de 38,5% (37.000 DA/ha/96.800 DA/ha).

7. CONCLUSION

Sur l'ensemble des deux lots d'essais, les résultats montrent que le sol est homogène non salin, moyennement basique, caractérisé par une teneur très élevée en calcium (CaO) et une teneur élevée du

potassium. La matière organique est moyenne, les teneurs des autres éléments tels le sodium, l'azote, le phosphate sont faibles à très faibles. Le rendement maximum de la pomme de terre de 26 T/ha (moyenne nationale en Algérie) a été enregistré dans le carré irrigué à l'eau usée épurée et ayant reçu la fumure composite (B. S. STEP/R.F.C.C.).

L'application, dans les conditions édictées par la réglementation de l'épandage de boue en agriculture, constitue un intérêt éco environnemental, pouvant permettre la réduction substantielle de 38,5 %, du cout des engrais de synthèse couteux et polluants dont les dépenses peuvent atteindre les 16 % du cout de production de la culture de pomme de terre.

REFERENCES

- [1] Al Kanej Y., Hammar Y., 2013. A New Natural Method for Sewage Sludge Drying of wastewater treatment plant – Case of Algeria, Springer international publishing Switzerland. Desalination and Water Treatment, Volume 57, 2016 - Issue 54, 25985-25990
- [2] PNE, 2010. Les ressources en eaux non conventionnelles, réalisation de l'étude d'actualisation du plan national de l'eau de l'Algérie, Programme MEDA de l'Union Européenne, Europeaid/126155/D/SER/DZ, Rapport Aout 2010, Volet 3. 44.
- [3] ONA, 2013. Etat de production des boues des stations d'épuration en Algérie (année 2012 et 1er semestre 2013).6p.
- [4] ABH, 2001, Les cahiers de l'agence, le bassin versant Medjerda-Mellégue, 2-12
- [5] Google Earth Pro, version 7.1.2.2041, image satellitaire du 22.8.2015
- [6] Emberger, L., 1955. Une classification biogéographique des climats. Nature. Monspl. Série Bot.
- [7] Messahel M., Chabaca M. N., Bahbouh L. S., Benhafid M. S., Mihoubi M. K., Salhi C., 2013. Thème 3 (ENSH Blida) : Gestion des Boues Résiduaire : Valorisation Agricole Et Impact Sur Les Réseaux D'Irrigation (STEP de Tipaza), Rapport Final Projet PNR, ENSH – Blida. 72p
- [8] Tamrabet L., Bouzerzour H., Mekhlouf M., Kribaa M., 2008. "Réponse du blé dur (*Triticum Durum* Desf.) Variété ACSAD 1107 aux apports de boue résiduaire sous climat semi-aride", recherche agronomique n° 22 - Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie, 23-33.
- [9] Idder A., Cheloufi H., Idder T., Mahma S., 2012. Action des boues résiduaire de la station d'épuration des eaux usées de Touggourt (Algérie) sur un sol sableux cultivé, Algerian Journal of Arid Environment vol. 2, n°1, 77-81.
- [10] Kebdani B., Missat L., 2014. Etude de l'influence de type de la fertilisation et l'apport de fumure sur la culture de pomme de terre (*Solanum Tuberosum* L), Mémoire de Master II, Université Abou Bakr BELKAID - Tlemcen, 82p.
- [11] Tamrabet L., 2011. Contribution a l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, Option : Hydraulique, Université HADJ Lakhdar –Batna. 147p.
- [12] Karoune S., 2008. Effets des boues résiduaire sur le développement des semis du chêne liège (*quercus suber* L.), Mémoire de magistère en écologie végétale - Université Mentouri, Constantine. 244p.
- [13] Khaleel R., Reddy K. R., Overcash M. R., 1981. Changes in Soil Physical Properties Due to Organic Waste Applications: A Review, Journal of Environmental Quality, Vol. 10, no. 2, 133-141.
- [14] Dridi B., Zerrouk F., 2000. Apport de boues d'épuration et propriétés d'un sol en Algérie, Cahiers Agricultures. Volume 9, Numéro 1, 69-71.
- [15] Zebarth, B.J., Mcdougall, R., Neilsen, G., Neilsen, D., 2000. Availability of nitrogen from municipal sewage sludge for dryland forage grass. Can. J. Plant Sci. 80, 575–582.
- [16] Sud. C., Wong, J.W.C., Jagadeesan, H., 2004. Implications of rhizospheric heavy metals and nutrients for the growth of alfalfa in sludge amended soil. Chemosphere, 56, 10, 957-965.
- [17] Warman, P.R., Termeer, W.C., 2005. Evaluation of sewage sludge, septic waste and sewage sludge compost applications to corn and forage: Yields and N, P, and K content of crops and soils. Bioressources Technologie, Volume 96, numéro 8, 955-961.
- [18] Amir S., 2005. Contribution a la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost, thèse sciences agronomiques, institut national polytechnique de Toulouse, France. 341p.
- [19] Bahri A. et Houmane B., 1987. Effet de l'épandage des eaux usées traitées et des boues résiduaire sur les caractéristiques d'un sol sableux de Tunisie, Plaisir-France, Association Française pour l'Etude du Sol. Science du Sol 1987 - Vol. 25/4, 267-278.
- [20] Bonneau M., Souchier B., 1979. Pédologie - Constituants et propriétés du sol, édition Masson, p 377.
- [21] Ouanouki B., Abdellaoui N., Ait-Abdallah N., 2009. Application in Agriculture of Treated Wastewater and Sludge from a Treatment Station, "European Journal of Scientific Research, ISSN 1450-216X Vol.27 N°4, 602-619.

- [22] BG Ingénieurs Conseils SA, 2011 : Mission 3 : Étude de réutilisation des eaux usées épurées et des boues stabilisées de la STEP d'Annaba. Lausanne, Suisse, 107 p
- [23] Agrico U.A., 2013. L'Étude du secteur de la pomme de terre en Algérie, Améliorer la culture, la manutention post-récolte et les pratiques de commercialisation de la pomme de terre en Algérie du point de vue néerlandais. 37 p, Site consulté le 25.01.2016 : <http://docplayer.fr/21275852-Etude-du-secteur-de-la-pomme-de-terre-en-algerie.html>

NOMENCLATURE

B.S.STEP: Boue Sèche de STEP,

WWTP: Waste Water Treatment Plant.

D.M. WWTP: Dry Mud of Wastewater Treatment Plant,

FERTIAL : Société des Fertilisants d'Algérie – FERTIAL SPA,

Ha : Hectare,

M.S.: Matières Sèches,

P.N.E. : Plan National de l'Eau,

O.N.A. : Office National d'Assainissement,

R.F.C.C.: Rebut de Farine de Calcaire de Cimenterie,

S.C.L.F.: Scrap of Cement Limestone Flour,

STEP : Station d'Épuration d'Eau Usée,

T: Tonne.