

تقرير عام لمشروع البحث Rapport général du projet PNR

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المديرية العامة للبحث العلمي و التطوير التكنولوجي
Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique

I-Identification du projet:

PNR

Ressources en eau

1-التعريف بالمشروع

Organisme pilote

CRSTA Biskra

Domiciliation du projet :

ENSH Blida

Intitulé du projet

عنوان المشروع

Etude et Valorisation des Eaux Usées épurées en irrigation (cas des périmètres agricoles de la Mitidja)

Chercheurs impliqués dans le projet

أعضاء المشروع و المؤسسة المستخدمة

Nom et prénom الاسم و اللقب	Grade الرتبة	Etablissement employeur المؤسسة المستخدمة	Observation
MESSAHEL Mekki	Prof.	E NSH Blida	
CHABACA Mohamed Nacer	MCA	ENSA el Harrach	
Mme BAHBOUH Leila Souad	MAA	E NSH Blida	
BENHAFID Mohamed Saïd	MAA	E NSH Blida	
MIHOUBI Mustapha Kamel	MCA	E NSH Blida	
SALHI Chahrazed	Ingénieur d'état	ONID	

Déroulement du projet :

Rappeler brièvement les objectifs du projet et les tâches prévues

تذكير مختصر بأهداف المشروع و المهام المسطرة :

Objectifs

- **Mettre en place d'une station d'irrigation dont les cultures sont adaptées aux eaux épurées**
- **Amélioration de la qualité de l'eau et son adaptation à certaines cultures**
- **Adaptation et amélioration des techniques d'irrigation aux exigences de la qualité de l'eau d'irrigation**
- **Elaboration d'un guide de mise en œuvre des procédures de la réutilisation des eaux épurées**

les tâches prévues

- Recherche bibliographique et synthèse de protocole d'étude
- Préparation du terrain et implantation des cultures
- Restitution des résultats expérimentaux
- Analyse et interprétation des résultats de recherche
- Rédaction de la synthèse finale du travail de recherche
- diffusion et publication des résultats et participation aux séminaires nationaux et internationaux
- Elaboration d'un guide au profit des utilisateurs des eaux épurées pour les cultures agricoles

RAPPORT FINAL PROJET PNR

ENSH BLIDA 2012 - 2013

I. THEMATIQUE GENERALE DU PROJET

II. « ETUDE ET VALORISATION DES EAUX USEES EPUREES EN IRRIGATION (CAS DES PERIMETRES AGRICOLES DE LA MITIDJA) »

III.PREAMBULE

En Algérie, les contraintes du climat, la croissance démographique, les transformations économiques et sociales sont à l'origine d'une demande en eau sans cesse croissante. Parallèlement, le recours à l'irrigation est devenu une nécessité, étant donné l'importance du déficit hydrique climatique et l'intensification de l'agriculture. Or, face à ces demandes, les ressources en eau sont rares et insuffisantes. Ainsi, pour satisfaire l'ensemble des besoins en eau du pays et afin de réserver les eaux de bonne qualité à l'alimentation en eau potable, une des solutions serait d'utiliser des eaux de qualité marginale en agriculture. Les ressources en eau en Algérie sont limitées, vulnérables et inégalement réparties. Pour une population de 38 millions d'habitants, les ressources renouvelables

en eau sont de 550 m³/an par habitant. Cette moyenne est très faible comparée à la moyenne des pays du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord qui est de 1250 m³ ou à la moyenne mondiale qui est de 7500 m³. Le seuil de la rareté de l'eau est de 1000 m³/an/habitant, de ce fait, l'Algérie est un pays où l'eau est rare. Dans ces conditions déficitaires en ressources en eau, le secteur de l'agriculture est le plus gros demandeur en eau. Dans ce contexte, l'utilisation des eaux usées épurées est devenue une nécessité et il faut qu'elle fasse partie intégrante de la stratégie de mobilisation de toutes les ressources disponibles. En Algérie, la consommation en eau s'accroît de manière soutenue depuis cette dernière décennie. Cela entraîne aussi un développement de la pollution des eaux qui à son tour si elle n'est pas maîtrisée peut polluer l'environnement et altérer les eaux souterraines. Les eaux polluées rejetées, avoisinent les 900 millions de mètre cube soit environ 20% des eaux superficielles emmagasinées dans les barrages. L'Algérie souffre d'un manque d'eau chronique et toutes les solutions sont envisagées pour en limiter les conséquences. C'est ainsi qu'une politique de mobilisation et d'utilisation des eaux conventionnelles (souterraines et de surface) ainsi que des eaux non conventionnelles (dessalement de l'eau de mer, eaux saumâtres, eaux usées) a été mise en place récemment. Dans le cadre de la gestion des eaux usées épurées, un arsenal juridique pour protéger utilisateurs et gestionnaires a été mis en place. Pour une meilleure protection de l'environnement aquatique, l'eau traitée doit satisfaire certaines normes de rejet; qui sont données dans le tableau 1 par rapport aux respects des normes d'utilisation des eaux épurées et aux risques de contamination par ces eaux épurées. De même, les conditions d'utilisation ces eaux, ont été clairement établies (tableau 2).

Tableau 1. Normes de rejets pour l'irrigation (Normes Algériennes)

Paramètre	unité	Valeurs seuil
Température	°C	< 30
Ph	-	6.5 à 8.5
Oxygène dissout(*)	mg O2/l	> 5
MES	mg/l	< 30
DBO5	mg/l	< 40
DCO	mg/l	< 90
Azote total	mg/l	< 50
Phosphore (PO4)	mg/l	< 02
Huile et graisse	mg/l	< 20
Coliformes fécaux(*)	nombre de CF/100mL	<1000 CF/100Ml

Source : ANRH (ALGER)

Tableau 2. Normes de réutilisation des eaux usées épurées (MRE, 2007 ; JORA, 2012).

Paramètres	Unité	Normes		
		FAO *(1985)	OMS **(1989)	JORA(2012)
pH		6,5-8,4 *		
				6,5-8,5

CE	ds/m	<0,7 * Aucune restriction 0,7 – 3,0 * restriction légère à modérée > 3,0 * Forte restriction	3
MES	mg/l	<30**	30
DCO	mg O ₂ / l	< 40 **	90
DBO₅	mg O ₂ / l	<10 **	30
NO₃⁻	mg/l	50 **	30
NO₂⁻	mg/l	< 1 **	Non disponible
NH₄⁺	mg/l	< 2 **	Non disponible
PO₄³⁻	mg/l	< 0,94 **	Non disponible
SAR	meq/l	<3* Aucune restriction 3-9* restriction légère à modérée >9* Forte restriction	Non disponible
Coliformes totaux	UFC/100ml	Non disponible	Non disponible
Streptocoque fécaux	UFC/100ml	1000 **	Non disponible
Salmonelles	UFC/ 1L	Absence **	Non disponible

Les problèmes qu'entraîne l'utilisation d'une eau de médiocre qualité varient tant en nature qu'en gravité, les plus communes sont les suivantes : Salinité ; perméabilité ; toxicité. Pour le problème de la salinité il faut :

- 1) Choisir des cultures tolérantes à une salinité existante ou éventuelle.
- 2) Prévision et surveillance de la dynamique des sels et de l'évolution des sols sous l'effet de l'irrigation avec une telle eau.
- 3) Irriguer plus fréquemment pour améliorer l'approvisionnement en eau de la culture.
- 4) Appliquer régulièrement un supplément d'eau pour satisfaire le besoin de lessivage.
- 5) Changer de méthode d'irrigation, en adopter une qui permette de mieux lutter contre la salinité.

- 6) Modifier les pratiques culturales.

Pour le problème de la toxicité il faut :

- 1) Arroser plus fréquemment.
- 2) Prévoir un supplément d'eau pour le lessivage.
- 3) En cas de toxicité par le sodium, utiliser des amendements tels que le gypse et le soufre.

La plaine de la Mitidja que nous avons ciblé comme site de notre approche pour une utilisation maîtrisée en irrigation avec les eaux usées traitées, concentre environ 25% de la population totale de l'Algérie ainsi que 5 à 7% des superficies irriguées, le tissu industriel y est très développé avec les zones de Réghaia, Rouïba, Blida, Oued Smar (figure 1).

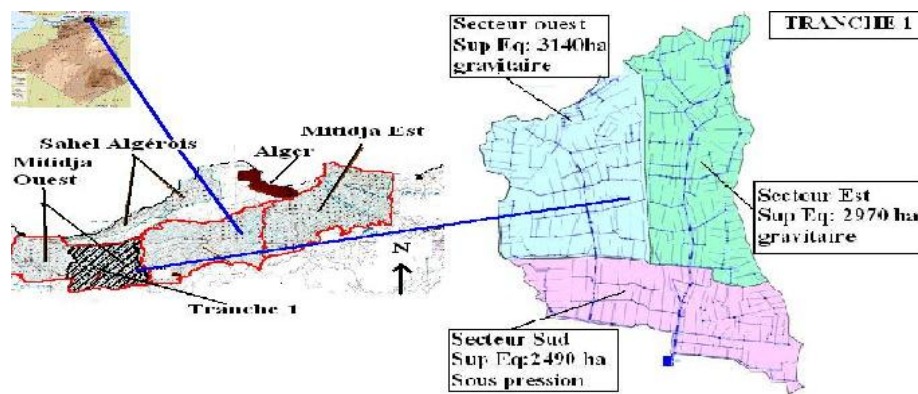


Figure 1. La plaine de la Mitidja

Dans notre approche, nous avons d'abord définis les process de traitement des eaux usées actuellement utilisées en Algérie, le devenir des boues résiduaire qui résultent de ces traitements, ainsi que les effets possibles des eaux usées traitées sur les équipements d'irrigation. Dans la partie qui suit, nous présentons succinctement et brièvement les problématiques, les méthodologies utilisées et les résultats obtenus dans cette approche sur les différents aspects abordés.

IV. DEVELOPPEMENT

LES THEMES ABORDES (niveau ingéniorat)

THEME 1 (ENSH BLIDA)

DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU D'IRRIGATION LOCALISEE SOUS VERGER D'AGRUMES A PARTIR DES EAUX USEES EPUREES DE LA STEP DE HADJOUT (TIPAZA)

Introduction

La réutilisation et le recyclage des eaux usées sont essentiels au développement d'une politique de gestion durable de l'eau et de l'environnement, car ils assurent une ressource alternative durable en eau, la réduction de la pollution de l'environnement et la protection de la santé publique. Il importe par conséquent de savoir utiliser rationnellement toutes les ressources en eau disponibles quelques soient leurs origines.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

Notre zone d'étude est localisée dans la Wilaya de Tipaza, elle est située dans le secteur de la vallée de Nador secteur (IV) du périmètre Sahel Algérois Ouest à environ 65 km à l'Ouest d'Alger (figure 2)

Tableau 6. Moyenne mensuelle de l'évaporation

Mois	janv	fev	mars	Avril	mai	juin	juil	aout	sept	Oct	nov	dec
E (mm)	58,10	73,03	101,85	124,31	159,68	211,25	231,11	207,30	162,38	126,58	76,93	63,84

Source : [ANRH] Blida

La zone de Hadjout jouit d'un climat semi-aride et caractérisé par des hivers chauds.

Les sols sont généralement profonds et leurs contraintes sont d'ordre physico-chimique (hydromorphie, teneurs en calcaire actif élevées). Les conductivités hydrauliques sont très lentes, en particulier dans la tranche de sol 100 – 200 cm de profondeur avec des valeurs de K de quelques dixièmes de cm seulement. Les valeurs de vitesse d'infiltration obtenues sont faibles à moyenne soit 1, 8 à 12,3 cm/h.

Ressources en eau usées épurées

La station d'épuration des eaux usées urbaines de Hadjout (Willaya de Tipaza) de type boue activée à faible charge, est située au nord-est de l'agglomération de Hadjout à 2 kilomètre de la ville de Hadjout dans la zone industrielle. Elle est destinée à épurer les eaux résiduaires avant rejet dans l'oued Bourkika, cette station prend en charge les rejets des villes de Hadjout, Meurad, et Arahaba. La construction et la mise en place des équipements de cette dernière permettent d'épurer les eaux usées résultants d'une population de 70.000 équivalents-habitants. Les charges hydrauliques sont représentées dans les tableaux 7 et 8.

Tableau 7. Données de la charge Hydraulique

	A l'horizon 2010	A l'horizon 2020
Débit journalier	11 200 m ³ /j	16 800 m ³ /j
Débit horaire moyen	467 m ³ /h	700 m ³ /h
Débit de pointe	803 m ³ /h	1 176 m ³ /h

Source : STEP de Hadjout

Tableau 8. Rendement d'élimination.

paramètres chimiques	MES kg/j	DBO-5 kg/j	DCO kg/j
Rendement (%)	94	97,7	92,9

Source : STEP de HADJOUT.2012

Le traitement effectué par la STEP de Hadjout est efficace (rendement de l'ordre de 90%), et les normes de rejets sont respectées.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses conditions du périmètre d'étude, nous avons tenu compte :

- De la vocation agro-alimentaire de la région.

- Du choix des services agricoles de la wilaya qui tendent vers la diversification et l'intensification des cultures pratiquées dans la région.
- D'un aperçu sommaire sur les qualifications de la main d'œuvre actuelle dans la conduite des cultures envisagées.
- Des disponibilités des moyens de production.
- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs.

Les cultures retenues doivent présenter une combinaison harmonieuse entre elles afin de bien conditionner la réussite technique et financière de notre système de culture. La répartition culturale, les besoins totaux en eau pour ces cultures, sont représentés dans les tableaux 9 et 10.

Tableau 9. Surface occupée par les différentes cultures

Type des Cultures	Surface occupée (ha)
tomate	20,12
pomme de terre	30,12
blé	21,11
orge	25,12
Maïs fourrager	14,34
Agrumes	90,12
Vignes	85,12
Pêcher	39,6
Olivier	11,35
surface totale	333

Tableau 10. Récapitulatif des besoins totaux en eau pour toute la surface de la culture

Cultures	Surface occupée	besoins nets (m ³)	Efficiencie	Besoins bruts (m3)
Blé	21,11	30256.96	0.75	40342.6133
Orge	25,12	36172.8	0.75	48230.4
Tomate	20,12	128212.69	0.75	170950.253
pomme de terre	30,12	117248.12	0.75	156330.827
Maïs fourrager	14,34	38839.89	0.75	51786.52

Agrumes	90,12	526742.39	0.75	702323.187
Vignes	85,12	514150.33	0.75	685533.773
Pêcher	39,6	221482. 8	0.75	295310.4
Olivier	11,35	69561.88	0.75	92749.1733
Besoins en eaux totaux (m3)		1682667.86		2243557.15

Le mode d'arrosage qui nous intéresse dans notre étude est l'irrigation localisée (micro irrigation ou goutte à goutte).

Résultats

Dimensionnement d'un îlot type : Pour le choix de l'îlot, on choisit celui qui présente le plus de contraintes à savoir le plus éloigné par rapport à la source principale et le plus haut placé sur le plan topographique.

Chaque îlot sera desservi par une prise d'irrigation depuis le réseau de distribution. La prise sera toujours située sur la limite de l'îlot, sur le côté amont ; dans le cas de petites surfaces et au centre dans le cas de grandes parcelles.

Les classes de taille de l'îlot ainsi que les débits d'équipements sont indiqués dans le tableau 11.

Tableau 11. Débits normalisés des prises

Taille de l'îlot S (ha)	Débit d'équipement de la prise (l/s)
$S \leq 15$	15
$15 < S \leq 20$	20
$20 < S \leq 25$	25
$25 < S \leq 30$	30

Données générales

Cultures: Orange (espacement 5 m * 5 m)

Caractéristique de la ressource en eau : Eau usée épurée de la station d'épuration de Hadjout

Caractéristique des goutteurs : Débit nominal 4 l/h ; Pression nominale 10 mce ; Espacement des goutteurs 1m

Caractéristiques des conditions climatiques : Besoins en eau journaliers pour le mois de pointe (7,21mm/j)

Conditions de travail : Une irrigation journalière ; temps maximum journalier de travail 16h/24h

Surface totale à irriguer : 7,56 ha

Débit maximum journalier =10, 13 l/s

Besoins d'irrigation bruts B_{brut} : 6,02 mm

Fréquence d'arrosage : 11 jours

Durée d'arrosage: 3 h/jour

Nombre de postes : 6

Choix des goutteurs dans notre zone d'étude la densité des cultures : 2 goutteurs de débit de 4l/s/arbre

Nombre des goutteurs : 1008

Nombre de rampes : 24

Bibliographie

[1] **KOLAI, D. (2012)** Cours réutilisation des eaux usées 5eme année, ENSH, Blida.

[2] **BULLETIN DE FAO N°36 (1983)** l'irrigation localisée, calcul, mise en place, exploitation, contrôle du fonctionnement, FAO. Rome ;

[3] **MESSAHEL, MEKKI. (1988)** Irrigation goutte à goutte (Régime d'irrigation) Edition O.P.U. Alger ;

[4] **Mme AZIEZ, O. (2011)** Cours irrigation 4eme année, ENSH, Blida.

[5] **JEAN ROBERT, TIERCELIN. (1978)** Traité d'irrigation, technique et documentation .France,

[6] **KHALFI, Ahmed. (2011)** dimensionnement d'un réseau de distribution

Destiné à l'irrigation du périmètre de la commune de TIPAZA a partir des eaux usées épurées des STEP de HADJOUT et de TIPAZA. Mémoire fin d'étude.

THEME 2 (ENSH BLIDA)

DIAGNOSTIC DES INDICATEURS DE PERFORMANCES HYDRAULIQUES EN IRRIGATION LOCALISEE A PARTIR DES EAUX USEES EPUREES DE LA STEP DE HAJOUT (W.TIPAZA)

Introduction

Pour permettre de couvrir les différents aspects de la réutilisation, il convient de préciser la faisabilité de la réutilisation. Certaines questions, d'ordre agronomique et sanitaire, demandent à être maîtrisées afin de prévenir les risques de pollution et de contamination qui peuvent limiter cette utilisation à grande échelle et à long terme. L'utilisation de ces eaux usées épurées à grande échelle et à long terme sur des terres agricoles nécessite qu'on précise les conditions pour la rendre optimale. Il s'agit entre autres d'élargir la gamme des cultures utilisées, d'adapter les systèmes d'irrigation à la qualité des effluents et à la culture irriguée et d'ajuster la fertilisation aux besoins des cultures. Dans le présent travail, nous nous intéressons à la question de la performance de l'irrigation en étudiant une exploitation agricole dans la Mitidja ouest. Cette plaine, vu son histoire et son haut potentiel productif, constitue depuis longtemps un important pourvoyeur de produits agricoles non seulement pour la capitale, mais aussi pour les autres régions du pays.

En abordant ce travail, trois objectifs principaux étaient fixés :

- ◆ Evaluation des dispositifs de réutilisation des eaux usées épurées en agriculture dans la Mitidja ouest ;
- ◆ de dégager les indicateurs de performances de l'exploitation et les systèmes d'irrigation utilisés ;
- ◆ Faire une comparaison entre la pratique des irrigants et les normes recommandées.

L'exploitation étudiée

La région faisant l'objet de notre étude est localisée dans la Wilaya de Tipaza, est située dans la vallée de l'oued Nador « secteur IV » du périmètre Sahel Algérois Ouest à environ 60 km à l'Ouest d'Alger. Notre étude a été réalisée dans une parcelle qui couvre une superficie de 3,6 ha d'haricot vert irrigué en goutte-à-goutte par les eaux épurées. Les coordonnées de l'exploitation sont: Latitude: 36° 34' 19" N. Longitude: 02° 24' 11" E. Altitude: 10 m.

Les caractéristiques du sol de notre parcelle sont indiquées dans le tableau 12.

Tableau 12. Analyse granulométrique de la parcelle

Profondeur (cm)	0-30	30-60	60-90
Argile %	25.72	19.2	18.5
Limon fin %	28.02	42.58	32.5
Limon grossier %	33.46	34.1	41.51
Sable fin %	9.97	3.24	6.88
Sable grossier %	3.01	0.88	0.61

D'après le triangle des textures ce sol est limono-argileux.

La ressource en eau utilisée pour l'irrigation dans notre parcelle provient d'oued Nador qui est alimenté par les eaux usées épurées de la STEP de Hadjout. Débit de pointe 0,129 m³/s

La culture en place dans l'exploitation est une parcelle de haricot vert de 3,6 ha (Figure 3), Espacement 0,4 m* 0,75 m ; équipée d'une installation d'irrigation par goutte à goutte.



Figure 3. La culture en place dans l'exploitation.

Les besoins en eau de la culture sont présentés dans le tableau 13, les valeurs de l'ETM sont présentées dans la figure 4. Le mois de pointe est de celui de juin avec des besoins évalués à : 13086 m³/ha/mois.

Les besoins totaux sur l'ensemble de la campagne sont évalués dans le tableau 14.

Tableau 13. Besoins en eau de l'haricot vert

mois	décade	phase	ET0	Kc	ETM	ETM	Peff	RFU	Besoin net (mm/mois)
			(mm/j)	(coef)	(mm/j)	(mm/mois)			
mars	1	Init	3,26	0,35	1,141	35,21	30,75	42	0,00
	2	Init	3,26	0,35	1,141				
	3	In/De	3,26	0,36	1,174				
avril	1	Deve	3,5	0,47	1,65	92,4	27,46	37,54	27,40
	2	Deve	3,5	0,68	2,38				
	3	Deve	3,5	0,88	3,08				
mai	1	De/Mi	3,66	1,07	3,916	127,37	17,02	0	110,35
	2	Mid	3,66	1,16	4,25				
	3	Mid	3,66	1,16	4,25				
juin	1	Mi/Lt	4,15	1,15	4,77	134,46	3,6	0	130,86
	2	Late	4,15	1,08	4,48				
	3	Late	4,15	0,96	3,98				
Totale							78,83		268,61

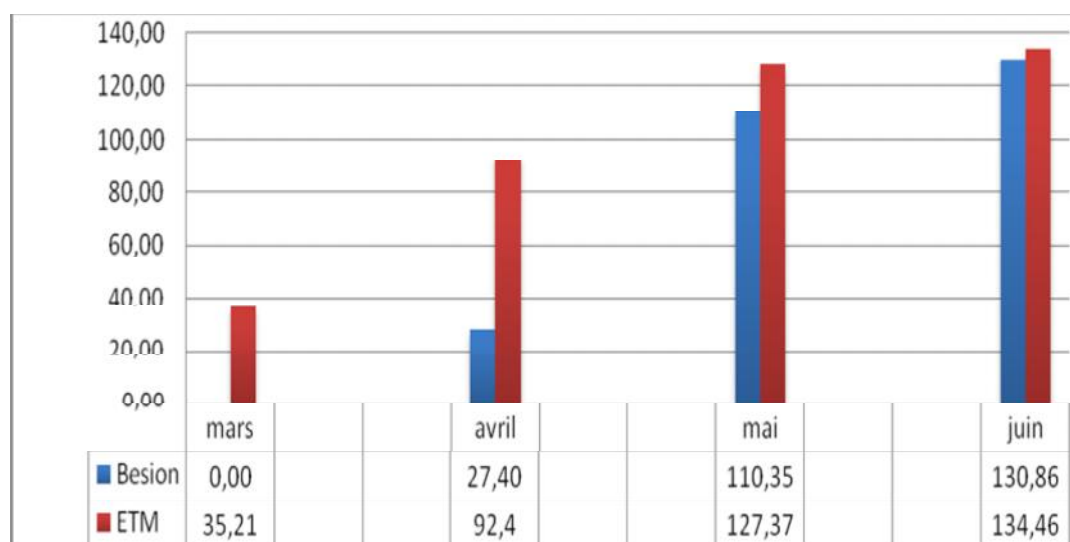


Figure 4. Représente l'ETM et les besoins d'irrigations

Tableau 14. Tableau récapitulatif des besoins totaux en eau.

Cultures	Superficie ha	B _{nets} mm	B _{nets} m ³ /ha	B _{nets} Totaux m ³	Efficiencie %	B _{bruts} m ³ /ha	B _{bruts} Totaux m ³
Haricot vert	3,6	130,86	1308,6	4710,96	0,75	1744,8	6281,28

Le réseau d'irrigation est alimenté par l'oued, il distribue l'eau vers la parcelle à irriguer par une motopompe 2600 tr/min composée de deux turbines. Les équipements : absence d'un bassin de stockage ; de la station de tête ; d'un régulateur de pression, d'un régulateur de débit ; d'un manomètre. La canalisation principale est en polyéthylène de diamètre 80 mm et de longueur 250 m ; elle alimente le porte-rampe dont le diamètre est de 70 mm et la longueur de 120 m. La répartition de l'eau dans les rangs de la culture d'haricot se fait par des gaines en plastique souple avec goutteurs incorporés de diamètre 16 mm ; écartement entre goutteurs 11 cm. et de longueur de 80 m (figure 5).

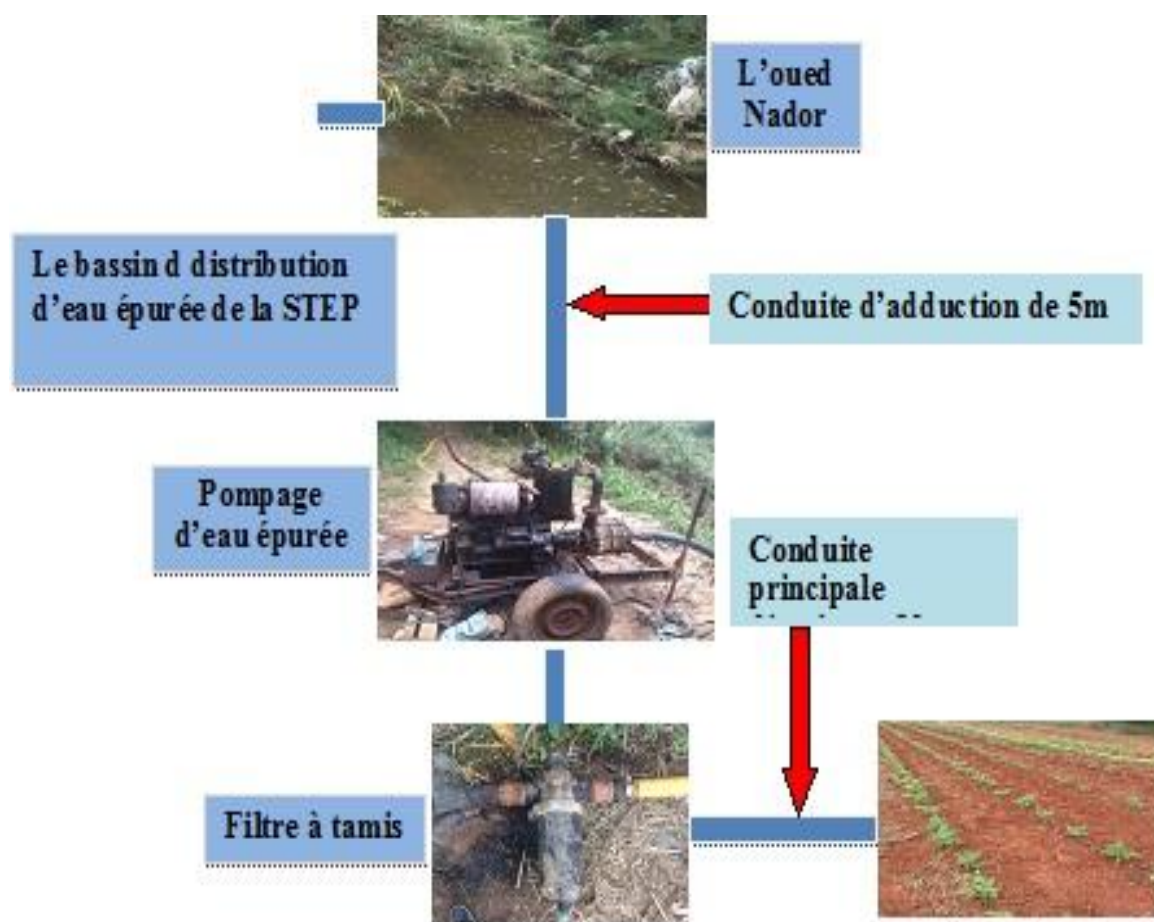


Figure 5. Schéma représentatif du réseau d'irrigation localisée de la parcelle

RESULTATS

Temps de remplissage du réseau : 52 min et 3 s.

Débit moyen mesuré d'un goutteur : 1,12 l/h (débit fabricant : 1,6 l/h)

Coefficient d'uniformité : 59,07% (faible)

Débit de la rampe : 121 263,6 l/h

Débit linéaire : 7,38 l/h (constructeur 1,9 à 7,5 l/h)

Pression en bout de rampe sur 5 rampes : (entre 1,45 et 0,44 bars)

Taux de colmatage au niveau des goutteurs : 47,2% (taux pour les eaux conventionnelles : 20%)

Tableau 15. Comparaison entre les paramètres mesurés et les normes

Paramètres	Mesurés	Normes
Débit du goutteur (l/h)	1,112	2 selon Constructeur
Débit linéaire (l/h/m)	7,38	1 à 8 selon Constructeur
Pression manométrique (bar)	1,68 – 0,30	0,55 (Constructeur)
Uniformité de distribution (%)	59,07	70 % (Cemagref)
Taux d'obstruction (%)	47,2	/

L'efficacité d'application : 30%

L'efficacité d'application est un indicateur de performance (30%) est loin de la norme 80-90%, ce qui montre une mauvaise application de l'irrigation et l'irrationalité dans la gestion de cette eau d'irrigation.

Les besoins d'irrigation de l'haricot vert tels qu'estimés par Cropwat.8, sont de 2686,1 m³ /ha ; et sur le terrain, nous avons calculé ces besoins sur la base de la mesure effectuée à 2280,8 m³ /ha, ceci s'explique par la non-maitrise de la dose nécessaire et de la pratique d'irrigation par l'agriculteur peu performante malgré que l'eau est fournie gratuitement par la STEP.

Conclusion

L'évaluation des performances de l'irrigation par goutte à goutte a permis d'analyser l'impact de l'utilisation des eaux usées épurées sur le système d'irrigation et d'après les résultats obtenus précédemment on peut en conclure que la performance de l'irrigation est faible.

A cet effet, nous recommandons ce qui suit :

- ✓ Acquisition de station de tête complète à installer au niveau des parcelles;
- ✓ La nécessité d'installation de filtres efficaces pour réduire le taux de colmatage ;
- ✓ L'importance de mettre à disposition des agriculteurs du personnel qualifié et spécialisé dans les différents domaines de l'agronomie pour qu'ils puissent améliorer leurs rendements.

Bibliographie

[1] **ADEME. (1994).** Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, École nationale vétérinaire de Nantes, ministère de l'Agriculture et de la Pêche, **ENSP.** École nationale de la santé publique, Les germes pathogènes dans les boues résiduelles des stations d'épuration

urbaines, Guide et cahiers techniques, Connaitre pour agir, p 89

[2] **BECHAC, J.BOUTIN, P, MERCIER, B PN. (1984),** traitement des eaux usées. Eyrolles paris, p 101

[3] **BAHBOUH, L, S. (2011).** Cours d'irrigation 5^{ème} année, cours agro-pédologie 3^{ème} année, ENSH

[4] **M.R.E. (2007).** Etude de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national. Mission 4, Norme de réutilisation des eaux usées épurées **BRISAUD.** Université de Montpellier ;

[5] **ONA.** Office nationale d'assainissement, unité de Hadjout

[6] **ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE. (1989).** Rapport d'un groupe scientifique de l'OMS. Genève, série 778

[7] **KOLIAI, D. (2012).** Cours de la réutilisation des eaux usées 5^{ème} année, ENSH

[8] **CHABACA M.N. MERABET B. (2007).** Analyse technique de la pratique de l'irrigation sur quelques exploitations de la Mitidja ouest. p 6 – 7

[9] **TAMRABET, L. (2011).** Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraîchage, Thèse de Doctorat en sciences. Université Hadj Lakhdar, Batna. p 16.

THEME 3 (ENSH BLIDA)

GESTION DES BOUES RESIDUAIRES : VALORISATION AGRICOLE ET IMPACT SUR LES RESEAUX D'IRRIGATION (STEP DE TIPAZA)

INTRODUCTION

Si au début du siècle, les eaux usées étaient peu chargées en polluants chimiques, le développement de l'industrie et de la consommation des ménages dans les années 60 a contribué à l'enrichissement des eaux usées en polluants organiques et inorganiques. Bien que les boues d'épuration soient aujourd'hui considérées comme des déchets par la nouvelle réglementation, elles présentent un intérêt agronomique réel du fait de la présence de matière organique, d'azote et de phosphore et d'un rapport carbone/azote favorable. Mais pour valoriser des boues, il faut à la fois respecter l'environnement, rechercher le coût le plus faible possible et la solution technique la plus satisfaisante. Les boues représentent un apport de matière fertilisante très bon marché en comparaison avec les engrais chimiques. En France les boues sont généralement cédées gratuitement. Ce faible coût constitue un atout majeur de cette pratique.

Par leur composition, les boues une fois épandues contribuent au rendement des cultures. Elles contiennent des nutriments pour les cultures et servent d'amendement organique et calcique pour améliorer les propriétés physiques et chimiques du sol, surtout si elles sont chaulées ou compostées. Des micro-organismes présents dans le sol dégradent en partie les matières organiques apportées par les boues et les transforment en éléments minéraux disponibles pour la plante. Une autre partie des matières organiques est incorporée au sol et contribue à l'entretien d'une structure favorable au développement des racines. Les quantités épandues doivent rester compatibles avec les besoins des cultures en éléments minéraux. Dans ce cadre, on appliquera une gestion raisonnée de la fertilisation en se référant en particulier à la méthode du bilan. La qualité des boues urbaines en éléments traces métalliques s'est largement améliorée pendant les 20 dernières années et est généralement en dessous

des seuils réglementaires. Les niveaux de contamination sont généralement en dessous des seuils réglementaires.

PROBLEMATIQUE

Le recyclage des boues d'épuration

Il existe trois voies de recyclage des boues d'épuration : La valorisation agricole ; l'oxydation thermique ; la mise en décharge. Dans notre cas on s'intéresse à la valorisation agricole. La valorisation agricole est confrontée à la concurrence des sous-produits de l'agriculture: les déjections animales et les sous-produits des industries agroalimentaires provenant des filières de transformation animale et végétale. Aucune donnée scientifique ou écologique ne permet de privilégier la biomasse d'origine agricole par rapport aux matières organiques urbaines cependant, les boues urbaines, posent de gros problèmes quant à leur utilisation en agriculture et leurs débouchés. Les boues résiduelles, produits ultimes de l'assainissement de l'eau, sont sources de mauvaises odeurs. C'est l'épandage de boues liquides qui est le plus malodorant, un enfouissement de quelques centimètres lors de l'épandage permet de pallier ce désagrément. Le compostage est un moyen de maîtrise des odeurs et de changer les gadoues en de conventionnels terreaux. Il est à noter que comparativement à l'épandage des déjections animales, les effluves malodorants dus aux boues sont minimes. Les Etats de l'Union Européenne interdisent l'utilisation de boues sur les herbages 30 jours avant le pâturage. Pour les cultures maraîchères, il est interdit d'épandre pendant toute la période de culture. Sur les sols destinés à la culture maraîchère ainsi que pour la production de fruits et légumes consommés à l'état cru, il est interdit d'épandre 18 mois avant la mise en culture (normes françaises).

Modes d'exposition spécifiques à l'épandage :

- Ingestion de produits animaux et végétaux dans lesquels des polluants se sont bio-accumulés
- Inhalation, c'est une voie d'exposition professionnelle, dont les risques sanitaires sont placés sous le contrôle de la médecine du travail
- Contact cutané avec les boues. Le taux de pénétration cutanée du produit toxique dépend du niveau de pollution du sol, de la quantité déposée sur la peau, du temps de contact et surtout de la liposolubilité du polluant. Ce dernier facteur, extrêmement important dans la diffusion transcutanée fait que pour les métaux, cette voie semble négligeable comparativement à la diffusion des polluants organiques dont certains sont très liposolubles
- Ingestion d'eau souterraine et de surface contaminées par percolation.

Risques environnementaux :

Jusqu'à tout récemment, la plupart des études sur la dynamique des éléments traces métalliques apportés par épandage de boues dans les sols, avait pour objectif les transferts sol / plante et pour finalité les risques de contamination de la chaîne alimentaire. C'est pourquoi on dispose de peu de données publiées. Dans la mesure où les ETM apportés au sol s'accumulent ou sont à nouveau recyclés dans le milieu, à long terme, seule leur élimination à la source permet de les soustraire de ce cycle.

MATERIEL ET METHODES

En Algérie et selon une enquête faite par le bureau d'étude EEC edil portant sur l'état des stations d'épuration urbaines et industrielles en exploitation et en projet, la capacité totale des stations d'épuration s'élève à 14 332 110 Equivalents-Habitants et rapporte que ce chiffre peut atteindre le nombre de 15 000 000 Equivalents-Habitants, vu que la capacité de plusieurs stations n'est pas encore arrêtée (en phase d'étude préliminaire), ce qui vaut une production de 273 750 tonnes de MS/an (EDIL Inf-EAU, 1996). Les boues urbaines représentent moins de 2%des déchets épandus pour enrichir le sol à des fins agronomiques en remplacement de la fertilisation chimique et

organique des sols ; alors que les déjections animales en représentent 94%. Toutefois, le recours à d'autres fertilisants induits aussi des polluants dans les sols sans que cela ne suscite, outre mesure, de polémiques.

Remarque : la plus part des chiffres et réglementations sont français ou européens. Et en Algérie, généralement on applique les réglementations françaises. En ce qui concerne l'épandage en Algérie il est presque nul.

L'utilisation des boues d'épuration dans le domaine agricole est une nécessité; il n'existe pas en effet aujourd'hui, et probablement pour la décennie prochaine, d'alternative crédible si on prend en compte d'une part les nuisances pour l'homme et son environnement et d'autre part le coût pour la société de la destruction des quelques milliers de tonnes de matière sèche produites en Algérie, d'autant que la production de boues d'épuration pourrait augmenter. Et pour l'agriculteur elles constituent une matière fertilisante particulièrement bon marché.

Nous avons choisit comme site pour aborder le problème des boues résiduaire en Algérie, la STEP de Tipaza. La zone d'étude est localisée dans la Wilaya de Tipaza, elle est située dans le secteur de la vallée de Nador secteur (IV) du périmètre Sahel Algérois Ouest à environ 65 km à l'Ouest d'Alger.

RESULTATS

Dans notre cas on choisit la norme française (NFU 44-041). Suite au bulletin d'analyse qui a été remis du laboratoire Régional Centre (ONEDD) concernant les analyses des trois échantillons de boue (STEP: Tipaza, Hadjout et Kolea) et leurs mesures en teneur en éléments traces (Plomb et Mercure), les résultats obtenus sont conformes à la norme française (NFU 44-041), sachant que les normes sont : Plomb (Pb)= 800 mg/kg ; Mercure (Hg)=10 mg/kg.

Le tableau 16 .Représente les teneurs en Hg et Pb des boues produites par les différentes STEP de Tipaza :

Tableau 16. Teneur en Hg et Pb des boues des différentes STEP de Tipaza

Paramètres	Unites	Résultats			Normes
		Step Hadjout	Step Kolea	Step Tipaza	
Hg	Mg/kg	0.92	0.96	0.17	ISO:5666:1999
Pb	Mg/kg	140	177	58.5	ISO:8288:1986

Source: STEP de TIPAZA 2013

Pour les autres teneurs en éléments traces pour la STEP de Tipaza, les résultats sont dans le tableau 17

Tableau 17. Teneurs en ETM des boues de la STEP de Tipaza

Paramètres mesures au laboratoire	Résultats	Norme NFU 44-041
Cadmium mg/kg	0.47	20
Chrome mg/kg	6.73	1000
Cuivre mg/kg	30.53	1000

Nickel mg/kg	11.06	200
Zinc mg/kg	133.66	3000
Chrome+Cuivre+Nickel+Zinc mg/kg	181.98	4000
Plomb(Pb) mg/kg	58.5	800
Mercure (Hg) mg/kg	0.17	10

Source: STEP de Tipaza 2013

La Valorisation Agricole : Les effets bénéfiques de l'utilisation des boues dans l'agriculture ont été prouvés par de nombreux chercheurs. En effet, leur application améliore les propriétés physique, chimique et biologique du sol (Korboulewsky et al., 2001 ; White et al., 1997 in Bozkurt et Yartilgaç ,2003), qui se traduit par une augmentation de la biomasse et du rendement des plantes : pommiers (Bozkurt et Yartilgaç ,2003 ;) ; blé hivernal (Chang et al., 1982a); sorgho et du millet (Sabey et Hart 1975) ; maïs (N'Dayegamiye et al., 2004). Masoni et al. (2002) ont aussi démontré l'aspect positif des boues issues de l'industrie vinicole dans l'amélioration du rendement du blé d'hiver. Ait Hamou et Hermouche (1997) ont travaillé sur une boue urbaine digérée et ont pu mettre en évidence son action fertilisante et ont montré que l'effet des boues se manifestait et se caractérisait par des résultats avoisinants au fumier de ferme sur le rendement et la qualité des tubercules de pomme de terre. Debba (2005) qui a utilisé des boues résiduelles lagunées et des boues de produits laitiers a montré que les rendements des parcelles ayant subi les traitements de boues peuvent atteindre le double des parcelles témoins. Les deux contraintes majeures qui doivent être gérées, lorsqu'on opte pour une valorisation agricole des boues, sont les ETM et les pathogènes. Des risques sanitaires liés à la présence de germes pathogènes sont également à prendre en considération, même si ceux-ci demeurent faibles, surtout pour les produits qui ont été préalablement compostés ou déshydratés. En outre, le pouvoir épurateur du sol a ses limites. Malgré le danger immédiat qui peut être causé par les pathogènes, ils demeurent plus maîtrisables que les problèmes liés aux ETM (Souidi, 2005).

Bibliographie

- [1] **BECHAC.J, BOUTIN.P, MERCIER.B, BUER.P(1984)-** Traitement des eaux usées. P1-9.
- [2] **ECOSSE D. (2001)**, Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mém. D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, Amiens. P15, 17, 21,26.
- [3] **KOLIAL.D 2012/20130**, Cours de la réutilisation des eaux usées épurées 5^{ème} Année.
- [4] **LAZAROVA.V(1998)**, (CIRSEE - Lyonnaise des Eaux) et « La réutilisation des eaux usées » ; « L'eau, l'industrie, les nuisances ».P3-17.
- [5] **Mohand-said OUALI**, Cours de procédés unitaire biologique et traitement des eaux, 200, Edition OPU.
- [6] **Furet G**,Synthese bibliographique sur l'effet hygiénisant du chaulage des boues d'Épuration.Journées techniques des 5 et 6 juin 1997. Aspects sanitaires et environnementaux de l'épandage des boues d'épuration urbaines.
- [7] **International Association on Water Quality/UK Water Research Center.**

[8] M^{elle} **BENTERROUCHE Ilhem**, mémoire pour l'obtention du diplôme magistère en Ecologie et Environnement« Université Mentouri Constantine » intitulé « Réponses éco physiologiques d'essences forestières urbaines soumises à une fertilisation avec les boues d'épuration » 2007.P30-57,77-96.

[9] **Mathieu Buffet**. Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du Mastère Spécialisé

« Gestion, Traitement et Valorisation des Déchets ».2010.France. P6,12-24.

[10] M^{elle} **KAROUNE Samira**, Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magistère intitulé « Effets des boues résiduaires sur le développement des semis du chêne liège (*Quercus suber* L.) » 2008. Constantine. P4-31,81-90.

THEME 4 (ENSA Ex- INA Alger)

VALORISATION DES EAUX USEES EPUREES A DES FINS AGRICOLES SOUS SYSTEME D'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE (REGION DE TIPAZA).

INTRODUCTION

L'Algérie se situe parmi les pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la banque mondiale à 1000 m³ par habitant et par an . Si en 1962 la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m³, elle n'était plus que de 720 m³ en 1990 ; 680 m³ en 1998 et estimée à environ 500 m³ actuellement. Elle ne sera que de 430 m³ en 2020 et serait encore plus réduite ramenée aux ressources en eau mobilisables. Pour répondre à cette situation d'épuisement des ressources naturelles et à la protection de l'environnement, le recours à l'épuration des eaux usées urbaines, souvent chargées en éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore, représenterait une source d'eau et d'engrais additionnelle renouvelable et fiable pour l'agriculture d'une part et d'autre part, permettrait d'atténuer la pression sur les ressources conventionnelles plus adaptées à l'alimentation en eau potable des populations. La réutilisation des eaux usées à des fins agricoles est une pratique répandue partout dans le Monde particulièrement dans les pays en voie de développement et qui se répand de plus en plus du fait de la rareté croissante des ressources en eau, surtout dans les régions arides et semi- arides.

MATERIEL ET METHODE

Nous avons expérimenté une étude sur une parcelle irriguée par le système goutte à goutte dans une exploitation agricole près de la ville de Nador, willaya de Tipaza, afin de valoriser la réutilisation des eaux usées sous ce système. Nous avons réalisé également une enquête auprès des agriculteurs de cette région pour avoir leur avis sur cette pratique. Le sol de la parcelle est de type limoneux fins argileux (figure 6).

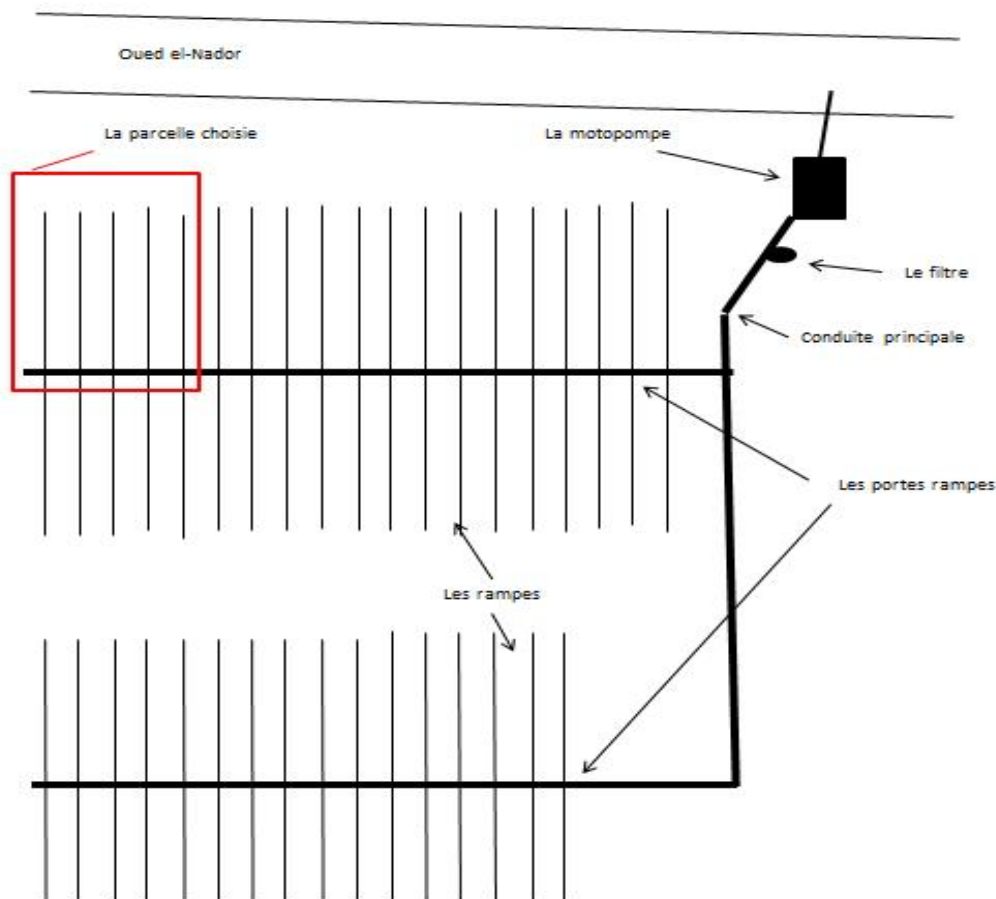


Figure 6. Dispositif expérimental

Dans notre parcelle de 420 m² on a 8 rampes espacées de 0,75 m avec une longueur de 80 m, dont les goutteurs sont espacés de 0,10 m. Le nombre total de goutteurs est de 6400, débitant chacun en moyenne 0,409 l/h. Les mesures réalisées sur site concernent : Temps de remplissage du réseau ; débits des goutteurs ; débit de la rampe ; débit linéaire ; dose ramenée durant l'irrigation ; Uniformité de distribution ; taux de colmatage au niveau des goutteurs ;

Les eaux épurées utilisées dans notre étude sont celles rejetées par la STEP de Hadjout. La station d'épuration de Hadjout est mise en marche en juin 2006, sa capacité nominale est de 70 000 équivalents habitants, elle a été conçue pour traiter un débit de 11200 m³/j par le processus de boues activées à faible charge – aération prolongée pour protéger le milieu récepteur, les normes de rejets et les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute et épurée sont présentés respectivement dans le tableau 18. D'après les résultats obtenus au niveau de laboratoire de la STEP de Chenoua, on remarque que le traitement effectué par la STEP de Hadjout est efficace, et que les spécifications algériennes des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation sont respectées.

Tableau 18. Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute et épurée

Paramètres	Entrée (eau brute)		Sortie (eau épurée)	
	Concentration (mg/l)	Flux (kg/j)	Concentration (mg/l)	Flux (kg/j)
DCO	825,0	9200	90,0	1 008,0
DBO5	375,0	4200	30,0	336,0
MES	438,0	4900	30,0	336,0

Les caractéristiques physico chimiques du sol de la parcelle (densité, capacité au champ, point de flétrissement....) ont été déterminée en laboratoire (physique des sols de l'ENSA). Cela a permis par la suite de calculer la RU, la RFU et les stocks d'eau avant et après irrigation. L'irrigation par submersion est le procédé le moins coûteux, mais c'est probablement celui qui présente le plus de risques pour les ouvriers agricoles. L'irrigation par aspersion ne doit être utilisée pour les cultures de fruits et de légumes que si les effluents ont la qualité recommandée, l'irrigation par submersion est à éviter pour les légumes. C'est l'irrigation souterraine ou localisée qui peut assurer le plus haut degré de protection de la santé, en particulier quand la surface du sol est recouverte de bâches en plastique ou de paillis. En outre, l'eau est utilisée plus efficacement et les rendements sont souvent plus élevés. Toutefois, ce procédé est coûteux et les eaux usées doivent subir un traitement poussé et fiable (pour éliminer les solides en suspension) afin d'éviter l'obstruction des petits orifices (gicleurs), par lesquels l'eau est diffusée dans le sol.

RESULTATS

Dans cette partie, nous allons présenter les résultats de mesures des travaux effectués en irrigation et essayer de les interpréter. Il s'agit essentiellement de :

- ❖ Les résultats des mesures effectuées dans la parcelle irriguée par les eaux usées épurées ;
- ❖ Suivi des teneurs en eau dans le sol et mesure de l'efficacité d'application .

Le temps de remplissage du réseau : 5,23 minutes ; ce qui veut dire que la durée d'arrosage (Da) doit être supérieure ou égale à 52,3 min.

Débit des goutteurs : 0,409 l/h. Comparativement au débit nominal qui est égal à 1,02 l/h, le débit calculé étant égal à 0,409 l/h est inférieur. Ceci peut être expliqué par :

- la qualité d'eau utilisée ;
- Faible pression à l'entrée de la parcelle ;
- Des pertes d'eau au niveau de plusieurs points.

Coefficient d'uniformité : 35,45%. Nous remarquons que le coefficient d'uniformité est égal à 35,45%, dans ce cas le CU est inférieur à 70 % ($CU < 70\%$) ce qui indique qu'il y a une médiocre uniformité dans la distribution de l'eau.

Le réseau a connu un colmatage très important des goutteurs, dû essentiellement à :

- la qualité d'eau utilisée ;
- L'âge du réseau (2 ans de fonctionnement);
- Fuites dans les rampes des goutteurs;
- Pente légèrement importante.

Débit de la rampe $Q_r = 2617,61$ l/h

Débit linéaire : 4,267 l/h/m

Dose ramenée pour une irrigation $D = 196.32 \text{ m}^3/\text{ha}$

taux de colmatage au niveau des goutteurs : 59,9% ; le taux d'obstruction (colmatage) est estimé à 59,9 %, le réseau souffre de colmatage en le comparant avec l'irrigation par les eaux conventionnelles 8,7 %, et cela est dû au dépôt d'éléments minéraux ou organiques, en suspension dans l'eau, ou suite à des accumulations d'algues.

Les enquêtes

Durant le mois de mai 2013, nous avons effectué une enquête dans 22 exploitations de statut juridique et de tailles différentes dans la commune de Nador (tableau 19). Elle avait pour objectif de collecter des données sur:

- les systèmes d'irrigation pratiqués ;
- le type d'eau utilisé dans les exploitations.

Le questionnaire comporte trois grandes parties interdépendantes :

- L'identification de l'exploitant et les caractéristiques de l'exploitation agricole.
- Les conditions de production : superficies irriguées, source d'irrigation, mode d'irrigation, différentes cultures irriguées, ... etc.
- Les productions : rendements, destinations des récoltes ;

Tableau 19: La liste des agriculteurs enquêtés

Numéro	Nom de l'agriculteur	Statut juridique	La superficie (h)
1	Ait alalbelaid	EAC 10	130
2	Cherbi Ali	EAC 34	217
3	Bousalem Abderrahmane	EAI	4,5
4	hadhad Ahmed	EAI	5
5	Tafir Mahmoud	EAI	2
6	Ali	Privé	3
7	Berkouksid-ali	Privé	1,25
8	bousalem Ahmed	Privé	5
9	hadim Ahmed	Privé	6
10	Khemri Ismail	Privé	5
11	Zdiahmedabdelkader	Privé	1
12	Bouzekrimehamed	Location	3
13	Abdelaziz	Location	3
14	Abdellah	Location	1,5
15	Abderrahmane	Location	3
16	Ahmed ziane	Location	8
17	Bouzekriismail	Location	8
18	Charchar Ahmed	Location	3
19	Hachlafmahfod	Location	3
20	Klaochi Mehmed	Location	3,25
21	mahmoud	Location	3
22	Rachid	Location	1,25

Chaque exploitation comprend de 1 à 3 agriculteurs sauf les deux EAC (EAC 10 et 34 qui comprennent respectivement 35 et 46 agriculteurs).

Les figures 7 ; 8 et 9 présentent certains des résultats d'enquête.

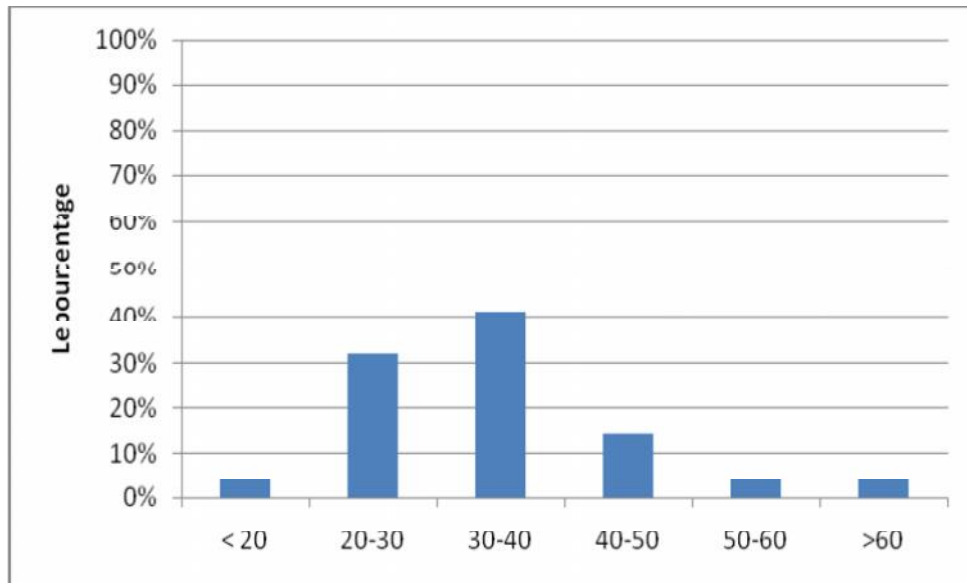


Figure 7 : Le pourcentage des exploitants enquêtés par tranche d'âge

Sur la figure 7 nous remarquons que d'une part près de 18 % de nos enquêtés ont un âge compris entre 40 et 60 ans et d'autre part, que plus de 3/4 de notre échantillon concerne des jeunes ruraux dont l'âge ne dépasse pas les 40 ans, nous retrouvons seulement 4 % des agriculteurs qui dépassent les 60 ans.

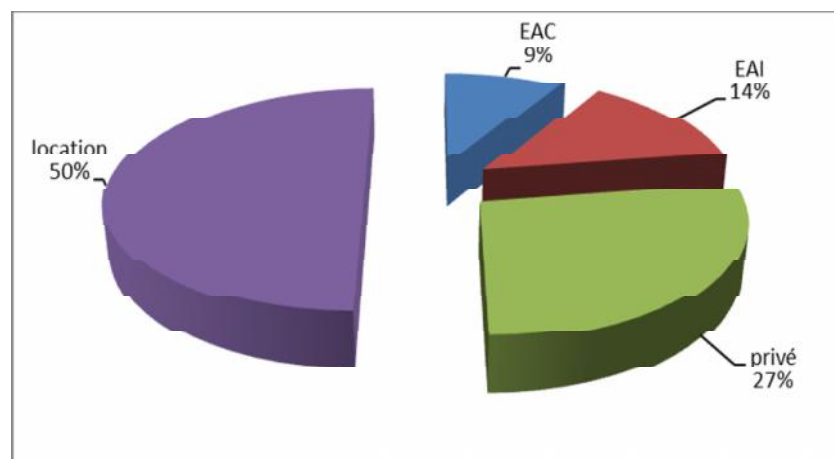


Figure 8 : statut juridique des exploitations enquêtées

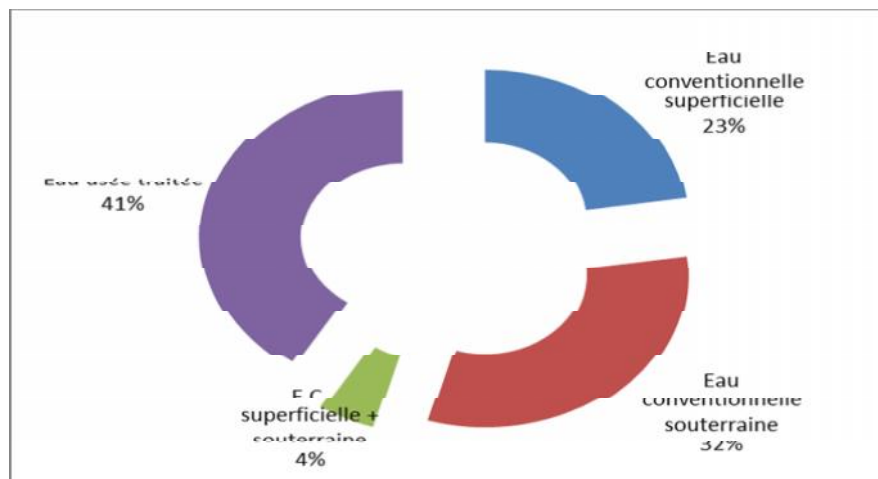


Figure 9 : nature des eaux d'irrigation dans les exploitations enquêtées

Nous remarquons que 41 % des exploitants dépendent des eaux usées traitées (rejetées dans l'oued Nador par la STEP de Hadjout) et 59 % des exploitants utilisent les eaux conventionnelles dont 23 % sont des eaux superficielles ; 32 % souterraine et 4% sont les deux. On peut dire que les exploitations les plus utilisatrices des eaux usées sont celles dont la superficie totale est inférieure à 5 ha, alors que pour les plus grandes dépassant 10 ha, elles utilisent beaucoup moins les eaux usées pour l'irrigation des cultures. Cela est dû probablement à l'adoption de cultures en bour (cultures non irriguées) comme la céréaliculture. Bien qu'interdite par les pouvoirs publics, la réutilisation des eaux usées en agriculture autour de la ville de Nador s'est développée (41% des exploitants enquêtés) et intéresse une diversité de types de cultures dont les cultures maraîchères

Conclusion :

L'évolution récente des prélèvements, certainement accentuée par les dernières années de sécheresse s'est traduite par des intrusions marines au niveau des forages de la ville de Tipaza et des difficultés croissantes des exploitations des puits privés et des forages collectifs d'irrigation. Devant ce constat et compte tenu du niveau des études existantes, il est préconisé, la satisfaction des besoins en eau des villes côtières à partir des eaux de surface, le plafonnement des prélèvements des eaux souterraines à 95 l/s (2.75 Hm³). Bien que l'usage agricole soit prédominant, la réutilisation des eaux usées doit s'inscrire dans un cadre plus large où les différents domaines de réutilisation seront pris en compte. Plusieurs études ont été réalisées sur l'irrigation de cultures par des eaux usées épurées. Ce principe a été testé sur différentes cultures comme les agrumes, les cultures à haute valeur ajoutée sous serre, les cultures forestières, les fourrages et différents types de cultures légumières. De manière globale, toutes ces études confirment le bien fondé de cette pratique qui permet des résultats intéressants tant d'un point de vue agronomique qu'économique tout en garantissant, si l'irrigation est pratiquée de manière adéquate, une qualité sanitaire satisfaisante.

Avec l'augmentation de la demande en eau, liée à l'augmentation de la population et à l'amélioration du niveau de vie, la réutilisation de l'eau usée acquiert un rôle croissant dans la planification et le développement des approvisionnements supplémentaires en eau.

La réutilisation des eaux usées est une technique en pleine expansion, principalement associée à l'agriculture. De nombreuses solutions techniques permettent de répondre aux normes de réutilisation existantes. Les avantages de la réutilisation et du recyclage des eaux usées sont reconnus par de nombreux pays, ils sont inscrits dans leurs schémas directeurs de l'eau et dans leur politique nationale.

Bibliographie

- AMMAR H., 2005. Diagnostic des pratiques de l'irrigation par les techniques de la micro-irrigation et de l'aspersion (Cas du périmètre de la Mitidja ouest tranche II). Mémoire d'ingénieur, ENSH., Blida, 108 p.
- AMMAR BOUDJELLAL A., BAMMOUN R., 2006. Détermination des besoins en eau des cultures irriguées de la wilaya de Tipaza à l'aide du logiciel Cropwat 4.3. (Cas du périmètre de la Mitidja Ouest). Mémoire d'ingénieur, ENSA., El- Harrach. 96 p.

- BAGHDADI N., 2011.Approche méthodologique de la valorisation des eaux usées épurées dans l'irrigation (cas de STEP de Tipaza). Mémoire d'ingénieur, ENSH., Blida, 104 p.
- BAKEL E., 2010.Conception de la station d'épuration de la ville de Tissemsilt (W.TISSEMSILT). Mémoire d'ingénieur, ENSH., Blida, 117 p.
- BAUMONT S., LEFRANC A, 2004. Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Observatoire Régional de Santé d'Île-de-France, 176 p.
- COMPAORE M. L.2003.Cours de micro-irrigation, 135p.
- DJABELKHIR K., 2007. Contribution à la Réhabilitation de la Station d'Epuration de STAOUELI. Mémoire d'ingénieur, ENP., El-Harrach, 76 p.
- DJEBALI O., 2008.Contribution à la Réhabilitation de la Station d' Epuration de Baraki. Mémoire d'ingénieur, El-Harrach (Alger), ENP, 73 p.
- FAO, 1990. Gestion des eaux en irrigation : Méthodes d'irrigation. 65p.
- FAO, 2003. L'irrigation avec les eaux usées traitées. Manuel d'utilisation. Bureau Régional pour le Proche Orient et l'Afrique du Nord. Caire Egypte, 67 p.
- FAO, 2008.Manuel des techniques d'irrigation sous pression .Seconde édition.277 p.
- FEYEN J., 1976. Annales de l'Institut Nationale Agronomique : irrigation goutte à goutte pour vergers. Vol. 6, n. 3. pp 6-19.
- FRADJ M., 2008. Analyse et diagnostic des performances de l'irrigation goutte à goutte au niveau d'une exploitation agricole privée de la Mitidja Ouest (tranche 1). Mémoire d'ingénieur, INA., El Harrach. 79 p.
- Georges M., 2009.Le Monde arabe face au défi de l'eau : Enjeux et Conflits. Institut d'Etudes Politiques de Lyon.164 p.
- HAMTOUCHE S., 2012.valorisation des eaux usées épurées de la STEP de ZEMMOURI et dimensionnement d'un réseau pour l'irrigation a l'aval de la station.). Mémoire d'ingénieur, ENSH., Blida, 100p.
- HARTANI T. 1998.L'irrigation par les eaux usées, potentialités et limites d'utilisation. Séminaire sur l'épuration et la réutilisation des eaux usées. Alger. p.10.
- Journal Officiel de la République Algérienne .Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993.
- Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). N° 41, 15 juillet 2012
- KESSIRA M., 2005.Gestion de l'irrigation avec les eaux non conventionnelles. Séminaires méditerranéens; n. 66, pp. 203-216.
- LOUCIF S N., 2003.les ressources en eau et leurs utilisations dans le secteur agricole en Algérie. HTE.n.125. pp 94-101.

- MECIF I., 2010. Contribution à l'amélioration des pratiques d'irrigation gravitaire traditionnelle par cuvettes (Cas d'une parcelle de poirier dans une exploitation agricole de la Mitidja ouest Tranche I). Mémoire d'ingénieur, ENSA El Harrach, 86 p.
- MEKHALIF F., 2009. Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de magister, Université de SKIKDA, 133 p.
- MESLEM S., 2010. Diagnostic et comparaison entre irrigation localisée et par aspersion sur culture de pomme de terre « *spunta* ». station expérimentale de l'ENSA El Harrach. Mémoire d'ingénieur, INA, El Harrach. 72 p
- MESSAHHEL M., 1988. l'irrigation goutte à goutte : régime d'irrigation. Alger. 338 p.
- MESSAITFA M., 2007. Les indicateurs de performances en irrigation gravitaire, localisée et par aspersion à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation (Cas de deux exploitations du périmètre de la Mitidja Ouest). Mémoire d'ingénieur, INA, El Harrach. 115 p
- METAHRI M S., 2012. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. cas de la STEP est de la ville de Tizi-ouzou. thèse de doctorat. université de Tizi-ouzou. 148 p.
- MILLA A., MARNICHE F., [et.al], 2012. Aperçu de l'avifaune du sahel algérois. Algerian journal of arid environment, vol.2, n.1, p.p.3-15.
- NAOURI M., 2009. Analyse diagnostic de la gestion de l'eau d'irrigation dans le périmètre de la Mitidja Ouest tranche II. Etude de quelques indicateurs de performance de l'irrigation. Mémoire d'ingénieur, ENSA., El Harrach, 90 p.
- NEUBERT S., BENABDALLAH S., 2003. La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie, Partie II. Etudes et rapports d'expertise. Bonn. 45 p.
- OMS, 1989. L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé. Série de rapports techniques n° 778.OMS. Genève.
- OUAFAE M., 2012. Enquête sur la réutilisation des eaux usées en agriculture périurbaine autour de la ville d'Oujda (Maroc). Science Lib Editions Mersenne, Vol 4, N ° 121101. 20 p
- ROTBARDT A., 2011. réutilisation des eaux usées traitées : perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action, Rapport final, 85p.
- SEKKOUM M., 2004. Contribution à l'étude de l'irrigation au goutte à goutte par les eaux usées traitées issues d'une laiterie (Cas du Sud lait d'Igli, W. Béchar). Mémoire de magister. université d'Ouargla. 93 p.
- SELTZER P., 1948. Le climat de l'Algérie. Université d'Alger, 219 p
- TIERCELIN J.R. et Vidal A., 2006. Traité d'irrigation .Tec. Et Doc. 3ème éditions. Paris. 1266p.

- XANTHOULIS D., et al, 2002. Optimisation de la réutilisation des eaux usées traitées en irrigation, 73 p.

ZELLA L., SMADHI D., 2007. Evolution de l'irrigation, Larhyss (Laboratoire de Recherche En Hydraulique)

THEME 5 (ENSA Ex-INA ALGER)

GESTION DES EAUX USEES EPUREES EN ZONE ARIDE : CAS DE LA STEP D'EL ATTEUF (GHARDAIA)

INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE

La ville de Ghardaïa dispose d'une station d'épuration fonctionnelle, c'est la première du genre dans la wilaya, actuellement elle est destinée à traiter les eaux usées domestiques produites par la population de la vallée du M'Zab par un type de traitement de lagunage naturel. Cette station est située à l'aval de la digue d'El-Atteuf donc de l'ensemble des agglomérations de la vallée. Cette station d'épuration des eaux usées a été conçue pour atteindre les objectifs suivants :

- Supprimer les nuisances en zones urbanisées.
- Protéger le milieu récepteur et la nappe phréatique.
- Rendre possible la réutilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation.

L'irrigation agricole a besoin de beaucoup d'eau surtout dans les régions sahariennes. Actuellement l'irrigation se fait depuis des forages c'est-à-dire consommation importante des eaux souterraines dont l'utilisation pourrait être réservée à d'autres besoins, spécialement ceux liés aux activités humaines.

L'importance de la station d'épuration est liée non seulement à la protection de l'environnement, mais également permet de destiner les eaux usées épurées comme une nouvelle ressource d'eau qui puisse couvrir les besoins agricoles et minimiser le gaspillage des eaux souterraines dans les zones arides.

C'est dans ce cadre que nous nous sommes intéressés à un cas précis et particulier, qui est le suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées avant et après leur traitement par lagunage naturel, de la station d'épuration de Ghardaïa.

Pour cela plusieurs questions se posent :

- ✓ Est-ce que ce procédé d'épuration est efficace dans cette région notamment au niveau des charges polluantes ou il nécessite un traitement complémentaire ?
- ✓ le procédé de lagunage naturel est-il convenable avec les conditions climatiques de la région de Ghardaïa ?
- ✓ La qualité d'eaux épurées au niveau de la station, est-elle conforme aux normes de rejet et apte pour une utilisation agricole ? Si oui :
 - Quelle est la classification de ces eaux épurées dans le domaine de l'irrigation ?
 - Quelles sont les cultures irriguées avec ces eaux, et quel est le système d'irrigation le plus convenable avec ces eaux ?

MATERIEL ET METHODES

La vallée du M'Zab se situe à 600 km au sud d'Alger, dans la wilaya de Ghardaïa, sur le plateau Hamada au Sahara septentrional. Les cinq villes qui composent la pentapole du M'Zab (El-Atteuf,

Bounoura, Melika, Beni Isguen et Ghardaïa) se situent sur les éminences rocheuses au-dessus de la Chebka (filet = oued du M'Zab) qui irriguent les palmeraies où les villes modernes se développent. 181 263 habitants résident dans la vallée du M'Zab, dont 114 003 à Ghardaïa en 2012. La densité de population est de 372 habitants/km² pour la ville de Ghardaïa. L'évolution de la production d'eaux usées est présentée dans le tableau 20.

Tableau 20 : l'évolution de la production des eaux usées dans la vallée du M'Zab (Bonnard et Gardel, 2000).

Eaux usées	unité	1996	2000	2010	2020	2030
Taux de branchement	%	85%	85%	90%	95%	100%
EH raccordés	u	108 163	120 870	172 530	240 920	331 700
Débits moyens	m³/j	15 143	16 922	24 154	33 729	46 438
% capacité nominale	%	33%	36%	52%	73%	100%

La région de Ghardaïa est caractérisée par un climat typiquement saharien avec l'abondance de deux saisons ; l'une chaude et sèche (d'avril à septembre) et l'autre tempérée (d'octobre à mars).

Les ressources en eaux sont surtout et largement dominées par les eaux souterraines, qui sont contenues dans deux grands aquifères, ceux du continental intercalaire (CI) et du complexe terminal (CT). L'agriculture représente la principale activité dans la vallée, dont l'occupation du sol est répartie en trois étages ;

- la phoeniciculture (agriculture des palmeraies),
- les arbres fruitiers,
- cultures maraîchères et fourragères en intercalaires.

Le système d'irrigation se fait par submersion traditionnelle à partir des seguias (rigoles) ; rares sont ceux pratiquant l'aspersion et le goutte à goutte.

La population est en pleine évolution, et se concentre beaucoup plus au niveau des sites fortement urbanisés, de par sa situation géographique, la région sera par conséquent sensible à l'activité humaine qui peut générer éventuellement des pollutions résiduelles qui vont affecter l'écosystème et l'environnement.

La station d'épuration de Kef Doukhane est située dans la commune d'EL ATEUF qui constitue l'aval de la vallée du M'Zab d'une superficie d'environ 79 ha.

Dimensionnement de la STEP de Ghardaïa

Capacité : 331 700 éq/hab.

Surface totale : 79 ha

Nombre de lit de séchage : 10

Nombre de bassins : 16 devisés en 02 niveaux

Débit moyen journalier à capacité nominale : 46 400 m³/j.

Cette station est conçue pour produire une eau de qualité conforme aux normes de rejet fixées par l'OMS, le procédé adopté est le traitement par lagunage naturel qui consiste à laisser l'eau se reposer dans des bassins ouverts peu profonds de 1 à 5 m de profondeur pendant une durée variant de 30 à 60 jours. Il aboutit d'une part à l'abattement de la charge polluante

et d'autre part à la stabilisation des boues produites, sous l'action des organismes se développant dans le milieu.

La station d'épuration reçoit à son entrée une charge importante de la pollution organique issue des eaux usées d'origine domestique et le rapport DCO/DBO₅ indique que ces eaux sont biodégradables admissibles par le milieu naturel.

Ce procédé de traitement par lagunage naturel dans la station d'épuration de la ville de Ghardaïa est écologique dans la mesure où il n'utilise aucun produit chimique pour traiter les eaux usées et les évacuer sans risques dans le milieu naturel récepteur.

Dans le sud du pays et contrairement à la zone du nord, l'implantation des STEP du type lagunage aéré ou naturel qui demande une grande surface ne pose pas un problème.

RESULTATS

Le tableau 21 ci-dessous représente les valeurs moyennes des paramètres mesurés et les normes d'interprétation requises pour l'irrigation de l'OMS, du MFE (ministère français de l'environnement) et du JORA (Journal Officiel de la république Algérienne) :

Tableau 21. Valeurs des paramètres mesurés à l'entrée et la sortie de la STEP

Paramètres	Effluent brut	Effluent traité (moyenne)	Norme de qualité d'eau d'irrigation
T (°C)	22,71	22,79	* 30
pH	7,7	8,27	* 6,5 à 8,5
CE (ms/cm)	4,14	3,83	* < 3
Salinité (g/l)	2,34	2,19	Pas de norme
O ₂ dissous (mg/l)	3,2	6,22	* < 5
DBO ₅ (mg/l)	151	31	** < 30
DCO (mg/l)	373,3	204,7	** < 90
NT (mg/l)	40,9	33,47	** < 50
NH ₄ ⁺ (mg/l)	17,94	24,05	* < 2
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,29	0,3	* < 1
NO ₃ ⁻ (mg/l)	1,86	0,41	** < 30
PT (mg/l)	4,3	3,8	* < 0,94
CT (N/100ml)	431,67 .10 ⁵	42766,7	*** < 50 000
CF (N/100ml)	15,67 .10 ⁶	3966,67	*** < 20 000

Les teneurs moyennes des paramètres analysés répondent aux normes requises, c'est le cas des paramètres suivants : T (°C), pH, NO₃⁻, NO₂⁻, NT et les paramètres bactériologiques (coliformes totaux et coliformes fécaux) ; l'eau épurée peut être classée comme une eau de qualité médiocre de la classe 3 (d'après le MFE) qui est juste apte à l'irrigation.

Ainsi, on peut classer cette eau dans la catégorie B1 (CF <10⁵) d'après les normes microbiologiques révisées de l'OMS (2000 et 2006) avec une irrigation restreinte pour les cultures suivants : céréales, cultures industrielles, fourragères, pâturage et forêt.

En revanche, une étude de la teneur des métaux lourds de cette eau est souhaitable dans le laboratoire de la STEP afin d'éliminer les risques qui pourraient en résulter.

CONCLUSION

Au terme de cette étude, nous constatons que les eaux usées représentent une ressource d'eau renouvelable qu'il faudra exploiter dans l'agriculture, l'industrie et dans d'autres usages municipaux, donc, constituer sans doute, demain, l'une des solutions incontournables pour notre pays qui souffre énormément du déficit hydrique.

Cette réutilisation ne représente pas seulement une option économique compétitive, mais aussi de nombreux avantages sociaux et environnementaux. Ainsi cette valorisation doit être placée dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau en élaborant une stratégie nationale de la valorisation des eaux usées.

Les résultats expérimentaux obtenus lors de cette étude montrent que les eaux usées de la station d'épuration de Ghardaïa dont le traitement se fait par lagunage naturel sont des eaux usées épurées d'une qualité médiocre et nécessitent un traitement tertiaire pour les utiliser dans le domaine agricole (l'irrigation) sans aucun risque, un stockage dans des bassins est nécessaire pour mieux affiner ces eaux.

L'enquête effectuée nous a permis de constater qu'il existe réellement des possibilités d'utilisation de l'eau épurée par la STEP de Ghardaïa, sans risques, dans le secteur agricole en améliorant par des traitements complémentaires.

Il faut noter que cette utilisation doit être rendue optimale et pour qu'il en soit ainsi, les conditions suivantes doivent être remplies :

- il faut adapter les systèmes d'irrigation à la qualité de l'eau employée ;
- il faut optimiser l'apport d'eau et ajuster la fertilisation aux besoins des cultures.

On a proposé les eaux épurées pour irriguer les palmeraies de la vallée du M'Zab parce que les palmiers dattiers représentent la culture principale dans cette zone d'étude, la palmeraie est caractérisée par une grande résistance aux eaux de mauvaise qualité. Ainsi on peut utiliser ces eaux pour irriguer les cultures d'agrumes en intercalaire et oliviers comme des brises vents.

Bibliographie

Anonyme, 2001. -Rapport sur la gestion de la qualité de l'eau et des interventions possibles du METAP. [En ligne]. Algérie, 11p (page consultée le 02Mai2013).

Anonyme (non daté). L'eau-en-Algérie –<http://www.umc.edu.dz/vf/index.php/actualites-et-informations/theme-de-la-semaine/980-leau-en-algerie.html>(page consultée le 02Mai2013).

ANRH, 2005. Note relative aux ressources en eaux souterraines de la Wilaya de Ghardaïa, rapport de l'Agence nationale des ressources hydrauliques, Ouargla, 19p.

ANRH, 2010. Note de synthèse sur les premières mesures piézométriques en utilisant les nouveaux piézomètres captant la nappe du continental intercalaire dans la wilaya de Ghardaïa, rapport de l'Agence nationale des ressources hydrauliques, Ouargla, 9p.

Aoulmi S., 2007. Conception de la station d'épuration dans la ville de Zeddine (W. Ain defla, Algérie, 112p.

Aviron V. ; Gerard M., 2000. Réutilisation des eaux usées après traitement. Paris, France, 38p.

Baudot B. et Perera P., 1991. Guide procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités. 21p.

Bechac J., Boutin B., Mercier P., Nuer B., 1984. Traitement des eaux usées. Edition EYROLLES, Bd St Germaine-75005 Paris cedex 05.

Bekkouche M., Zidane F., 2004. Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville d'Ouargla par lagunage. Mémoire d'ingénieur. Hydraulique saharienne, Université de Ouargla, 67p.

Benhacine Ch., Doumbliakouskas A., 1983. Irrigation agricole. Tipaza, 62p.

Benzayet B., 2010. Évaluation hydrochimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab : Cas de Oued Labiod. Mémoire d'ingénieur, ENSA, EL HARRACH, 97p.

Bliefert C. et Perraud R., 2003. Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. Edition de boeck. 324p.

Bonnard et Gardel, 2000. Étude d'assainissement et de protection contre les crues de la vallée de l'Oued M'Zab. Avant-Projet Détaillé des ouvrages de rétention amont, volume 2/4 annexes, Ghardaïa, 165p.

Bondon D. ; Pitrasanta Y., 1994. Le lagunage écologique. Ed ECONOMICA. Paris. 112p.

Boulkroune B., 2008. Estimation de l'état des systèmes non linéaires à temps discret. Application à une station d'épuration. (Thèse de doctorat – université Nancy). [En ligne] tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/34/74/65/PDF/These_boulaid.pdf (page consulter le 07/05/2013).

Brouillet J.L, Picot B., Sambuco J.P ; Gaillard L., Soteras G., Valarie I., 2008. Eco techniques d'assainissement des eaux usées domestiques : Évolution et perspectives, XIIIe Congrès mondial de l'Eau, Montpellier, France, 17p.

Dajoz R., 1982. Précis d'écologie. Paris, Bordas, 503 p.

Degremont, 1978. Mémento technique de l'eau : 8^{ème} édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 1200p.

Degremont, 1989. Mémento technique de l'eau. Edition Technique et Documentation Lavoisier.

Degremont, 2005. Mémento technique de l'eau. Tome 2. Ed 10^{ème}. 788p.

DPAT, 2012. Annuaire statistique 2011 ; volume 1, rapport annuel, 91p.

DSA, 2012. Atlas agriculture, Rapport annuel, Ghardaïa, 14p.

Duguet J-P ; Bernazeau F. ; Cleret D. ; Gaid A. ; Laplanche A. ; Moles J., Montiel A. ; Riou G. ; Simon P., 2006. Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. 1^{ère} édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'environnement).

Frank R., 2002. Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux. 171p.

Gaid A., 1984. Épuration biologique des eaux usées urbaines. T. 1^{ère} édition ; OPU, Alger, 261p.

Gaid A., 1993. Traitement des eaux usées urbaines. Doc, C 5 220, 30p.

Glanic R et Benneton J-P, 1989. Caractérisation d'effluents d'assainissement individuel et essais de matériels d'assainissement – TSM – L'eau – 84 année – N11 – pp. 573-584.

Gommella C. et Guerree H., 1983. Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales. Ed. EYROLLES 61 boulevard Saint – Germain – 75005 Paris.

Idder T., 1998. La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara algérienne. Impacte des rejets d'origine agricole et urbaine et technique de remédiassions proposées. L'exemple d'Ouargla. Thèse de doctorat. Univ. Angers. 284p.

INFP, 2006. Domain de l'eau. Projet algéro-canadien. [En ligne]. Algérie, 91p (page consultée le 12 juin 2013).

Journal Officiel De LaRepubliqueAlgerienne, 1993. Normes de rejets dans le milieu récepteur. N° 46, 7-12.

Journal Officiel De LaRepubliqueAlgerienne, 2012. ANNEXE, spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. N° 41, 18-21.

Khadraoui A. ; TALEB S., 2008. Qualité des eaux dans le Sud algérien. Potabilité – Pollution et impact sur le milieu. Edition Khyam : Constantine, 367p.

Khattabi H., 2002. Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydro biologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etuefont (Belfort, France). Thèse de doctorat, 173p.

Langevin J., Lefebvre R., Toutant C. 1997. Histoires d'eaux : tout ce qu'il faut savoir sur l'eau et l'hygiène publique. Edition berger, Montréal. ISBN 2-92141161-3-1, pp : 157-159.

LeHyaric R., 2009. Caractérisation, traitabilité et valorisation des refus de dégrillage des stations d'épuration. Thèse de doctorat, INSA Lyon, France, 190p.

Liu F., Mitchell C.C., Odom J.W., Hill D.T, Rochester E.W., 1997. Swine lagoon effluent disposal by overland flow: effects on forage production and uptake of nitrogen and phosphorus. Agronomy Journal, 89 900-904.

Loucif N., 2003. Les ressources en eau et leurs utilisations dans le secteur agricole en Algérie. Conférence internationale sur les politiques d'irrigation, INRA.

Messaoud S. – Nacer, 2003. Suivi de la qualité des eaux et des sols dans le cadre du développement durable de la région de réghaia. Thèse de magister, INA, EL HARRACH, 108p.

Metahri M. S., 2012. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammri, Tizi Ouzou, 148p.

Miourigh M., 2011. Évaluation de la qualité hydro chimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab : Cas de l'Oued N'Tissa. Mémoire d'ingénieur, E.N.S.A., El Harrach, 75p.

Monello D., 2009. Étude de performances épuratoires d'un lagunage a macrophytes. 54p.

Mouhouche B., 2006. Étude en vue d'une utilisation durable et efficace des ressources hydriques en Algérie. Article sous presse. 9 p.

MRE, 2007. Étude réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national. Mission 4 : Norme de réutilisation des eaux usées épurées, D.A.P.E.

Ndiaye Mamadou Lamine, 2010. Impact des eaux usées sur la chimie et la microbiologie des sols ; étude de cas a Pikine (Dakar-Sénégal). Éditions universitaires européennes, Allemagne, 77p.

Rejsek F., 2002. Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques. Bordeaux ; CRDPA, 151p.

Rodier J., C, Broutin J. P., Chambon P., Champsaur, H. E T Rodi, L., 2005. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} Edition. Dunod, Paris. 1383p.

Rouissat B., non daté. La gestion des ressources en eau en Algérie : Situation, défis et apport de l'approche systémique. Algérie, 15p.

Salghi R., 2004. Différents filières de traitement des eaux. Université IBN ZOHR, École nationale des sciences appliquées d'Agadir (ENSA Agadir) Maroc, 22p.

Selhani S., 2009. Étude des possibilités d'utilisation des eaux et boues d'épuration dans l'agriculture : Cas de la station d'épuration de BENI MESSOUS. Mémoire d'ingénieur, E.N.P., El Harrach, 74p.

Suschka J.; Ferreira E., 1986. Activated sludge respirometric measurements. WaterResearch, 20, 2, pp : 137-144.

Tchimogo M., 2001. Épuration des eaux usées de l'E.N.S.H par lagunage naturel. Mémoire d'ingénieur. Génie rurale, Blida, 132p.

Terra Messaoud, 2011. Séminaire sur l'eau et les énergies renouvelables. Alger.

Thomazeau Robert, 1981. Stations d'épuration : eaux potables, eaux usées. Ed. Technique et documentation, paris, 435 p.

THEME 6 (ENSH)

ETUDE DES PERFORMANCES ET FIABILITES DES DIFFERENTS TYPES DE GOUTTEURS EN IRRIGATION LOCALISEE PAR LES EAUX USEES EPUREES

INTRODUCTION

En micro-irrigation (ml) l'eau est distribuée sous pression par un réseau ramifié totalement en matière plastique. Le réseau est composé, de l'amont à l'aval, d'une conduite principale alimentant une ou plusieurs conduites secondaires sur lesquelles sont branchées des rampes placées parallèlement à l'alignement de la culture.

Les rampes portent l'élément terminal du réseau appelé distributeur, émetteur ou goutteur. Placé le plus souvent au pied du végétal, cet organe débite l'eau grâce à un orifice de très faible section à la pression atmosphérique.

Comme pour tout réseau de distribution d'eau, l'uniformité de répartition est le facteur déterminant de la performance du réseau et de l'efficacité de l'arrosage. Cette uniformité est largement tributaire du dimensionnement du réseau.

D'un bout à l'autre de chaque rampe du réseau, les différences de pressions, en absence de pente, peuvent être très importantes. Ces écarts, engendrés par les pertes de charge, induisent des variations de débit des goutteurs qui causent une hétérogénéité de distribution et donc d'alimentation en eau et en fertilisants de la culture. Ces déviations sont jugulées principalement par le choix approprié des dimensions des conduites du réseau, de la structure géométrique du réseau des facteurs d'exploitation (pression fournie en tête du réseau) et des caractéristiques du goutteur.

En effet, le calcul des systèmes d'irrigation localisée nécessite la connaissance au moins approximative, des paramètres de l'équation de flux et une indication sur la variabilité de fabrication du goutteur. Ainsi, La présente étude a été réalisée dans le but d'évaluer les performances hydrauliques de certains goutteurs commercialisés sur le marché national et d'améliorer la compréhension du fonctionnement des goutteurs de micro-irrigation vis-à-vis du risque de colmatage et les conséquences sur leur durabilité.

L'objectif de ce travail peut être résumé comme suit :

- Etudier les performances hydrauliques et mécaniques des goutteurs.
- Contrôler les caractéristiques techniques des équipements d'irrigation et leur Fonctionnement.
- Suivre le colmatage des goutteurs ainsi que l'homogénéité des débits sortants dans le temps suivant le protocole expérimental retenu.

Matériels Et Méthodes

1. Introduction :

Pour étudier les performances et fiabilités des goutteurs et contrôler les caractéristiques techniques des équipements d'irrigation (les canalisations de polyéthylène) et leur fonctionnement, nous avons fait des tests au sein du laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation qui fait partie de l'Institut National Des Sols, de l'Irrigation et du Drainage D'Alger. En parallèle, et dans l'optique d'étudier les problèmes techniques posés par la réutilisation des eaux usées épurées par l'irrigation localisée (la micro-irrigation), nous avons mené une étude sur le terrain qui consiste à tester du matériel d'irrigation localisée en conditions réelles soumis à des apports répétés d'EU traitées. On suivra le colmatage des distributeurs et l'homogénéité des débits sortants des goutteurs d'une installation prototype représentant deux réseaux de micro irrigation placés derrière le laboratoire de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique. Ces tests ont porté sur les équipements d'irrigation fournis par trois constructeurs (Goutteurs et conduites locaux ; goutteur AIT Italy étranger).

2. Description des sites d'études et du protocole expérimental :

2.1 Description des sites expérimentaux :

2.1.1 Description du laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation :

Le laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation est le fruit de la coopération Algéro-Espagnole entre le MADR et l'Agence Espagnole de Coopération Internationale pour le développement. Il est équipé actuellement de quatre bancs d'essais basiques et sera complété au fur et à

Figure II.1 – Le Laboratoire du L'INSID



Les bancs d'essais sont:

- Banc d'essai goutte à goutte.
- Banc d'essai d'aspersion.
- Banc d'essai de résistance des matériaux.
- Banc d'essai de durabilité des asperseurs.

Pour le banc d'essai de la résistance des matériaux, nous avons quatre essais :

- Essai de détermination de la teneur en noir de carbone par calcination et pyrolyse.
- Essai de détermination de la dispersion du noir de carbone
- Essai de détermination du temps d'induction à l'oxydation
- Essai de détermination de la résistance à la pression interne

2.1.2 Description du site expérimental au niveau de l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique :

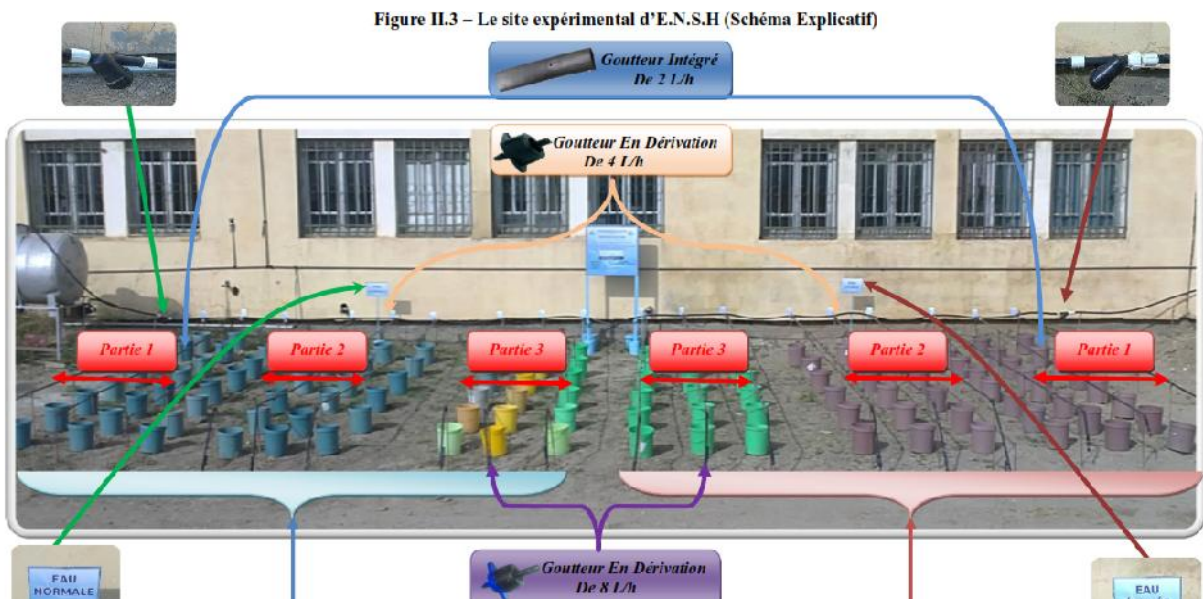
Nous avons réalisé une installation prototype représentant deux réseaux de micro irrigation placés derrière le laboratoire de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique. Les différents matériels utilisés sont décrits en détail dans l'annexe II.B.



Figure II.2 – Le site expérimental d'E.N.S.H

L'objectif de ces dispositifs expérimentaux installés est le suivi in situ de la sensibilité des différents goutteurs au colmatage. Nous avons travaillé sur une surface de 160 m² (20m x 8m), sur laquelle nous avons disposé deux réseaux d'irrigation localisée, tel que le premier réseau est destiné à l'eau normale ou conventionnelle du robinet par contre l'autre réseau est alimenté par l'eau épurée de la station de traitement et d'épuration des eaux usées du CHENOUA de la wilaya de Tipaza, cette eau est stockée dans une bache d'eau enterrée près de notre réseau. Chaque réseau est constitué de trois parties contenant trois rampes. Chaque partie comporte un type du goutteur qu'on le doit tester.

Figure II.3 – Le site expérimental d'E.N.S.H (Schéma Explicatif)



2.2 Protocoles expérimentaux suivis sur les deux sites :

2.2.1. Protocole expérimental suivi sur laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation INSID:

Puisque nous sommes dans le cas d'irrigation localisée, nous avons utilisé :

- *le banc d'essai goutte à goutte* : Le banc d'essai est conçu pour permettre la détermination du coefficient de variation de fabrication des goutteurs, et de la courbe caractéristique selon la méthode indiquée dans la norme ISO 9261 ou UNE 68075, pour toute sorte de goutteurs ainsi que pour les tuyauteries émettrices.
- *le banc d'essai de résistance des matériaux* : nous avons fait l'essai de détermination de la teneur en noir de carbone par calcination et pyrolyse.

2.2.1.1 Protocole expérimental suivi sur le banc d'essai goutte à goutte :

2.2.1.1.1 Identification du matériel à tester :

Nous avons testé deux types de goutteur autorégulant du même fabricant (**fabrication algérienne**), ayant des débits nominaux de 4 et 8 L/h référence normative est : *ISO 9261 :2004 : MATERIEL AGRICOLE D'IRRIGATION, Distributeurs et tuyaux-distributeurs*.

2.2.1.1.2 Condition de l'essai :

- La température de l'eau durant l'essai : $23 \pm 3^\circ\text{C}$.
 - Précision de la mesure : 1% Pression P, 0.5% Débit Q.
 - L'eau filtrée à 75-100 m
 - la pression ne doit pas varier de plus de 2 %.
 - Echantillon contenant au moins 25 goutteurs pris au hasard.
 - La pression maximale du goutteur : 4 bars
 - La pression minimale du goutteur : 1 bar
- Répétition : deux fois.

2.2.1.1.3 Procédures de l'essai :

A. Détermination du coefficient de variation (CV) selon la norme ISO9261. Pour calculer le CV du goutteur, on collecte un volume d'eau bien défini durant un temps bien défini à partir des 25 goutteurs à la pression moyenne du goutteur ensuite on calcule le CV selon la formule suivante :

B. Détermination de la courbe caractéristique selon la norme ISO9261 : Pour la détermination de la courbe caractéristique (débit-pression) on soumet les 25 goutteurs à leurs pression minimale ensuite on l'augmente avec un intervalle de 50 KPa jusqu'à arriver à une pression $1.2P_{\text{Max}}$ après elle descend jusqu'à la pression minimale avec des intervalles de 50 KPa

C. Déterminations de la valeur de m et k selon les relations suivantes :

$$m = \frac{\sum(\lg p_i)(\lg \bar{q}_i) - \frac{1}{n}(\sum \lg p_i)(\sum \lg \bar{q}_i)}{\sum(\lg p_i)^2 - \frac{1}{n}(\sum \lg p_i)^2} \quad k = e^{\left[\frac{\sum \ln \bar{q}_i}{n} - \frac{m \times \sum \ln p_i}{n} \right]}$$

2.2.1.2 Protocole expérimental suivi sur le banc d'essai de la résistance des matériaux :

2.2.1.2.1 Identification du matériel à tester :

Nous avons testé deux types de tube PE (Polyéthylène) du même fabricant (**fabrication algérienne**): La référence normative est : *ISO 6964* (l'essai de détermination de la teneur en noir de carbone).

2.2.1.2.2 Procédures de l'essai :

A. L'essai de détermination de la teneur en noir de carbone :

Nous avons utilisé dans cet essai le testeur de noir en carbone, cet appareil est utilisé afin de déterminer la teneur en noir de carbone des poly-oléfiniques, la méthode d'essai se base sur la pyrolyse de matière plastique dans un flux de gaz inerte (azote) à haute température.

Nous avons suivi les étapes suivantes :

- Pyrolyse à $550 \pm 50^\circ\text{C}$ dans un courant **d'azote**, pendant 45 min, **d'une** quantité spécifiée de mélange, suivi d'une calcination à $900 \pm 50^\circ\text{C}$
- Calcul la teneur en noir de carbone à partir de la différence des masses avant et après calcination et pyrolyse.

2.2.2 Protocole expérimental suivi sur le site expérimental de l'E.N.S.H :

2.2.2.1. Eaux utilisées pour l'expérimentation:

L'eau utilisée dans nos réseaux provient des conduites d'alimentation e eau potable pour ce qui est de l'eau normale et de la station d'épuration de Tipaza pour l'eau épurée.

2.2.2.1.1. Eau usée épurée :

A. Localisation de la STEP :

La STEP est située à la sortie de la ville de Tipaza sur la route allant vers Chanoua.

Elle est destinée à épurer les eaux résiduaires avant rejet dans l'oued Nador. Cette station prend en charge les rejets de TIPAZA, NADOR, SIDI MOUSSA et SIDI AMAR. Elle est fonctionnelle depuis janvier 2008.

La capacité nominale de la station d'épuration de Tipasa est de 70 000 équivalents habitants, elle a été conçue pour traiter un débit de 10 500 m³/j par le processus de boues activées à faible charge. Elle traite principalement les eaux usées urbaines domestiques.

B. Caractéristiques physico-chimique des eaux usées épurées:

Les paramètres physico-chimiques sont principalement:

- **pH.**
- **La conductivité électrique.**
- **Les matières en suspension (MES).**

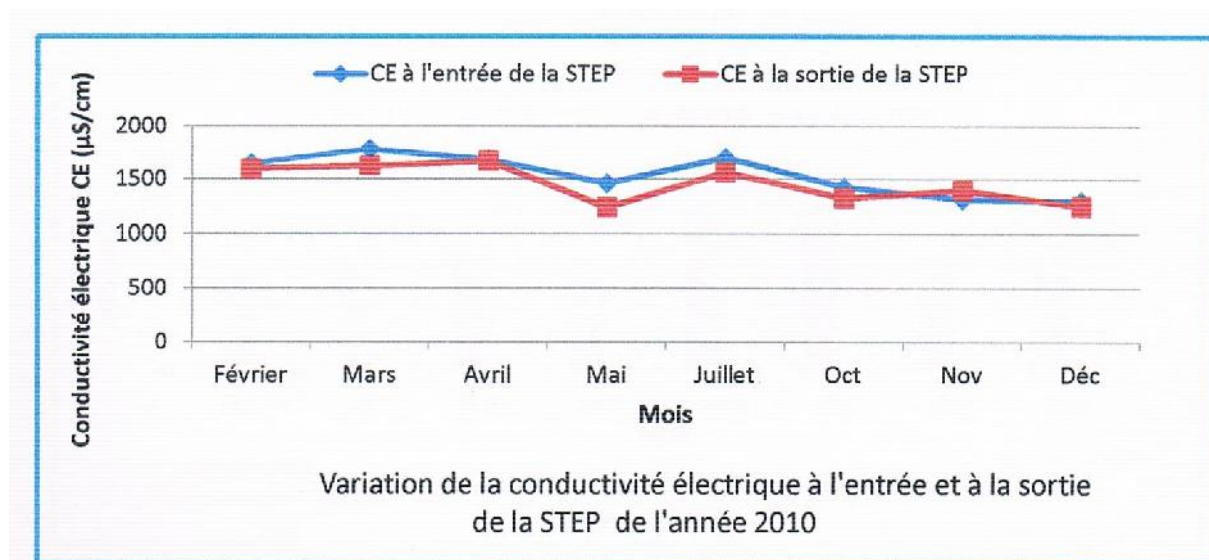


Figure II.4 – Variation de la conductivité électrique à l'entrée et à la sortie de la STEP de l'année 2010

Courbes pH:

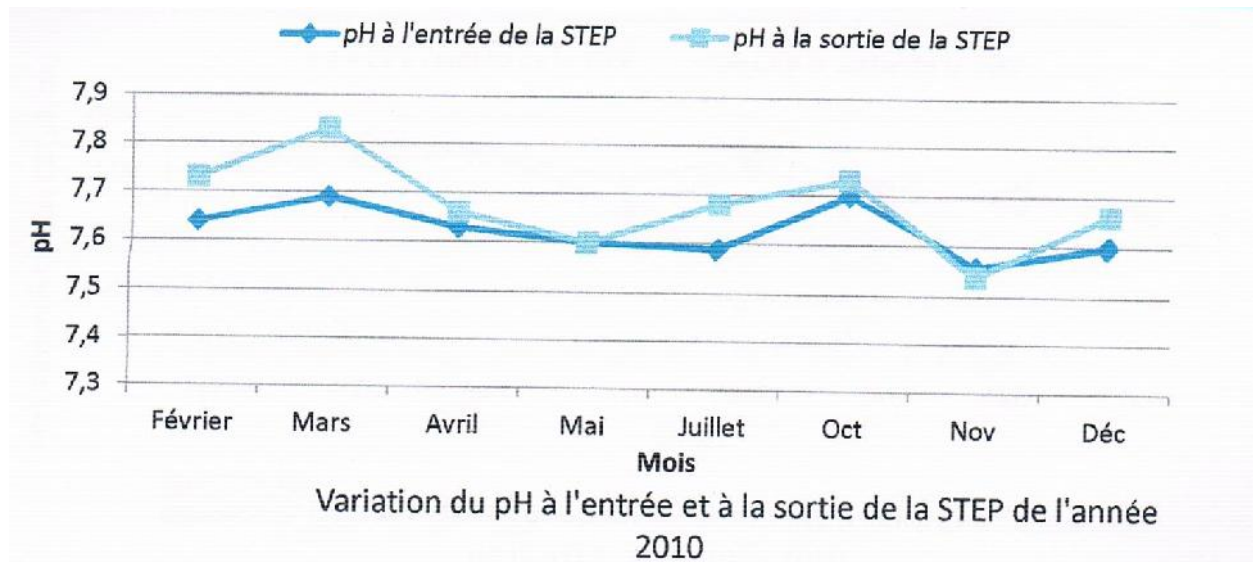


Figure II.5 – Variation du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP de l'année 2010

Résultats et Discussion

1. Résultats du laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation et discussions :

1.1 Banc d'essai goutte à goutte :

Le banc d'essai a pour rôle de déterminer les principales caractéristiques des différents types des goutteurs :

1.1.1 Uniformité du débit (Détermination du coefficient de variation « CV » selon la norme ISO9261) :

1.1.1.1 Résultats d'essai :

A. Goutteur de fabrication algérienne Autorégulant De 4 L/h :

Le tableau récapitule les débits émis par les 25 goutteurs pour une pression moyenne d'essai de 215 kps et le CV de goutteur (deux essais) :

1.1.1.2 Interprétation des résultats :

A. Goutteur de fabrication algérienne Autorégulant De 4 L/h :

Le coefficient de variation du goutteur $CV = 13,37\%$ est supérieur à 7% (Seuil admissible aux normes internationales). Le débit moyen de l'essai s'écarte du débit nominal déclaré par le fabricant (: 4 l/h) de plus de 7%.

Ne répond pas à la norme ISO9261.

B. Goutteur de fabrication algérienne Autorégulant De 8 L/h :

le coefficient de variation du goutteur $CV = 28,14\%$ est supérieur à 7%.

Le débit moyen de l'essai s'écarte du débit nominal déclaré par le fabricant (: 8 l/h) de plus de 7%.

Ne répond pas à la norme ISO9261

Conclusion des essais : Les 2 goutteurs ne sont pas conformes à la norme ISO9261. Une autre caractéristique très importante est aussi déterminée par le banc d'essai c'est la variation du débit en fonction de la pression.

1.1.2 Courbe débit-pression

Pour tracer la courbe débit-pression on prend des pressions croissantes pour les goutteurs non autorégulants et des pressions croissantes et décroissantes pour les goutteurs autorégulants.

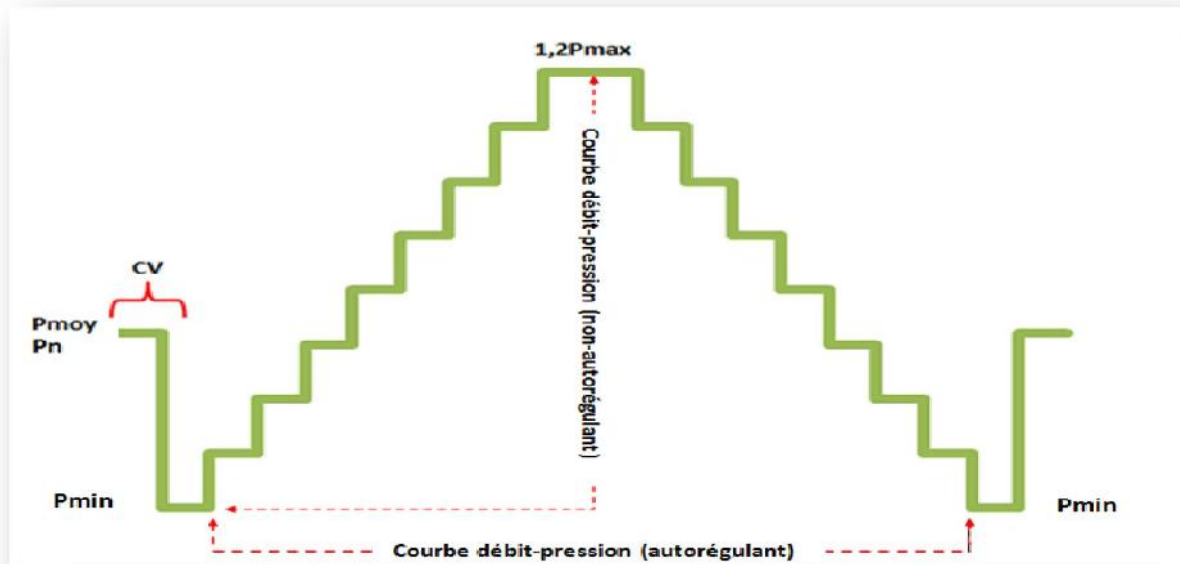


Figure III.1 - Différents niveaux de pression pour déterminer la courbe débit-pression des goutteurs autorégulants et non autorégulants (Source [1]).

1.1.2.1 Résultats d'essai :

A. Goutteur de fabrication algérienne Autorégulant De 4 L/h :

B. Goutteur de fabrication algérienne Autorégulant De 8 L/h :

1.1.2.2 Interprétation des résultats

A. Goutteur de fabrication algérienne autorégulant de 4 L/h:

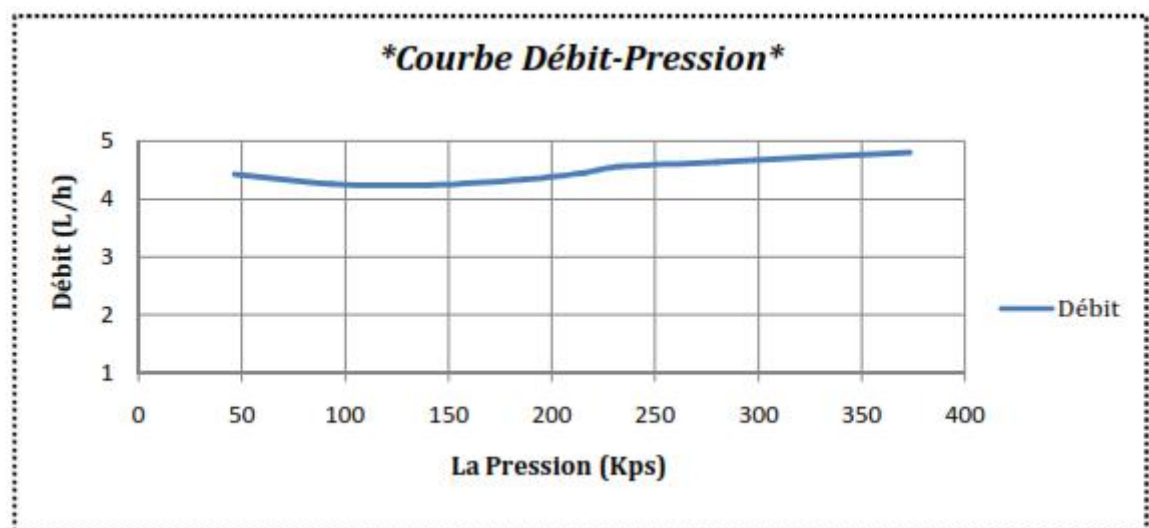


Figure III.2 – Courbe Débit-Pression du goutteur 4 L/h

1.2 Banc d'essai de la résistance des matériaux :

Un autre banc d'essai a pour rôle de tester la qualité des matériaux entrant dans la fabrication des conduites. il s'agit :

- Teneur en noir de carbone.
- Dispersion du noir de carbone.
- Temps d'induction à l'oxygénation (vieillessement).
- Résistance à la pression interne.

Les essais faits au niveau du laboratoire de l'INSID par notre part en présence des responsables ont porté sur les 3 premiers tests. Malheureusement nous n'avons pu prendre que les résultats de l'essai de la teneur en noir de carbone. les deux autres étant tenus confidentiels.

2. Résultats de l'analyse et mesure des caractéristiques techniques des goutteurs sur le site expérimental de l'E.N.S.H et discussions :

Afin d'assurer le bon déroulement des expériences, il fallait gérer les deux réseaux d'irrigation installés sur notre site expérimental (Réseau témoin « l'eau Normale ou conventionnelle », Réseau expérimental « l'eau épurée »), pour cela nous avons vérifié le débit en sortie des goutteurs alimentés par les deux qualités d'eau.

Nous rappelons que l'objectif de ces dispositifs expérimentaux installés est le suivi in situ de la sensibilité des différents goutteurs au colmatage, alors nous avons cherché à vérifier que les goutteurs restaient exempts de colmatage au travers de la vérification du débit en sortie de chaque type du goutteur de chaque réseau. Les suivis du débit en fonction de pression et du temps sont mentionnés en détail dans *l'annexe III.A*.

2.1 Variation du débit des goutteurs :

L'objectif est de suivre l'évolution du débit de l'ensemble des goutteurs (fabrication locale et étrangère) au cours de l'expérimentation.

2.1.1 Résultat des essais :

Les courbes ci-dessous montrent les variations des débits moyens des trois types des goutteurs de chaque réseau :

2.1.1.1 Réseau témoin alimenté par l'eau normale (réseau N=°1) :

A. Goutteur AIT Italy Intégré de 2 L/h :

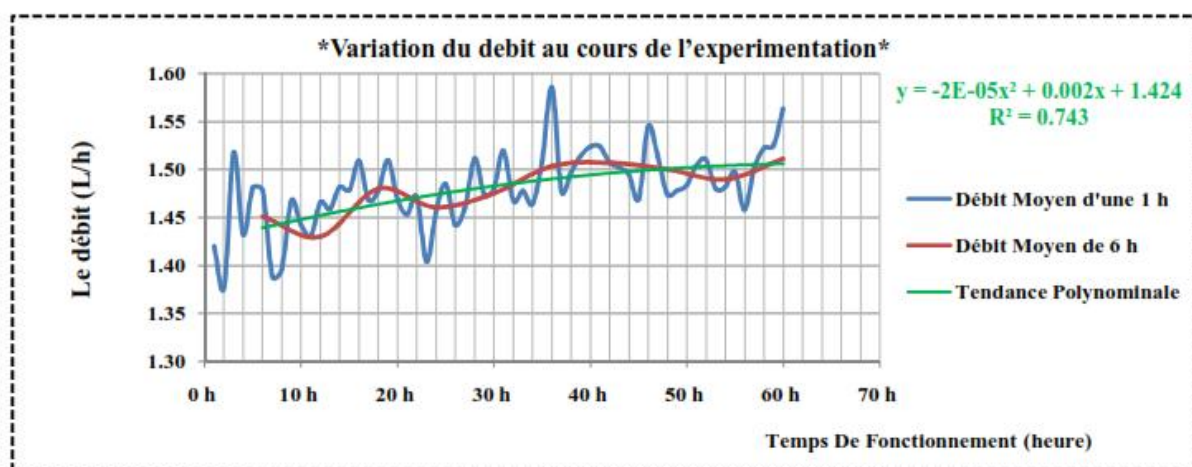


Figure III.4 – Courbes de variation du débit durant le temps de fonctionnement de 60 heures (goutteur 2 L/h - Eau normale)

❖ **Remarque :** le débit utilisé est le débit moyen des 24 goutteurs intégrés (8 par rampe) qu'on a déjà choisi et spécifié.

B. Goutteur local autorégulant de 4 L/h :

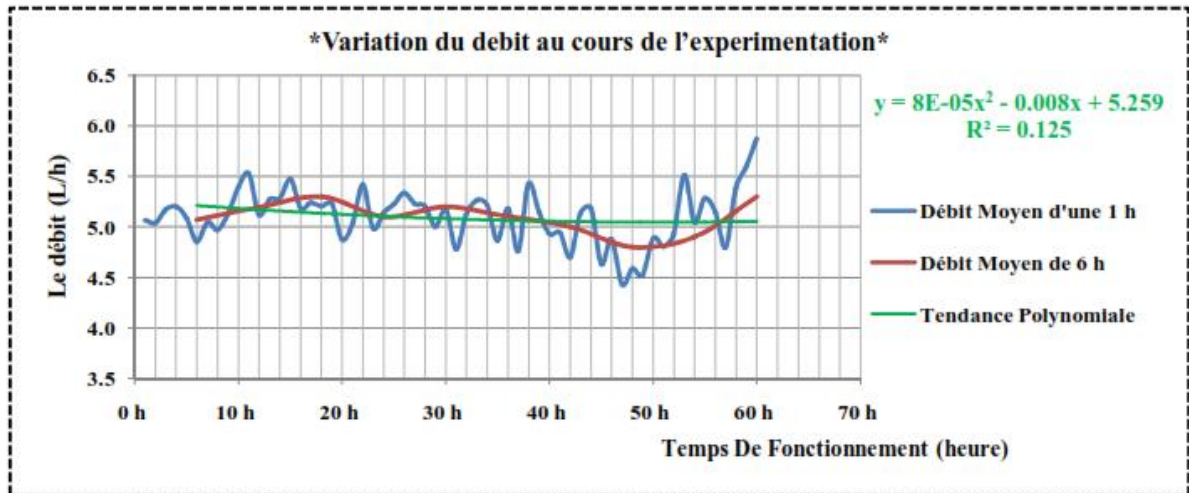


Figure III.5 – Courbes de variation du débit durant le temps de fonctionnement de 60 heures (goutteur 4 L/h - Eau normale)

❖ **Remarque :** le débit utilisé est le débit moyen de 18 goutteurs (tous les goutteurs) qui ont été déjà montés.

C. Goutteur local autorégulant de 8 L/h :

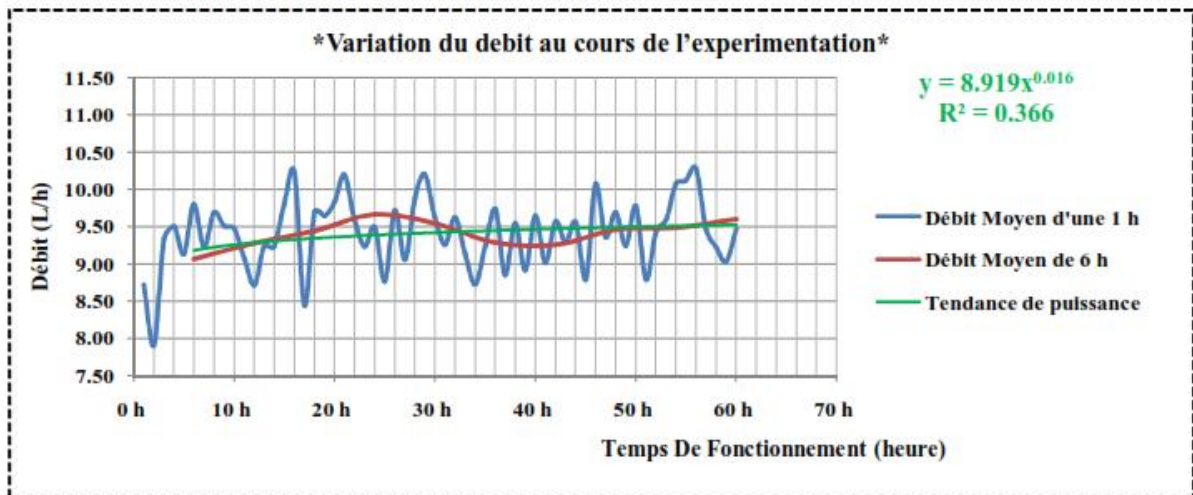


Figure III.6 – Courbes de la variation du débit durant le temps de fonctionnement de 60 heures (goutteur 8 L/h - Eau normale)

☞ Le même travail est fait en utilisant les eaux épurées.

2.1.1.2 Réseau expérimental alimenté par l'eau épurée (réseau N=02) :

A. Goutteur AIT Italy Intégré de 2 L/h :

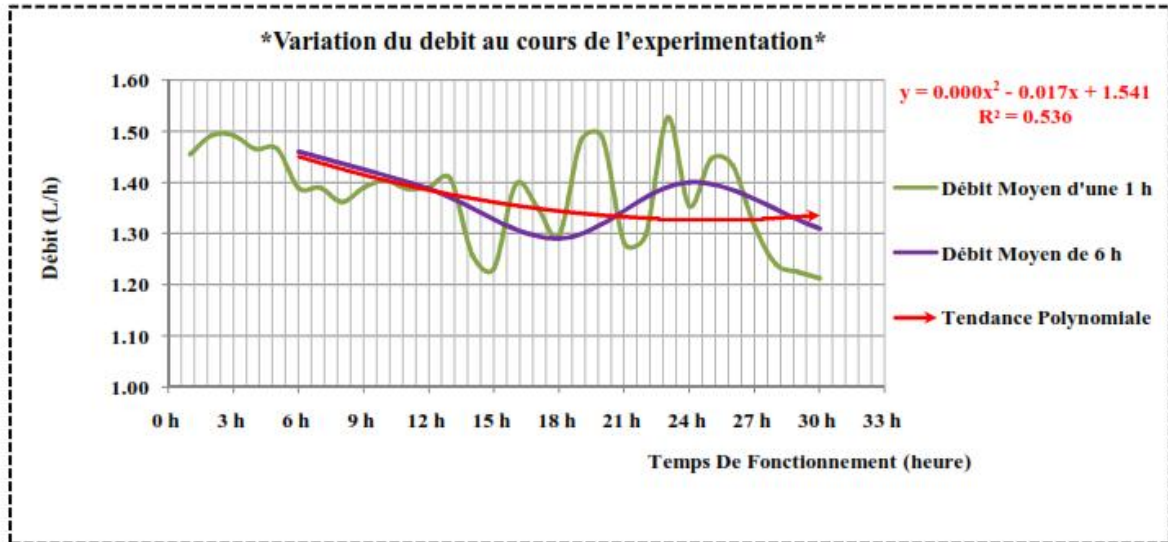


Figure III.7 – Courbes de la variation du débit durant le temps de fonctionnement de 30 heures (goutteur 2 L/h - Eau épurée)

B. Goutteur local autorégulant de 4 L/h :

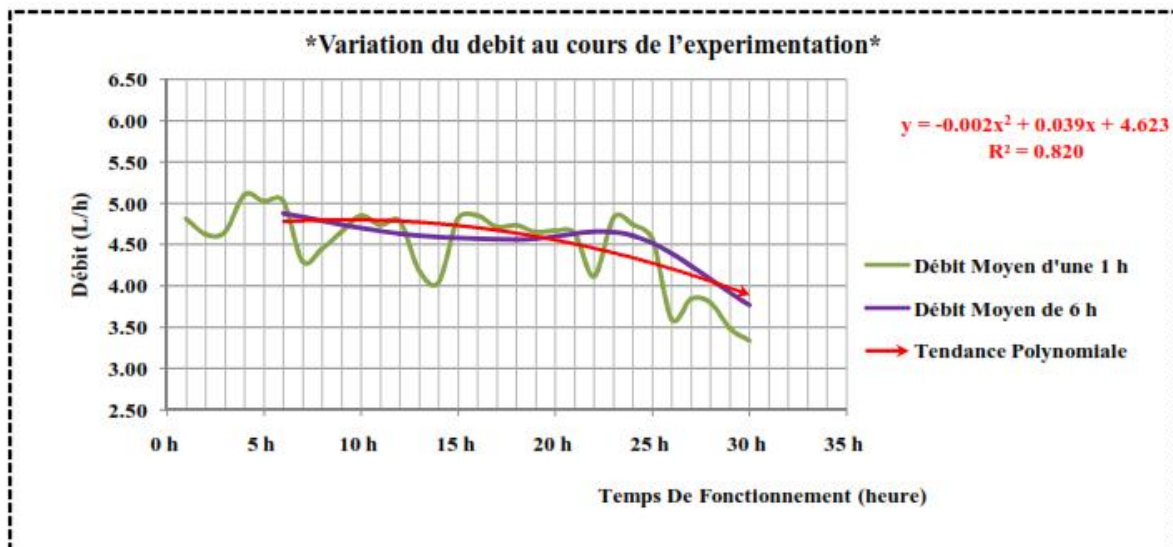


Figure III.8 – Courbes de la variation du débit durant le temps de fonctionnement de 30 heures (goutteur 4 L/h - Eau épurée)

C. Goutteur local autoregulant de 8 L/h :

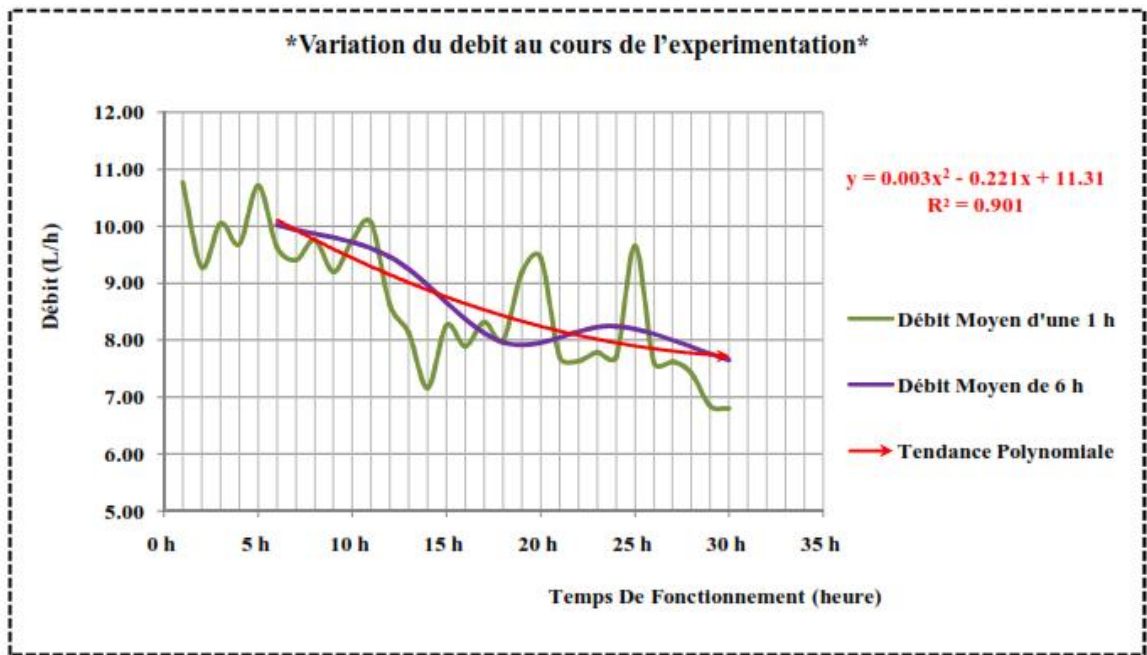


Figure III.9 – Courbes de la variation du débit durant le temps de fonctionnement de 30 heures (goutteur 8 L/h - Eau épurée)



L'objectif de la courbe de tendance est d'ajuster nos courbes expérimentales pour arriver à déterminer le sens de variation et d'évolution du débit (augmentation, diminution) et même obtenir des prévisions basées sur le passé pour des périodes souhaitées du futur, et on a choisi le type de la courbe de tendance entre six type (Linéaire, Logarithmique, Polynomiale, Puissance, Exponentielle, Moyenne mobile) à partir du coefficient de détermination (r^2) tel que le type est plus fiable lorsque son coefficient de détermination (r^2) est égal ou proche de 1.

Dans nos cas, le type le plus utilisé est le type de tendance polynomiale qui est généralement utilisée pour représenter des fluctuations de données. Elle s'avère bien pratique notamment pour analyser des pertes et des profits sur un vaste ensemble de données.

2.1.2 Interprétation des résultats :

2.1.2.1 Réseau témoin alimenté par l'eau normale (réseau N=01) :

A. Goutteur AIT Italy Intégré 2 L/h :

Nous Calculons Le coefficient de variation
Cv et Ec la variation de débit par rapport au débit
nominal selon les formules :

$$CV \% = \frac{\sigma(q)}{\bar{q}} \quad \text{et} \quad Ec \% = \frac{\bar{q} - q(n)}{q(n)}$$

Tel que : - $\sigma(q)$: Ecart type du débit.
- $\bar{q}$: Débit Moyen.
- $q(n)$: Débit Nominal.

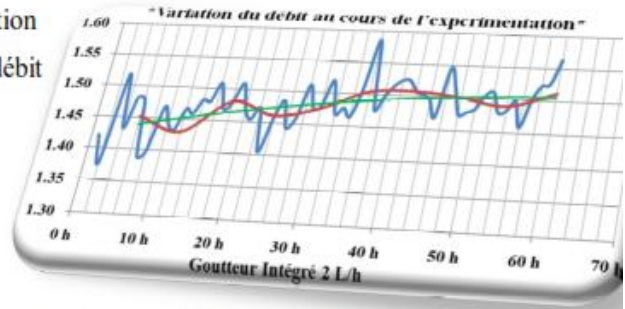


Figure III.10 – Photo de la courbe de variation du débit
(Goutteur 2 L/h –Eau normale)

On trouve que : $\sigma(q) = 0.03 \text{ L/h}$ l'écart type est faible alors les données sont très proches les unes des autres
Cv = 2% selon protocole Cemagref, notre goutteur est très bon (TB)
Ec = 4% selon protocole ISO, notre goutteur est de Classe A.

❖ Remarque :

- Le protocole ISO a défini une classification présentée dans la norme ISO9261 qui définit deux classes, A et B, correspondant aux exigences suivantes :
 - ✓ **Classe A** : La variation de débit moyen de l'échantillon Ec par rapport au débit nominal $q(n)$ et la valeur du CV sont inférieures à 5 %.
 - ✓ **Classe B** : La variation de débit moyen de l'échantillon Ec par rapport au débit nominal $q(n)$ et la valeur du CV sont supérieures à 5% et inférieures à 10%.
- Pour le débit nominal à 1 bar (Notre pression de service), nous l'avons tiré à partir de la courbe de performance (Débit-Pression) fournie par le revendeur **CHIALI** dans son catalogue technique.

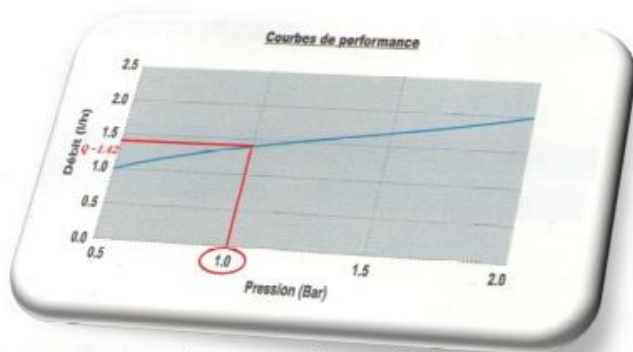


Figure III.11 - Courbe de performance et la page 47
du catalogue technique de **CHIALI**

3. Pour la sensibilité des goutteurs au colmatage, nous n'avons remarqué aucune influence ou diminution du débit durant cette période expérimentale, de même dans le cas d'une prévision de 20h basée sur le passé à l'aide d'une courbe de tendance.

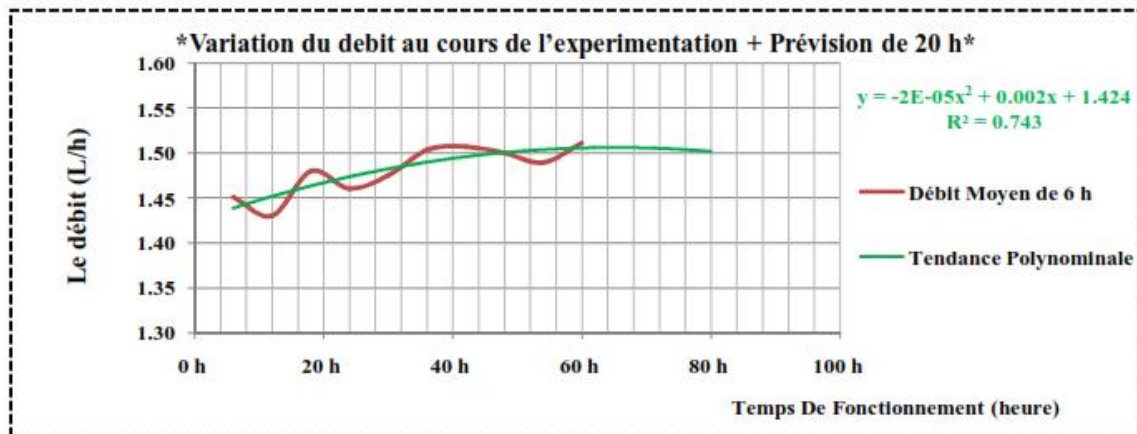
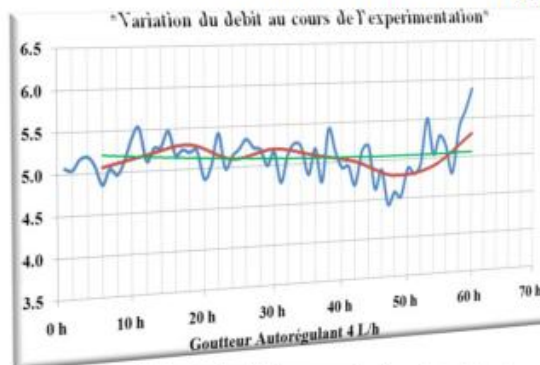


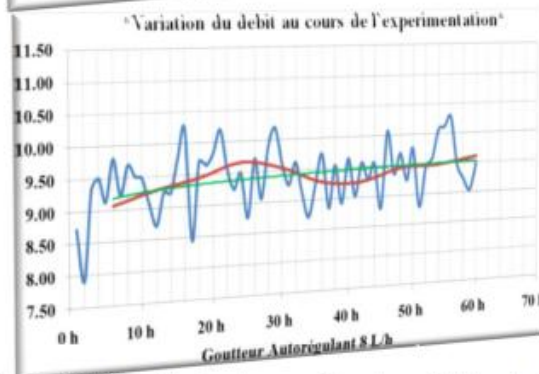
Figure III.12 – Courbes de la variation du débit durant le temps de fonctionnement de 60 heures + 20 de prévision (Goutteur 2 L/h – Eau épurée)

B. Goutteurs locaux autorégulants de 4 et 8 L/h :



Pour le goutteur de 4 L/h, on a trouvé :

$$\Rightarrow : \begin{cases} \sigma(q) = 0.75 \text{ L/h} \Rightarrow \text{Valeurs dispersées} \\ C_v = 15\% \\ E_c = 28\% \end{cases} \Rightarrow \text{Mauvais Goutteur (Ma)}$$



Pour le goutteur de 8 L/h, on a trouvé :

$$\Rightarrow : \begin{cases} \sigma(q) = 2.14 \text{ L/h} \Rightarrow \text{Valeurs dispersées} \\ C_v = 23\% \\ E_c = 18\% \end{cases} \Rightarrow \text{Mauvais Goutteur (Ma)}$$

Figure III.13 – Photos des courbes de variation du débit (Goutteurs 4 et 8 L/h – Eau normale)

En plus pour la sensibilité des goutteurs au colmatage, on n'a remarqué aucune influence ou diminution du débit durant cette période expérimentale, l'état du tamis et ses mailles été dans un bon état (*figure III.14*).

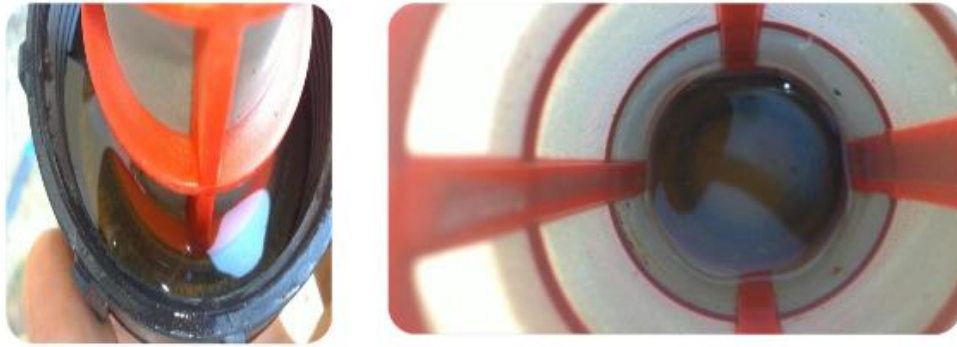


Figure III.14 - L'état du filtre du réseau N°1 (différentes vues)

2.1.2.2 Réseau expérimental alimenté par l'eau épurée (réseau N°2) :

Dans ce réseau contrairement à l'autre réseau, on a trouvé son filtre dans un mauvais état et ses mailles presque complètement obstruées (*figure III.15*)



Figure III.15 - L'état du filtre du réseau N°2 (différentes vues)

Et à partir des courbes de variation du débit(*figure III.16*), nous avons remarqué une diminution du débit à partir d'un certain temps de fonctionnement surtout au niveau de la deuxième partie (goutteurs autorégulant de 4 L/h) tel qu'avec une prévision de 12 heures, ses goutteurs seront totalement colmatés (*figure III.17*).

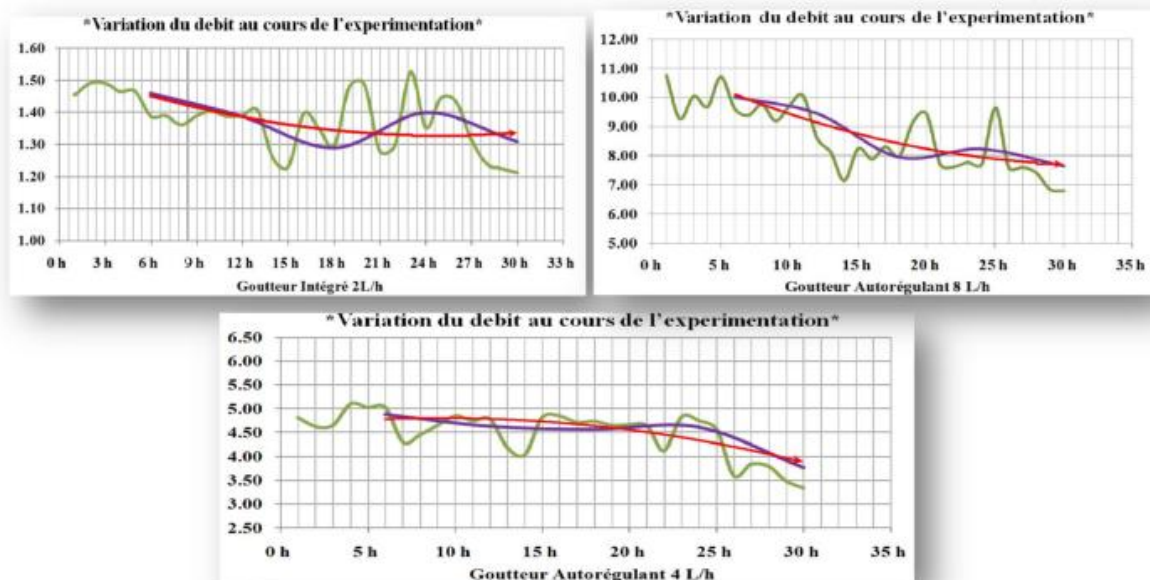


Figure III.16 – Photos des courbes de variation du débit pour les trois types des goutteurs (Eau épurée)

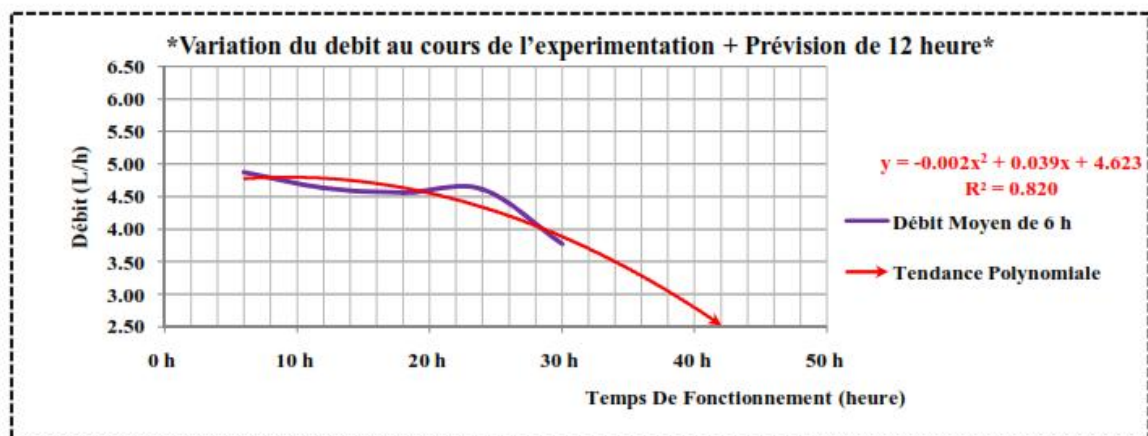


Figure III.17 – Courbes de variation du débit (goutteur 4 L/h) durant le temps de fonctionnement de 30 heures + Prévion de 12 h (Eau épurée)

Les courbes suivantes (*Figure III.17 et 18 et 19*) des évolutions temporelles du pourcentage de variation des débits de distribution par rapport au débit initial (E_c) pour les différents types du goutteur des deux réseaux montrent le changement du débit et comparent bien les deux cas (cas d'eau normale et le cas d'eau épurée).

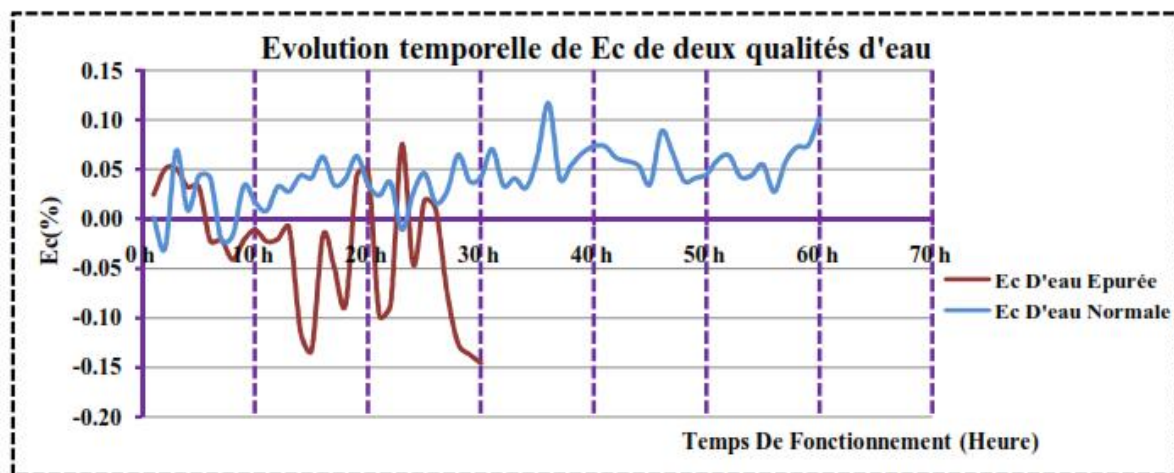


Figure III.18– Courbes d'évolution temporelle de *Ec* du goutteur *intégré de 2 L/h*

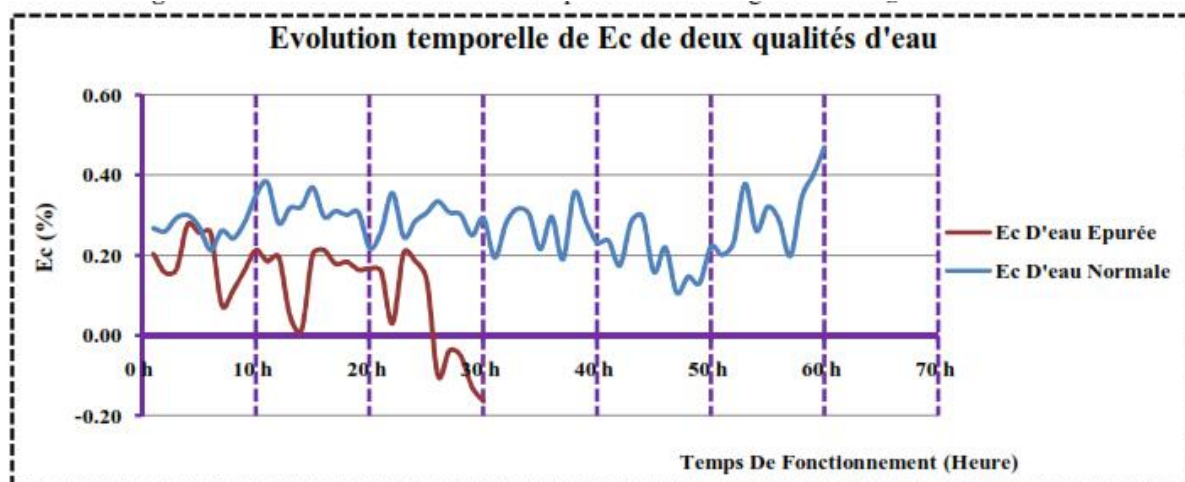


Figure III.19– Courbes d'évolution temporelle de *Ec* du goutteur *autorégulant de 4 L/h*

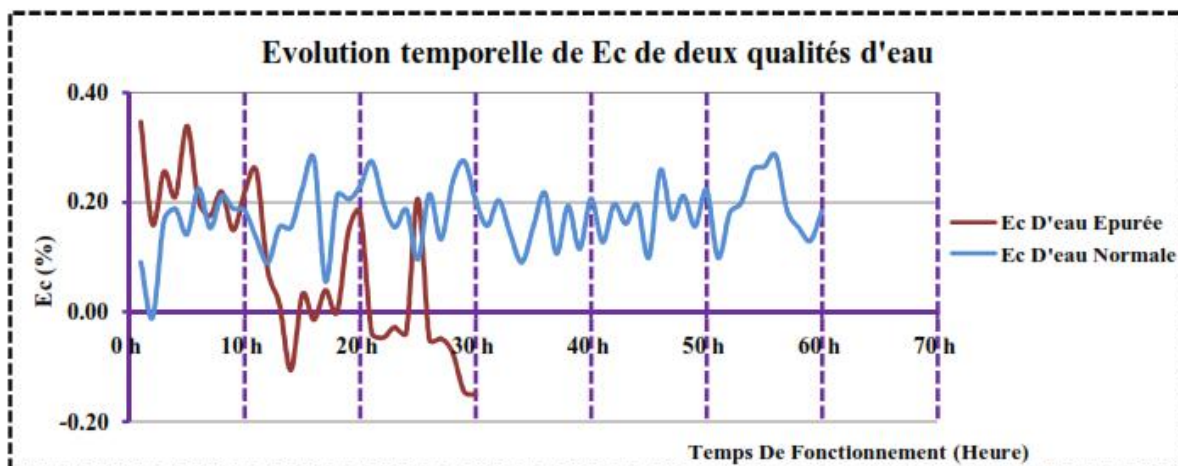


Figure III.20– Courbes d'évolution temporelle de *Ec* du goutteur *autorégulant de 8 L/h*

- ❖ **Remarque :** nous avons observé l'apparition de signes de colmatage sur certain goutteurs de même nous avons trouvé aussi des goutteurs presque complètement colmatés comme les goutteurs autorégulants de 4 L/h numéros : G3.4 (Goutteur 4 de la troisième ligne) et G3.6 (Goutteur 6 de la troisième ligne) « *Figure 3.21* »

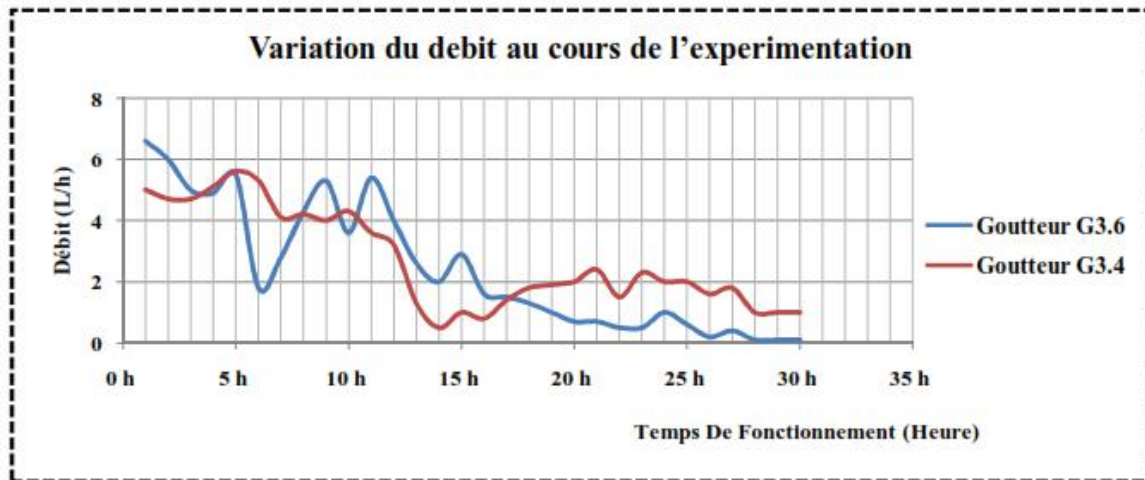


Figure III.21–Variation du débit des goutteurs autorégulants (4 L/h) : *G3.4* et *G3.6* (*Eau épurée*)

2.2 Uniformité de la distribution de débit dans les goutteurs :

L'évaluation de l'uniformité temporelle de la distribution de l'eau repose en partie sur l'analyse du coefficient d'uniformité (C_u). Ce coefficient correspond au rapport du débit moyen des quatre débits les plus faibles au débit moyen de l'ensemble des mesures ($\bar{q}$) :

- ✓ la moyenne de l'ensemble des débits mesurés



$$\bar{q} = \frac{\text{Somme des } n \text{ valeurs}}{n}$$

- ✓ la moyenne des 4 mesures de débit les plus faibles



$$\bar{q}_{\min} = \frac{\text{Somme des 4 valeurs des débits les plus faibles}}{4}$$



Le coefficient d'uniformité est :

$$C_u \% = \frac{\bar{q}_{\min}}{\bar{q}}$$

- ☞ Une bonne uniformité se caractérise par une valeur du C_u élevée, proche de 100%

2.2.1 Résultat des essais :

Les courbes suivantes présentent l'évolution temporelle de Cu de chaque type du goutteur en fonction de la qualité d'eau :

A. Goutteur AIT Italy intégré de 2 L/h :

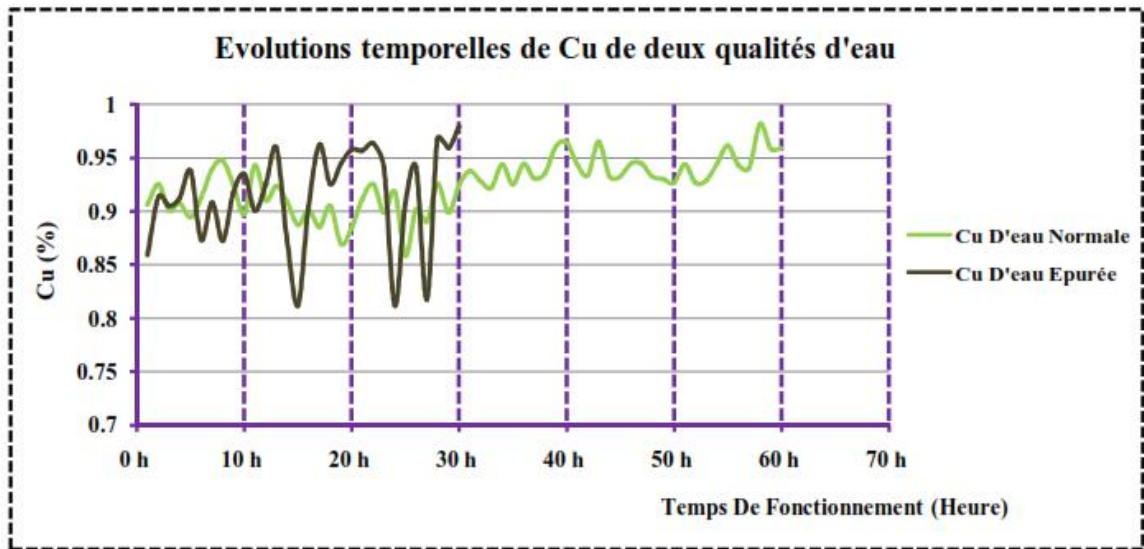


Figure III.22– Courbes d'évolution temporelle de Cu du goutteur *intégré de 2 L/h*

B. Goutteur local autorégulant de 4 L/h :

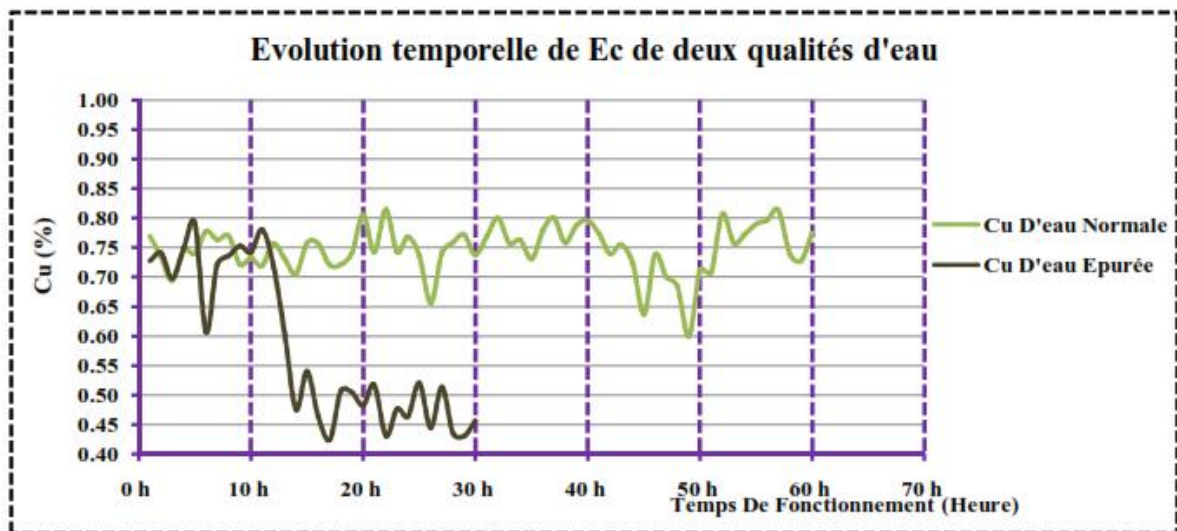


Figure III.23– Courbes d'évolution temporelle de Cu du goutteur *autorégulant de 4 L/h*

C. Goutteur local autorégulant de 8 L/h :

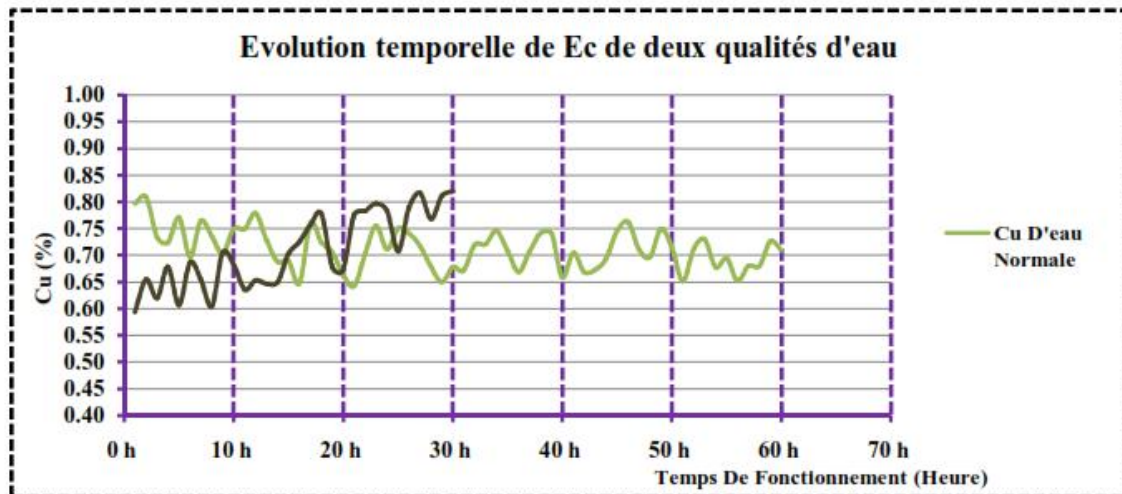


Figure III.24– Courbes d'évolution temporelle de Cu du goutteur *autorégulant de 8 L/h*

2.2.2 Interprétation des résultats :

Pour bien expliquer les courbes précédentes, nous les avons combinées avec les courbes d'évolution d' Ec au cours de l'expérimentation, le but étant de déterminer les sens de variation du débit, pour cela nous avons suivi les étapes suivantes :

- 1- Calculer la moyenne et l'écart moyen d'uniformité.
- 2- Si l'écart moyen est faible alors il n'y a pas un changement au niveau du débit d'ensemble des goutteurs sinon il existe un changement du débit.
- 3- Si il existe un changement alors il existe une diminution ou une augmentation du débit moyen, et pour cela nous allons voir le sens de variation des courbes d'évolution de Ec au cours de l'expérimentation (Si les courbes de Ec sont croissantes $\Rightarrow$ c'est une augmentation du débit, si elles sont décroissantes $\Rightarrow$ c'est une diminution du débit).
- 4- Si il y'a une diminution du débit, et puisque $Cu = \bar{Q}_{min}/Q_{moy}$ on va avoir deux cas :
 - A. La courbe de Cu est croissante $\Leftrightarrow$ Alors c'est une diminution du débit moyen

$$\hookrightarrow Cu \nearrow \text{ alors } Q_{moy} \searrow$$
 - B. La courbe de Cu est décroissante $\Leftrightarrow$ Alors c'est une diminution des quatre plus faibles débits

$$\hookrightarrow Cu \searrow \text{ alors } \bar{Q}_{min} \searrow$$

❖ **Remarque :** le but du calcul de l'uniformité moyenne est de vérifier et prouver les résultats du classement et la qualité de chaque type de goutteur, que nous avons déjà trouvé (Résultats des essais de coefficient de variation), tel que :

- ✓ Si $Cu \geq 90\%$: L'uniformité des débits est très bonne et l'état de notre réseau est parfait

- ✓ Si $Cu < 90\% - 70\%$: L'uniformité des débits est Mauvaise et l'état de notre réseau est mal
- ✓ Si $Cu < 70\%$: L'uniformité des débits est très Mauvaise et l'état de notre réseau est catastrophique

Ci après sont représentées les courbes combinant l'évolution du coefficient d'uniformité et EC:

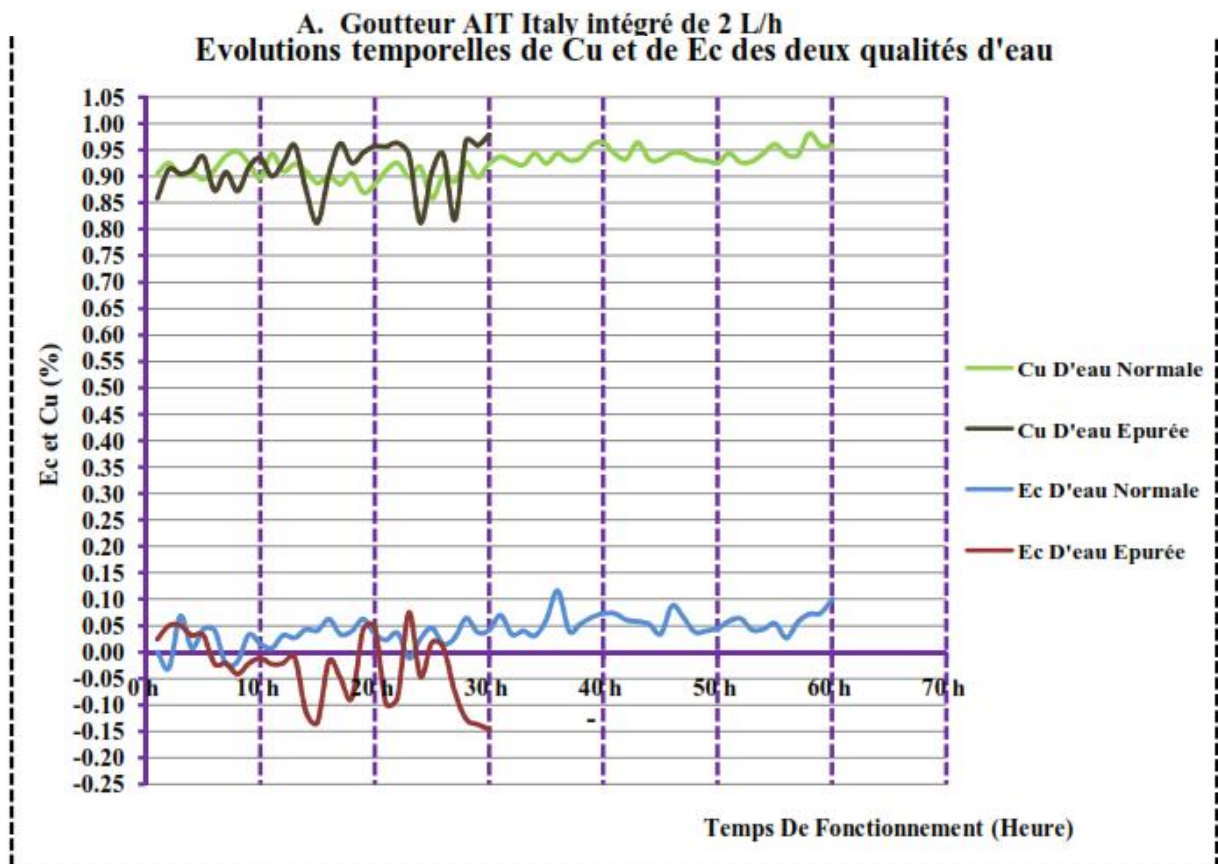


Figure III.25– Courbes d'évolution temporelle de *Cu* et *Ec* du goutteur *intégré de 2 L/h*

Le coefficient d'uniformité (*Cu*) pour l'eau normale est presque constant durant l'expérimentation avec une moyenne arithmétique de 93% et un écart moyen est égal 1.9% sur une période de 60 h et on peut expliquer cela par la faible valeur moyenne de *Ec*(variation du débit par rapport au débit initiale « nominal »)qui égale 4% ⇒ **Goutteur de la classe A**

Par contre dans le cas d'eau épurée et pour une période de 30h (la moitié du cas précédant) l'écart moyen du coefficient d'uniformité est de 3.6% bien que la moyenne arithmétique du CU soit égal à 92% et la valeur moyenne de *Ec* durant l'expérimentation soit égale à 6 % alors on peut dire qu'il ya des indications de début de colmatage.

B. Goutteur local Autorégulant de 4 L/h :

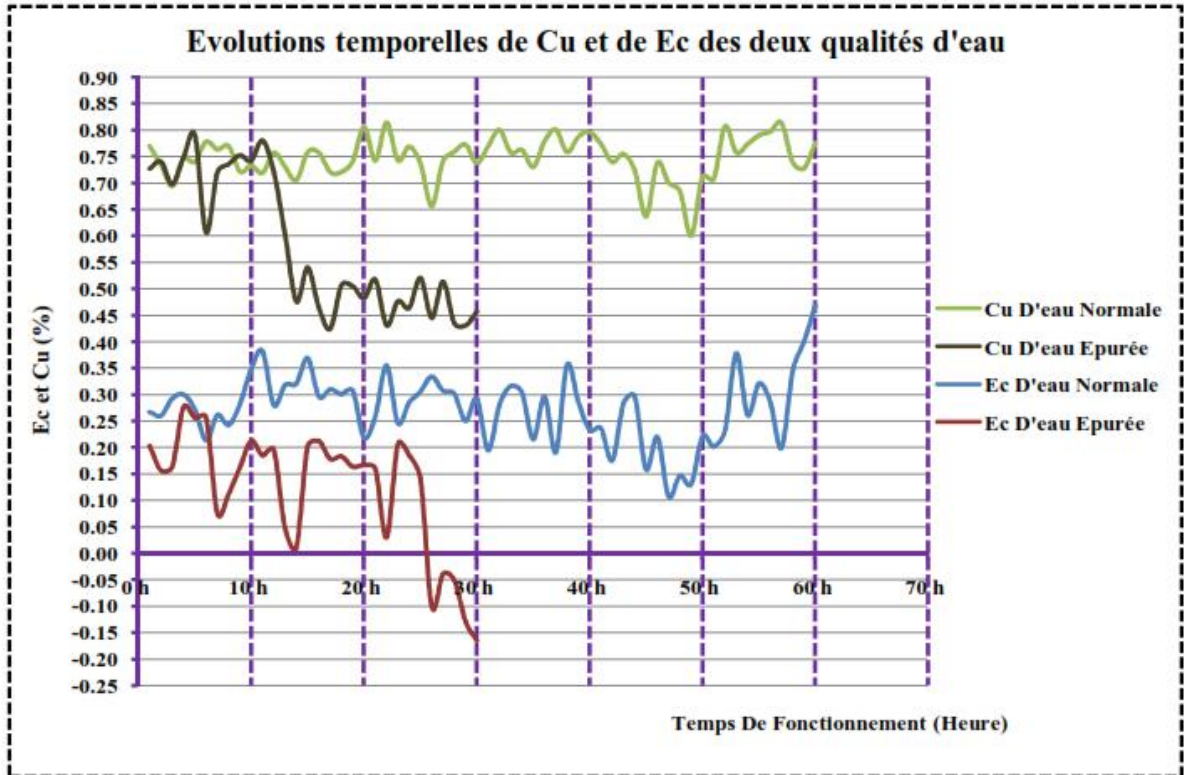


Figure III.26– Courbes d'évolution temporelle de Cu et Ec du goutteur *autorégulant de 4 L/h*

La variation du coefficient d'uniformité (Cu) pour l'eau normale durant l'expérimentation est d'un écart moyen de 3% avec une moyenne arithmétique de 75%, par contre dans le cas d'eau épurée la moyenne arithmétique est égale à 58 % avec un écart moyen d'uniformité de 12% cela implique qu'il ya une diminution (courbe de Ec est décroissante) des quatre faibles débits et qu'il existe des goutteurs en train de se colmater.

❖ **Remarque :** nous avons remarqué que la valeur du Cu de ces goutteurs est très mauvaise (75% et 58% $\Rightarrow$ Grand écart entre les faibles débits et leur moyenne) ceci est une preuve pour les résultats de classement qu'on a déjà trouvé, mais tous que nous intéresse ici c'est l'évolution de la variation du coefficient d'uniformité durant le temps de fonctionnement est-ce que les goutteurs vont conserver les mêmes écartements entre les débits au cours de l'expérimentation ou non, si c'est non alors le phénomène de colmatage s'installe.

C. Goutteur local Autorégulant de 8 L/h :

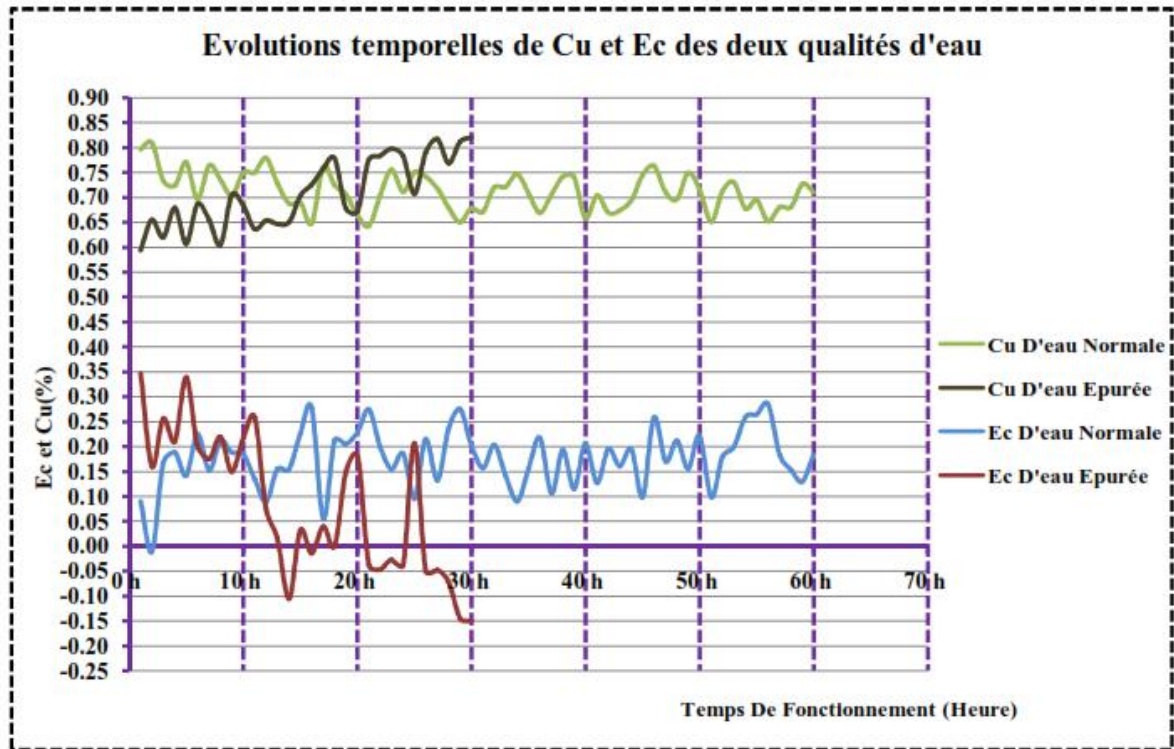


Figure III.27– Courbes d'évolution temporelle de *Cu* et *Ec* du goutteur *autorégulant de 8 L/h*

Pour l'eau normale, nous avons trouvé que l'uniformité est d'une moyenne de 71% avec un écart de 3% et pour l'autre cas où on a utilisé les eaux épurées, l'écart moyen d'uniformité est de 6% avec une moyenne d'uniformité de 71%.

Nous remarquons que la courbe de Cu dans le cas des eaux épurées est croissante et tend vers 85%. cette valeur parait importante et reflète une bonne uniformité ceci est paradoxale mais peut s'expliquer par la diminution du débit moyen de l'ensemble des goutteurs ($Cu = \bar{q}_{min}/q_{moy} \Rightarrow$ Si $Q_{moy} \searrow$ alors $Cu \nearrow$).

2.3 Courbe de performance Débit-Pression :

Ces courbes permettent de déterminer la constante dimensionnelle K et l'exposant m.

2.3.1 Résultats des essais :

Les tableaux récapitulent les débits mesurés sur les 4 meilleurs exemplaires de chaque type de goutteur en fonction de la variation de pression allant de 0.5/1/1.5/ et 2 bars (quatre répétitions) [voir les résultats en annexe III].

A partir de ces résultats nous avons obtenu les courbes de performance débit-Pression suivantes qui représentent la variation du débit moyen des quatre exemplaires pour les quatre répétitions en fonction de la pression :

A. Goutteur AIT Italy intégré de 2 L/h

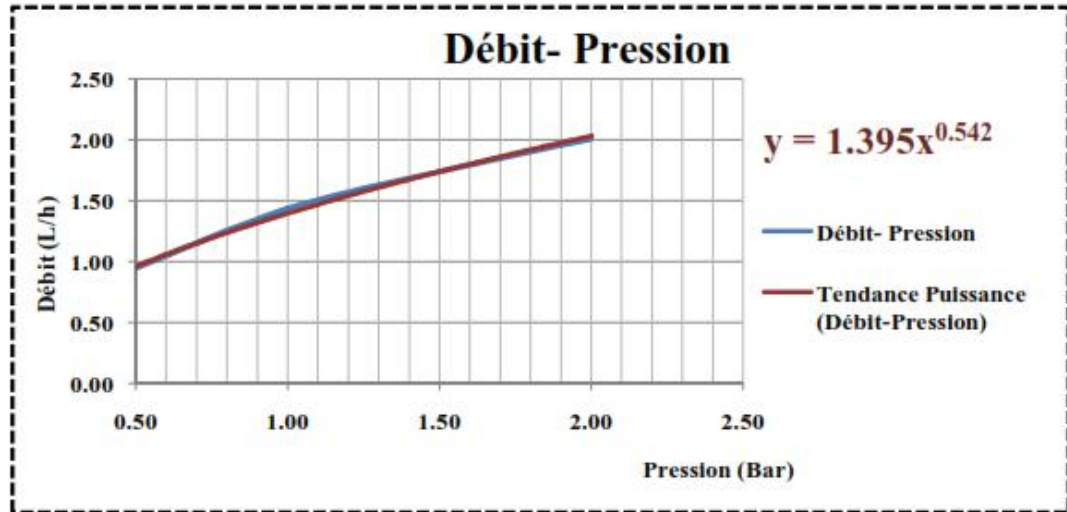


Figure III.28 – Courbe Débit-Pression du goutteur 2 L/h

B. Goutteur local autorégulant de 4 L/h :

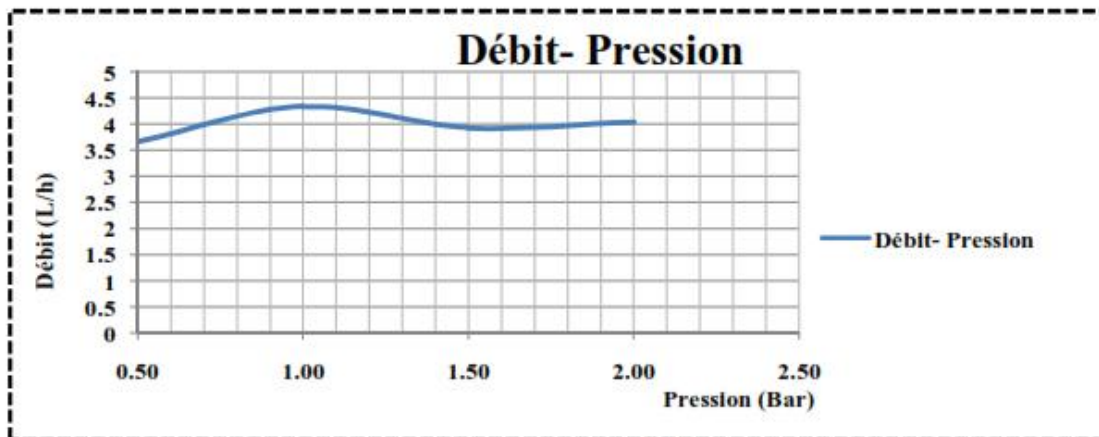


Figure III.29 – Courbe Débit-Pression du goutteur 4 L/h

❖ Remarque :

Pour arriver à représenter les équations obtenus par les essais de la courbe de performance, nous avons utilisé *MAFA Traceur de Courbes* qui est un logiciel qui permet de calculer, dessiner et afficher la courbe d'une fonction mathématique et aussi le tableau de valeurs directement en ligne à partir de ce site web : <http://www.mathe-fa.de/fr>

🔗 En conclusion de ce travail il ressort que l'analyse des caractéristiques techniques des goutteurs de fabrication locales faites au niveau de l'INSID et au niveau de notre station expérimentale est contradictoire. En effet la valeur des constantes dimensionnelles K et l'exposant m sont différentes .ceci peut s'expliquer par le fait que nous avons travaillé sur les quatre meilleurs goutteurs c'est-à-dire ceux dont les débits sortant se rapprochent du débit nominal et non sur l'ensemble des goutteurs.

De plus le nombre de goutteurs sur une rampe est nettement inférieur à celui du laboratoire de référence.

Cependant en ce qui concerne les valeurs du coefficient de variation du débit et celle de la variation du débit nominal elles se rejoignent car notre étude a porté sur l'ensemble des goutteurs mis en service

Ainsi la valeur de **K** et **m** aurait dû être mesurée sur l'ensemble des goutteurs et non sur un nombre réduit.

Hormis cette remarque, notre travail nous a permis quand même d'observer l'évolution des débits en fonction du temps et de la pression pour les deux qualités d'eau utilisées et de pouvoir prévoir le colmatage des goutteurs.

Le protocole expérimental demande à être affiné afin de pouvoir généraliser nos conclusions.

CONCLUSION

Afin d'étudier les performances et fiabilités des goutteurs en fonction de la qualité de l'eau et contrôler les caractéristiques techniques des équipements d'irrigation (les canalisations de PE), nous avons été amenés à diviser le travail en 2 parties, une partie portant sur le contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation et leur fonctionnement, et une deuxième partie consacrée au suivi in situ du phénomène de colmatage et à la sensibilité des différents types de goutteurs.

L'installation des dispositifs expérimentaux sur les deux sites nous a permis un suivi des paramètres à étudier: à savoir les coefficients de variation et d'uniformité et leur évolution, la courbe de performance et les caractéristiques des distributeurs (m , k), la teneur en noir de carbone des conduites et leur prédiction de la résistance aux UV (Les rayons Ultraviolets), et le colmatage des goutteurs

Dans une première étape, nous avons contrôlé les équipements d'irrigation au sein du laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation de l'I.N.S.D selon les normes et nous avons trouvé que :

- ✓ Les goutteurs autorégulant algériens sont hors normes soit pour l'homogénéité de fabrication (le coefficient de variation) ou soit pour la loi débit-pression (la courbe de performance), ce engendre une hétérogénéité des débits avec comme conséquences un arrosage de mauvaise qualité, des apports irréguliers de fertilisants et un mauvais développement de la culture.

- ✓ La teneur en noir de carbone de nos conduites ne correspond pas à la norme, le pourcentage étant inférieur à 2%, ce qui va causer la dégradation du polymère par les UV. En effet, lorsque l'effet de protection du noir de carbone est réduit, il affecte négativement les performances du polyéthylène et diminue la résistance au vieillissement car il entraîne une moindre opacité à la lumière, ce qui favorise la prolifération des algues chlorophycées (Colmatage organique).

Dans une seconde étape, nous avons testé au sein du laboratoire de l'E.N.S.H le matériel d'irrigation localisée en conditions réelles et ce en le soumettant à des apports répétés d'eaux usées traitées, l'objectif étant de suivre le colmatage des distributeurs et l'homogénéité des débits sortants des goutteurs du réseau en le comparant au même type de réseau mais irrigué avec de l'eau conventionnelle.

Cette expérimentation nous a permis de conclure que :

- ✓ Le réseau d'eau épurée est plus affecté par le colmatage que le réseau d'eau normale c'est-à-dire une durée de vie moindre que l'autre réseau et on peut l'expliquer par la composition des eaux usées épurées surtout les composants chimiques qui peuvent rendre les parois internes des goutteurs plus rugueuses, les rendant plus sensibles au colmatage par la suite.
- ✓ Durant la variation journalière du débit moyen et pour les deux réseaux, nous avons remarqué une augmentation des débits en sortie de goutteurs de temps à l'autre, nous supposons que ce comportement du fluide au sein du labyrinthe des goutteurs peut être dû à deux facteurs distincts :
 - A. D'une part, en se déposant dans les angles des chicanes, les particules lissent l'écoulement et le déplacent vers une trajectoire centrale où la vitesse peut être plus grande, et le cisaillement plus faible.
 - B. D'autre part, les particules peuvent interagir avec les petites échelles de l'écoulement et ainsi diminuer l'énergie cinétique de l'écoulement. Cette laminisation tend à augmenter le débit moyen de l'écoulement dans le labyrinthe.
- ✓ Le goutteur intégré italien répond à toutes les normes ISO soit pour l'homogénéité de fabrication ou soit pour la loi débit-pression avec une bonne valeur d'uniformité par contre les goutteurs en dérivation autorégulants de fabrication algériennes bien qu'ils suivent la norme de la loi débit-pression, leurs coefficients de variation et d'uniformité sont hors normes et on peut expliquer cela par le mauvais rôle de la membrane de silicone qui devrait régler le débit demandé et se déformer et obturer plus ou moins l'orifice de passage de l'eau selon les valeurs de la pression (Mal construit).

En général, nous pensons qu'il faudrait développer et fournir des référentiels techniques complets sur les matériels, équipements et systèmes, avec des spécifications précises afin que les fabricants nationaux puissent s'aligner sur les normes internationales. In situ il faudrait contrôler les installations à la parcelle, en mesurant leurs performances réelles et en donnant aux utilisateurs une meilleure connaissance et capacité opérationnelle d'ajuster et d'améliorer le pilotage et la gestion de leur installation. Un système de filtration est absolument nécessaire, il est l'élément le plus cher dans l'investissement mais sa présence en tête du réseau permet une meilleure longévité du système donc un meilleur amortissement.

Finalement la micro irrigation a pour principal but une économie d'eau et ce grâce à son efficacité et à son coefficient d'uniformité d'arrosage qui ne peuvent être élevés que si les goutteurs sont performants.

La réutilisation des eaux usées épurées est une piste intéressante et inévitable à l'avenir pour la préservation des ressources hydriques, elle sera une vraie solution pour faire face à la rareté de l'eau et pour la préservation de l'environnement. De plus en l'agriculture ces pratiques peuvent permettre d'enrichir certains sols très pauvres ou à faible potentiel agronomique, grâce à leur capacité fertilisante.

Notre modeste travail nous a permis de nous poser beaucoup de questions et de comprendre que plusieurs axes de recherches peuvent être entamés et développés.

Références Bibliographiques

- [1]. Anonyme. MANUEL D'UTILISATION : Banc de distributeurs d'irrigation localisés INSID Alger .1^{er} éd. Valencia : Laboratoire d'Ingénierie Agricole Université Polytechnique, Novembre -2009. 76p.
- [2]. Anonyme, Rapport CEMAGREF .Détermination de la sensibilité au colmatage physique : Finesse de filtration .N°94.France : IRRIGAZETTE, Mai/ Juin 2006 .25p.
- [3]. A.PHOCAIDES. Manuel des techniques d'irrigation sous pression. 2^e éd. Roma : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2008. 308p.
- [4]. C.CHOSSAT et al. Irrigation localisée .In : IRRIGATION : Guide pratique. 3^e éd. Paris : Cemagref éditions, 2003. 344p.
- [5]. INSTITUT ALGERIEN DE NORMALISATION. Documentation : ISO 9261 :2004 : Matériel Agricole D'irrigation, Distributeurs et tuyaux-distributeurs. 2^e éd. Alger : IANOR, 2004.22p.
- [6]. LAKHDAR ZELLA, BRAHIM MOUHOUCHE. Guide pratique de micro irrigation. Alger : Office des publications universitaires, 2003.61p.

- [7]. Ollier.CH et Poirée.M. Irrigation : les réseaux d'irrigation théorie : technique et économie des arrosages .France : Eyrolles ,1981.
- [8]. TIERCELIN JEAN-ROBERT, ALAIN VIDAL. Traité d'irrigation.2 éd. Paris : Lavoisier. Paris, 2006.1266 p.
- [9]. YVES PENADILLE, GAETAN DEFFONTAINES, CHANTAL ROSA, ALAIN FARGET, Rapport CEMAGREF (Résultats des tests).Performance des goutteurs faibles débits et des gaines d'arrosage .N°91 éd .France : IRRIGAZETTE, Novembre/ Décembre -2005 .30 p.

Références Sitographiques :

- [10]. www.cemadoc.cemagref.fr. (Consulté le : 03/07/2013).
- [11]. www.FAO.org. (Consulté le : 05/06/2013).
- [12]. www.ianor.dz. (Consulté le : 12/05/2013).
- [13]. www.irrigazette.com. (Consulté le : 12/07/2013).
- [14]. www.irstea.fr. (Consulté le : 08/05/2013).
- [15]. www.iso.org/iso/fr. (Consulté le : 04/06/2013).
- [16]. www.mbplast.it. (Consulté le : 01/05/2013).

LES THEMES ABORDES (niveau master)

THEME 6 (ENSA Ex-INA ALGER)

QUALITES DES EAUX USEES EPUREES ET IMPACTS SUR LES EQUIPEMENTS EN IRRIGATION GOUTE A GOUTTE AINSI QUE SUR LES SOLS.

INTRODUCTION

Ce travail a pour objectif d'étudier l'impact de la réutilisation des eaux usées traitées dans la STEP de Hadjout sur le réseau d'irrigation localisée et l'évaluation des paramètres physico-chimique caractérisant les eaux usées rejetées dans l'oued Nador au point de pompage au niveau de la parcelle étudiée. Pour une meilleure utilisation de cette ressource spécifique, des actions pour les définitions des opportunités de réutilisation ainsi que la réglementation de l'usage de cette ressource non conventionnelle sont réalisées à travers l'étude de réutilisation des eaux usées épurées à l'échelle nationale par le ministère des ressources en eau, achevées en décembre 2008. Les principales conclusions de cette étude : pour un renforcement des allocations d'eau pour l'agriculture d'où extension des superficies irriguées (800 millions de m³), augmentation graduelle de taux de réutilisation de 37000 ha (280 millions de m³) à court terme, 80000 ha (600 millions de m³) à moyen terme et 100 000 ha (800 millions de m³) à long terme..

MATERIEL ET METHODES

La station d'épuration de Hadjout est mise en marche en juin 2006, sa capacité nominale est de 70 000 équivalents habitants, elle a été conçue pour traiter un débit de 11200 m³/j par le processus de

boues activées faible charge – aération prolongée pour protéger le milieu récepteur. Les analyses physico-chimiques de l'eau brute et épurée de la STEP de Hadjout sont représentées dans le tableau 22

Tableau 22: analyses physico-chimiques de l'eau brute et épurée :

Paramètres	Entrée (eau brute)		Sortie (eau épurée)	
	Concentration (mg/l)	Flux (kg/j)	Concentration (mg/l)	Flux (kg/j)
DCO	825,0	9200	90,0	1 008,0
DBO₅	375,0	4200	30,0	336,0
MES	438,0	4900	30,0	336,0

Source: STEP de Hadjout 2013

La région faisant l'objet de notre étude fait partie du périmètre sahel algérois ouest. Elle est située à l'Ouest de la wilaya de Tipaza dans la commune de Nador .La parcelle expérimentale a une superficie de 3 ha. La technique d'irrigation utilisée est celle du goutte à goutte.

RESULTATS

Evaluation de la qualité de l'eau au niveau de la parcelle pour l'irrigation :

Le tableau 23 nous montre les analyses physico-chimiques de l'eau épurée par la STEP de Hadjout.

Tableau 23 : Les analyses physico-chimiques de la STEP de Hadjout :

	Unité	Eau Brute	Eau Épurée
Conductivité électrique	us/cm	2081,5	2029
T	°C	24,48	25,14
MES	mg/l	437,5	6,31
DBO₅	mg O ₂ /l	146,17	2,26
DCO	mg O ₂ /l	554,28	39,14
NTK	mg/l	34	2,5
N-NO₃	mg/l	0,5	6,86
N-Nh₄	mg/l	37,25	2
P-PO₄	mg/l	4,27	1,46
N-NO₂	mg/l	0,073	0,10

Source : STEP de Hadjout ,2013

Les résultats des mesures des paramètres physico-chimiques : température, PH, conductivité, DBO₅, DCO, etc. effectuées sur un échantillon d'eau usée épurée prélevé au point de pompage d'eau au niveau de la parcelle sont présentés dans le tableau 24.

Tableau 24 : Les analyses physico-chimiques de l'eau de la parcelle.

	Unité	Résultats
Conductivité électrique	us/cm	2330

T	°C	18,8
PH	/	7,63
MES	mg/l	9,3
DBO5	mg O ₂ /l	6,2
DCO	mg O ₂ /l	70
N-NO₃	mg/l	2,59
P-PO₄	mg/l	1,49

Nous avons remarqué que la température présente une variation entre la sortie de la STEP (25,14°C) et la parcelle d'étude (18,8 °C) cette variation peut influencer sur les réactions physiques, chimiques et biologiques du milieu.

Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées, les eaux usées traitées au niveau de notre parcelle sont caractérisées par une concentration de 9,3 mg/l, la teneur enregistrée en matières en suspension est supérieure à la concentration des eaux épurées à la sortie de la STEP (6,3125 mg/l), mais elle est très inférieure à 30 mg/l considéré comme concentration limite des eaux destinées à l'irrigation selon les norme de rejets algériennes.

La DBO5 traduit la quantité d'oxygène moléculaire utilisée par les micro-organismes pendant une période d'incubation de 5 jours à 20°C pour décomposer la matière organique, dissoute ou en suspension, contenue dans un litre d'eau. Les eaux étudiées ont montré des valeurs relativement élevées en DBO₅ (6,2 mg O₂ /l).par rapport aux rejets de la STEP (2,266 mg O₂ /l), elles peuvent être attribuées à une contamination de ces eaux par une autre source de pollution. Mais elles sont acceptées comme des eaux destinées à l'irrigation selon les normes de rejets algériennes (DBO₅ < 30 mg O₂ /l).

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Selon les normes de rejets algériennes, les eaux épurées destinées à l'irrigation doivent présenter des DCO inférieures à 90 mg/l, et comme les eaux au niveau de notre parcelle ont une valeur de DCO de 70 mg/l. Ces eaux sont donc dans les normes. Malgré la différence remarquable avec les eaux à la sortie de la STEP (39,14 mg/l).

Les autres paramètres du tableau :

- La concentration des nitrates (N-NO₃) des eaux étudiées est de 2,59 mg/l, elle est inférieure à 6,86 mg/l (Les concentrations des nitrates à la sortie de la STEP), cette valeur est admissible pour l'irrigation selon les normes de rejets algériennes (30 mg/l).
- Les eaux usées étudiées sont caractérisées par des teneurs en phosphates acceptables comme une eau d'irrigation car elle est égale à 1,49 mg/l, tandis que les normes de rejet du phosphate selon la FAO se situent entre 1 et 5 mg/l. On remarque aussi qu'il n'y a pas une différence entre la valeur du phosphate de l'eau étudiée et à la sortie de la STEP.

L'impact sur le sol :

Ces impacts sont d'une importance particulière pour les agriculteurs puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres. Le sol doit rester à un bon niveau de fertilité chimique et physique, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une agriculture rentable. Les problèmes prévus au niveau du sol sont :

- la salinisation ;
- l'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol ;
- l'accumulation d'éléments potentiellement toxiques (FAO, 2003).

À long terme, l'utilisation d'eaux usées accroît toujours la salinité des sols et des eaux souterraines car ces eaux contiennent plus de sels que l'eau douce. De ce fait, il est nécessaire d'associer l'utilisation des eaux usées à des pratiques permettant de limiter la salinisation.

La salinité est un paramètre essentiel pour juger de la qualité de l'eau d'irrigation. Le problème de salinité ne se pose pas si la conductivité électrique de l'eau d'irrigation est inférieure à 700 $\mu\text{S} / \text{cm}$, entre 700 et 3000 $\mu\text{S} / \text{cm}$, il faut choisir des cultures tolérantes aux sels.

L'eau usée traitée de notre étude présente une conductivité électrique de 2330 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cette valeur lui confère une forte salure qui peut provoquer à la longue des problèmes de salinisation au niveau du sol.

La perméabilité d'un sol peut être affectée par la présence de matières en suspension et de graisse dans l'eau d'irrigation qui peuvent colmater en surface les pores du sol. Si l'eau usée épurée contient une teneur en MES $> 10 \text{ mg/l}$, il faut prévoir un curetage périodique de la surface de contact pour éviter une diminution trop rapide de l'infiltration. Dans notre cas il n'y a pas un risque sur la perméabilité du sol car l'eau épurée présente une teneur moyenne sous le seuil en matières en suspension (9,3mg/l).

CONCLUSION

Du fait de la rareté des ressources en eau, l'utilisation des eaux usées en agriculture devient de plus en plus courante. Le volume annuel des eaux usées domestiques rejetées est estimé à 900 millions m^3 . Ce sont des quantités importantes et facilement localisables que le pays ne peut négliger. Le recyclage de ces eaux, pour de nouveaux usages, après traitement, peut s'avérer une ressource en eau dite « non conventionnelle », en complément de la mobilisation des eaux de surface et souterraine. Ce travail avait plusieurs objectifs : Le premier était l'étude de l'impact des eaux usées traitées de la STEP Hadjout rejetées dans l'oued Nador sur l'efficacité du réseau d'irrigation localisé, les résultats démontrent que les eaux usées influencent négativement sur le comportement du réseau (CU = 35 %). Le second objectif de l'étude était l'évaluation des différents paramètres de qualité physico-chimique des eaux de l'oued Nador au niveau de la parcelle étudiée et la comparaison avec les normes de rejets algériennes, Les résultats de comparaison des teneurs des principaux éléments mesurés dans ces eaux, indique qu'il n'y a pas une différence dans les concentration entre ces eaux et les normes, les normes de rejets sont respectées; donc il n'y a pas un risque sur le milieu récepteur. Sauf la valeur de la CE élevée (2330 $\mu\text{S}/\text{cm}$) qui peut provoquer à la longue des problèmes de salinisation au niveau du sol. Le troisième objectif étant de mettre en évidence la situation des ressources d'eau dans la région de la ville de Nador par une enquête, cette enquête, par le contact direct avec les agriculteurs, nous a rapprochées au plus près de la réalité. Les données recueillies sur le terrain nous informent de l'activité des agriculteurs, du mode dans un futur projet de valorisation des eaux usées dans cette ville.

Bibliographie

- AMIMOUSSE M., et al.2011. Traitement des eaux résiduares.22p.
- BAGHDADI N., 2011.approche méthodologique de la valorisation des eaux usées épurées dans l'irrigation (cas de STEP de Tipaza). Mémoire d'ingénieur, Blida, ENSH, 104 p.
- BAKEL E., 2010. conception de la station d'épuration de la ville de tissemsilt (W.TISSEMSILT). Mémoire d'ingénieur, Blida, ENSH, 117 p.

- BAUMONT S., Lefranc A, 2004. Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Observatoire Régional de Santé d'Île-de-France, 176 p.
- BOULAHBAL O., AIT HAMOU R., 2001. Effets des eaux usées traitées sur les propriétés chimiques du sol et sur le comportement d'un végétal. INRAA, n 9, pp 5-16.
- Centre régional pour l'eau potable et l'assainissement à faible coût (CREPA), 2007. Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. 48 p.
- COMPAORE M. L. 2003. Cours de micro-irrigation. 135p.
- DERWICH E., et al .2010. Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued FES. Larhyss Journal, n° 08, pp. 101-112.
- DESHAYES M., 2008. Guide pour l'établissement des Plans d'Assurance de la Qualité dans le cadre de la réalisation des stations d'épuration de type boues activées en lots séparés. Mémoire de Projet de Fin d'Etudes. INSA de Strasbourg. 79p.
- DJABELKHIR K., 2007. Contribution à la Réhabilitation de la Station d'Epuration de STAOUELI. Mémoire d'ingénieur, El-Harrach (Alger), ENP, 76 p.
- FAO, 1990. Gestion des eaux en irrigation : Méthodes d'irrigation. 65p.
- FAO, 2003. L'irrigation avec les eaux usées traitées. Manuel d'utilisation. Bureau Régional pour le Proche Orient et l'Afrique du Nord. Caire Egypte, 67 p.
- FAO, 2008. Manuel des techniques d'irrigation sous pression. Seconde édition. 277 p.
- FAO., UNW-DPC., UNU-INWEH., 2011. Projet de Renforcement des Capacités sur l'utilisation sans danger des Eaux Usées en Agriculture. Rapport National du Maroc. 21 p.
- FEYEN J., 1976. Annales de l'Institut Nationale Agronomique : irrigation goutte à goutte pour vergers. Vol. 6, n. 3. pp 6-19.
- FRADJ M., 2008. Analyse et diagnostic des performances de l'irrigation goutte à goutte au niveau d'une exploitation agricole privée de la Mitidja Ouest (tranche 1). Mémoire d'ingénieur, INA, El Harrach. 79 p.
- GEORGES M., 2000. De l'eau pour tous ?. Documentation photographique. n° 8014. 18p.
- HADJRABAH M., 2006. Contribution à l'étude de traitabilité de la station d'épuration de Régha. Mémoire d'ingénieure. Ecole Nationale Polytechnique. el Harrach. 64p.
- HAMTOUCHE S., 2012. valorisation des eaux usées épurées de la step de zemmouri et dimensionnement d'un réseau pour l'irrigation a l'aval de la station.). Mémoire d'ingénieur, Blida, ENSH, 100p.
- HARTANI T. 1998. l'irrigation par les eaux usées, potentialités et limites d'utilisation . Séminaire sur l'épuration et la réutilisation des eaux usées. Alger. p.10.

- Journal Officiel de la République Algérienne.Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejetsd'effluents liquides industriels.
- Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). N° 60, 4 septembre 2005.
- Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). N° 41, 15 juillet 2012.
- KESSIRA M., 2005.Gestion de l'irrigation avec les eaux non conventionnelles. CIHEAM / EU DG Research, Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires méditerranéens; n. 66, pp. 203-216.
- KHELIFATI O., 2008. La réutilisation des eaux usées épurées et des eaux de dessalement dans l'agriculture. Synthèse agronomique. ENSA. El-Harrach.20 p.
- LOUMANI A., 2012. Evaluation des dispositifs de réutilisation des eaux usées épurées en Agriculture dans la Mitidja Est et sa périphérie. Mémoire d'ingénieur, E.N.S.A., El Harrach, 54p.
- MECHEBBEK M.A. 1993. La réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture. Etat de l'agriculture en Méditerranée Ressources en eau développement et gestion dans les pays méditerranéens. Bari. pp. 75-84.
- MEKHALIF F.,2009.reutilisation des eaux résiduares industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de magister,Université de SKIKDA, 133 p.
- MESLEM S., 2010. Diagnostic et comparaison entre irrigation localisée et par aspersion sur culture de pomme de terre « *spunta*». station expérimentale de l'ENSA El Harrach. Mémoire d'ingénieur, INA, El Harrach. 72 p
- MESSAHEL M., 1988.l'irrigation goutte à goutte : régime d'irrigation.alger.338 p.
- MESSAITFA M., 2007. Les indicateurs de performances en irrigation gravitaire, localisée et par aspersion à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation (Cas de deus exploitations du périmètre de la Mitidja Ouest). Mémoire d'ingénieur, INA, El Harrach. 115 p
- METAHRI M S., 2012.Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. cas de la STEP est de la ville de Tizi-ouzou.thèsededoctorat. université de Tizi-ouzou.148 p.
- NEUBERT S., Benabdallah S, 2003.La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie, Partie II.Etudes et rapports d'expertise.Bonn. 45 p.
- OMS, 1989. L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé. Série de rapports techniques n° 778.OMS. Genève.
- ROTBARDT A., 2011.réutilisation des eaux usées traitées : perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action,Rapport final, 85p.
- SALGHI R., 2006.Différents filières de traitement des eaux. Cours. Ecole nationale des sciences appliquées d'AGADIR. Université IBEN ZOHIR., ROAUME duMAROC, 22 p.

- SELHANI S., 2009. Etude des possibilités d'utilisation des eaux et boues d'épuration dans l'agriculture : Cas de la station d'épuration de BENI MESSOUS. Mémoire d'ingénierie. Ecole Nationale Polytechnique. el Harrach. 74 p.
- TIERCELIN J.R. et Vidal A, 2006. Traité d'irrigation .Tec. Et Doc. 3^{ème} éditions. Paris. 1266p.
- ZELLA L., SMADHI D. 2007. Evolution de l'irrigation, Larhyss Journal (Laboratoire de Recherche En Hydraulique Souterraine et de Surface), université de BISKRA-ALGERIE, n° 06, pp. 65-80.

THEME 7 (ENSA Ex-INA ALGER)

ETUDE COMPARATIVE DE LA GESTION DES EAUX USEES EPUREES ENTRE LA STEP DE GHARDAIA ET LA STEP D'OUARGLA

INTRODUCTION

Le traitement des eaux usées est devenu un impératif et un enjeu social et environnemental incontournable puisqu'un effluent non traité contamine le milieu naturel et celui de l'Homme compte tenu des risques sanitaires qu'il présente. Néanmoins, les méthodes conventionnelles d'assainissement sont marginales du fait de leur coût élevé d'investissement et de maintenance. Il convient donc de trouver des méthodes à bas coût capables de traiter efficacement les eaux. En cela, les systèmes de traitement des eaux par lagunage sont une alternative adéquate. Elles fonctionnent comme assimilateurs biologiques en retirant des composés tant biodégradables que non biodégradables ainsi que les microorganismes pathogènes.

Grace à leurs bonnes performances épuratoires, l'implantation d'une station d'épuration par lagunage aéré à Ouargla est dans le cadre de contrôler la qualité des eaux, cette station d'épuration des eaux usées a été conçue pour atteindre les objectifs suivants :

- Évacuer l'effluent sans altérer la qualité du milieu récepteur superficiel, ainsi que les ressources en eau tant superficielles que souterraines.
- Suppression des apports hydriques à la nappe superficielle.
- Valorisation des effluents traités (valorisation agricole).

Après une comparaison avec les eaux usées épurées de la STEP de Ghardaïa qui traite également les eaux usées par lagunage naturel nous avons voulu savoir :

- ✓ Quels sont les rendements épuratoires de chaque procédé d'épuration et quel est le taux d'abattement des bactéries ?
- ✓ La qualité de ces eaux épurées, est-elle conforme aux normes de rejet et apte pour une utilisation agricole ? Si oui ;
 - Quelle est la classification de ces eaux épurées dans le domaine de l'irrigation ?
 - Quelles sont les cultures irriguées avec ces eaux, et quel est le système d'irrigation le plus convenable avec ces eaux ?

MATERIEL ET METHODES

Il est nécessaire de bien connaître la zone d'étude afin de déterminer et cerner Les principaux facteurs influençant le traitement des eaux usées, et de ce fait, la qualité des eaux épurées. Ainsi, on s'intéressera à l'environnement du site : situation géographique, conditions

climatiques, ressources en eau et en sol, agricultures, structures sociales locales ainsi qu'aux caractéristiques des eaux usées à traiter. D'autant plus que, c'est en fonction de ces derniers, que se fait le choix même de l'implantation de station d'épuration. La wilaya d'Ouargla se trouve dans le Nord-est de la partie septentrionale du Sahara. Elle se situe à 800 km au sud-est d'Alger. Pour une superficie de 163 323 km², la wilaya est constituée de 21 communes regroupées dans 10 daïras. La population de la wilaya est estimée à 615 543 habitants, soit une densité de peuplement de 3,77 habitants au km². L'évolution de la production d'eaux usées est présentée dans le tableau 25

Tableau 25 : les charges hydrauliques et polluantes aux différents horizons (ONA, 2013).

Eaux usées	unité	2005	2015	2030
Taux de branchement	%	70%	95%	100%
EH raccordés	u	142 937	260 102	393 592
Débit total	m³/j	40 906	56 997	74 027
% capacité nominale	%	55%	77%	100%

Dans la Wilaya de Ouargla, le secteur agricole est limité, il est à vocation phoenicicole. Sur les 16 323 300 hectares couverts par la superficie de la Wilaya 4 940 000 hectares sont affectés à l'agriculture et la superficie agricole utile (SAU) est évaluée à 38 400 hectares, dont 35 300 hectares en irriguée et 3 100 hectares en sec. La station d'épuration des eaux usées par le lagunage aéré d'Ouargla, mise en service en 2009, a été réalisée par la société allemande Dwydag pour le compte de l'ONA. Elle est située dans la région de Saïd Otba au nord de la RN49. L'Objectifs de traitement de la station (fixés initialement) était de :

- Supprimer les nuisances et les risques actuels de contamination au niveau des zones urbanisées,
- Protéger le milieu récepteur,
- Supprimer les risques de remontée des eaux en diminuant le niveau de la nappe phréatique,
- Se garder la possibilité de réutiliser les effluents épurés.

Dimensionnement de la STEP d'Ouargla

- Capacité : 400000 éq/hab. à l'horizon de 2030
- Surface totale : 80 ha
- Nombre de lits de séchage : 11
- Nombre de bassins : 08 devisés en 03 niveaux
- Débit moyen journalier : 57 000 m³/j jusqu'à 2015 et 74027m³/j à l'horizon 2030.

RESULTATS

Le tableau 26 représente les valeurs moyennes des paramètres mesurés dans les STEP de Ouargla et Ghardaïa et les normes d'interprétation requises pour l'irrigation de l'OMS, du MFE (ministère français de l'environnement) et du JORA (Journal Officiel de la république Algérienne) :

Tableau 26. Teneur des paramètres mesurés pour les STEP de Ouargla et Ghardaïa

Paramètres	Effluent traité Ouargla	Effluent traité Ghardaïa	Norme de qualité d'eau d'irrigation
------------	----------------------------	-----------------------------	--

	(Moyenne)	(moyenne)	
T (°C)	17,38	22,79	* 30
pH	8,05	8,27	* 6,5 à 8,5
CE (ms/cm)	12,85	3,83	* < 3
Salinité (g/l)	7,38	2,19	Pas de norme
O ₂ dissous (mg/l)	6,06	6,22	* < 5
DBO ₅ (mg/l)	33,76	31	** < 30
DCO (mg/l)	124,42	204,7	** < 90
MES (mg/l)	84,4	73,47	** < 30
NT (mg/l)	55,22	33,47	** < 50
NH ₄ ⁺ (mg/l)	29,86	24,05	* < 2
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,36	0,3	* < 1
NO ₃ ⁻ (mg/l)	2,88	0,41	** < 30
PT (mg/l)	3,91	3,8	* < 0,94
CT (N/100ml)	26 666,7	42766,7	*** < 50 000
CF (N/100ml)	3033,33	3966,67	*** < 20 000

OMS, ** JORA, *** MFE.

Les teneurs moyennes des quelques paramètres analysés au niveau des deux STEP répondent aux normes requises, c'est le cas des paramètres suivants : T (°C), pH, NO₃⁻, NO₂⁻ et les paramètres bactériologiques (coliformes totaux et coliformes fécaux) avec enregistrement d'un taux de salinité plus élevé pour l'eau épurée de la STEP de Ouargla par rapport à l'eau épurée de la STEP de Ghardaïa; les eaux épurées peuvent être classées comme des eaux de qualité médiocre de la classe 3 (d'après le MFE) qui sont justes aptes à l'irrigation. Ainsi, on peut classer ces eaux dans la catégorie B1 (CF <10⁵) d'après les normes microbiologiques révisées de l'OMS (2000 et 2006) avec une irrigation restreinte pour les cultures suivantes : céréales, cultures industrielles, fourragères, pâturages et forêts. En revanche, une étude de la teneur des métaux lourds de ces eaux est souhaitable dans le laboratoire de chaque STEP afin d'éliminer les risques qui en résultent.

CONCLUSION

Au terme de cette étude, nous constatons que les eaux usées représentent une ressource d'eau renouvelable qu'il faudra exploiter dans l'agriculture, l'industrie et dans d'autres usages municipaux, donc, constituer sans doute, demain, l'une des solutions incontournables pour notre pays qui souffre énormément du déficit hydrique. Cette réutilisation ne représente pas seulement une option économique compétitive, mais aussi de nombreux avantages sociaux et environnementaux. Ainsi cette valorisation doit être placée dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau en élaborant une stratégie nationale de la valorisation des eaux usées. Les résultats obtenus lors de cette étude montrent que les eaux usées des stations d'épuration de Ouargla et Ghardaïa dont le traitement se fait respectivement par lagunage aéré et naturel sont des eaux usées épurées d'une qualité médiocre nécessitant un traitement tertiaire qui permet de les utiliser dans le domaine agricole

(l'irrigation) sans aucun risque, un stockage dans des bassins est nécessaire pour mieux affiner ces eaux.

L'enquête effectuée nous a permis de constater qu'il existe réellement des possibilités d'utilisation de l'eau épurée par les STEP d'Ouargla et de Ghardaïa, sans risques, dans le secteur agricole en améliorant par des traitements complémentaires.

Il faut noter que cette utilisation doit être rendue optimale et pour qu'il en soit ainsi, les conditions suivantes doivent être remplies :

- il faut adapter les systèmes d'irrigation à la qualité de l'eau employée ;
- il faut optimiser l'apport d'eau et ajuster la fertilisation aux besoins des cultures.

On a proposé les eaux épurées pour irriguer les palmeraies de la région d'Ouargla et de Ghardaïa parce que les palmiers dattiers représentent la culture principale dans ces zones d'études, également, la palmeraie est caractérisée par une grande résistance aux eaux de mauvaise qualité. Ainsi on peut utiliser ces eaux pour irriguer les cultures d'agrumes en intercalaire et oliviers comme des brises vents.

Bibliographie

Anonyme, 2001. -Rapport sur la gestion de la qualité de l'eau et des interventions possibles du METAP. [En ligne]. Algérie, 11p (page consultée le 02Mai2013).

Anonyme (non daté). L'eau-en-Algérie –<http://www.umc.edu.dz/vf/index.php/actualites-et-informations/theme-de-la-semaine/980-leau-en-algerie.html> (page consultée le 02Mai2013).

Aoulmi S., 2007. Conception de la station d'épuration dans la ville de Zeddine (W. Ain defla, Algérie, 112p.

Aviron V. ; Gerard M., 2000. Réutilisation des eaux usées après traitement. Paris, France, 38p.

Baudot B. et Perera P., 1991. Guide procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités. 21p.

Bechac J., Boutin B., Mercier P., Nuer B., 1984. Traitement des eaux usées. Edition EYROLLES, Bd St Germaine-75005 Paris cedex 05.

Bekkouche M.,Zidane F., 2004. Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville de Ouargla par lagunage. Mémoire d'ingénieur. Hydraulique saharienne, Université de Ouargla, 67p.

Benhacine Ch., Doumblioukas A., 1983. Irrigation agricole. Tipaza, 62p.

Bliefert C. et Perraud R., 2003. Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. Edition de boeck.324p.

Bondon D.,Pitrasanta Y., 1994. Le lagunage écologique. Ed ECONOMICA. Paris. 112p.

Boukroune B., 2008. Estimation de l'état des systèmes non linéaires a temps discret. Application a une station d'épuration. (Thèse de doctorat –université Nancy). [En ligne]tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/34/74/65/PDF/These_boulaid.pdf(page consulter le 07/05/2013).

Brouillet J.L, Picot B.,Sambuco J.P,Gaillard L.,Soteras G., Valarie I., 2008. Eco techniques d'assainissement des eaux usées domestiques : Évolution et perspectives, XIIIe Congrès mondial de l'Eau, Montpellier, France, 17p.

Degremont, 1978. Mémento technique de l'eau : 8^{ème} édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 1200p.

Degremont, 1989. Mémento technique de l'eau. Edition Technique et Documentation Lavoisier.

Degremont, 2005. Mémento technique de l'eau. Tome 2.Ed10^{ème}. 788p.

Dajoz R., 1982. Précis d'écologie. Paris, Bordas, 503 p.

DSA, 2013. Le sommaire agricole dans la wilaya d'Ouargla. 2p.

- Duguet J-P, Bernazeau F., Cleret D., Gaid A., Laplanche A., Moles J., Montiel A., Riou G., Simon P., 2006.** Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. 1ère édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'environnement).
- Frank R., 2002.** Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux. 171p.
- Gaid A., 1984.** Épuration biologique des eaux usées urbaines. T. 1ère édition ; OPU, Alger, 261p.
- Gaid A., 1993.** Traitement des eaux usées urbaines. Doc, C 5 220, 30p.
- Glanic R., Benneton J-P, 1989.** Caractérisation d'effluents d'assainissement individuel et essais de matériels d'assainissement – TSM – L'eau – 84 année – N11 – pp. 573-584.
- Gommella C. et Guerree H., 1983.** Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales. Ed. EYROLLES 61 boulevard Saint – Germain – 75005 Paris.
- Goudjil M. ; Bencheikheh S., 2011.** Etude de la pollution minérale et organique des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla, Sud-Est Algérien. Mémoire d'ingénieur, Université de KASDI MERBAH, Ouargla, 59p.
- Harrouz N. et Benhedid H., 2011.** Contribution à l'étude de la performance d'une station d'épuration des eaux usées par lagunage (Ouargla). Mémoire de fin d'études d'Ingénieur en Écologie et Environnement, Université Kasdi Merbah, Ouargla. 124p.
- Idder T., 1998.** La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara algérienne. Impacte des rejets d'origine agricole et urbaine et technique de remédiassions proposées. L'exemple d'Ouargla. Thèse de doctorat. Univ. Angers. 284p.
- INFP, 2006.** Domain de l'eau. Projet algéro-canadien. [En ligne]. Algérie, 91p (page consultée le 12 juin 2013).
- Journal Officiel De La République Algérienne, 1993.** Normes de rejets dans le milieu récepteur. N° 46, 7-12.
- Journal Officiel De La République Algérienne, 2012.** ANNEXE, spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. N° 41, 18-21.
- Khadraoui A., 2006.** Eaux et sols en Algérie, gestion et impact sur l'environnement. 236p.
- Khattabi H., 2002.** Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydro biologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etuefont (Belfort, France). Thèse de doctorat, 173p.
- Langevin J., Lefebvre R., Toutant C. 1997.** Histoires d'eaux : tout ce qu'il faut savoir sur l'eau et l'hygiène publique. Edition berger, Montréal. ISBN 2-92141161-3-1, pp : 157-159.
- Le Hyaric R., 2009.** Caractérisation, traitabilité et valorisation des refus de dégrillage des stations d'épuration. Thèse de doctorat, INSA Lyon, France, 190p.
- Liu F., Mitchell C.C., Odom J.W., Hill D.T, Rochester E.W., 1997.** Swine lagoon effluent disposal by overland flow: effects on forage production and uptake of nitrogen and phosphorus. Agronomy Journal, 89 900-904.
- Loucif S., 2003.** Les ressources en eau et leurs utilisations dans le secteur agricole en Algérie. HTE, n : 125, pp 95-102.
- Messaoud S. – Nacer, 2003.** Suivi de la qualité des eaux et des sols dans le cadre du développement durable de la région de réghaia. Thèse de magister, INA, EL HARRACH, 108p.
- MRE, 2007.** Étude réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national. Mission 4 : Norme de réutilisation des eaux usées épurées, D.A.P.E.
- Nakhala O. ; Ramoune K., 2013.** Etude préliminaire de la réutilisation des eaux épurées par la station de lagunage aéré d'Ouargla pour l'arrosage d'espèces forestières. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur en Ecologie et Environnement, Université Kasdi Merbah, Ouargla. 73p.

- Ndiaye Mamadou Lamine, 2010.** Impact des eaux usées sur la chimie et la microbiologie des sols ; étude de cas a Pikine (Dakar-Sénégal). Éditions universitaires européennes, Allemagne, 77p.
- ONA, 2009.** Projet de la remonté des eaux de la vallée de Ouargla.
- Rejsek F., 2002.** Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques. Bordeaux ; CRDPA, 151p.
- Rodier J, C, Broutin J.-P., Chambon P., Champsaur, H. E T Rodi, L., 2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} Edition. Dunod, Paris. 1383p.
- Rouissat B., non daté.** La gestion des ressources en eau en Algérie : Situation, défis et apport de l'approche systémique. Algérie, 15p.
- SalghiR., 2004.** Différents filières de traitement des eaux. Université IBN ZOHR, École nationale des sciences appliquées d'Agadir (ENSA Agadir) Maroc, 22p.
- Selhani S., 2009.** Étude des possibilités d'utilisation des eaux et boues d'épuration dans l'agriculture : Cas de la station d'épuration de BENI MESSOUS. Mémoire d'ingénieur, E.N.P., El Harrach, 74p.
- Suschka J., Ferreira E., 1986.** Activated sludge respirometric measurements. Water Research, 20, 2, pp: 137-144.
- Tchimogo M., 2001.** Épuration des eaux usées de l'E.N.S.H par lagunage naturel. Mémoire d'ingénieur. Génie rurale, Blida, 132p.
- Terra Messaoud, 2011.** Séminaire sur l'eau et les énergies renouvelables. Alger.
- Thomazeau Robert, 1981.** Stations d'épuration : eaux potables, eaux usées. Ed. Technique et documentation, Paris, 435 p.

PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

COMMUNICATIONS

Geophysical Research Abstracts

Vol. 15, EGU2013-13592-1, 2013

EGU General Assembly 2013

© Author(s) 2013. CC Attribution 3.0 License.

Study of the sensitivity of PTF specific to the contribution of the structural state on variation in soil water retention

Sami Touil (1), Aurore Degre (2), and Mohamed Nacer Chabaca (1)

(1) ENSA Algiers.Algeria, (2) University of Liege, Agro-BioTech, Belgium

The objective of this study was to analyze the sensitivity of estimating water retention properties of 54 soil samples collected from Lower Cheliff (northwestern of Algeria) by pedotransfer functions, our

results show that training models for input and method adopted, reacts differently in estimation of water retention, and also influenced by the size and mode of particle assembly and differences in clay content. The water retention curve, which was established for three classes, proves to be an essential element for understanding the hydrodynamic behavior of soil. Additional, in soil texture clay and clay-loam and silty clay, nonlinear methods based on variables including clay fraction, behave much better in estimating of mean water retention curve. In contrast, in well structured soils the multiple linear regression showed a better quality of estimation, based on the bulk density and sand fraction as inputs. The results suggest that the PTF parametric derived should be used to estimate retention curves rather than PTF point.

Keywords: Pedotransfer Function, Water Retention curve, sensitivity

PUBLICATIONS

Article soumis le 20/09/2013 à la revue BASE (Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement)

<http://www.presseagro.be/base>

Chabaca mn. Hartani T ; Djebbara M ; Imache A 2013. Une approche multi-échelle pour évaluer les performances des systèmes d'irrigation : cas de la plaine de la Mitidja (Algérie).

Bilan Financier

-Bilan financier par rubrique

- Equipements scientifiques : 400 000 DA
- Equipements informatiques : 500 000 DA
- Consommables informatique et scientifiques : 500 000 DA
- Consommables papeterie et de bureau : 100 000 DA

-Taux de consommation

100%

-Contraintes rencontrés

- Retard dans la dotation de la part de la dgrst
- Problèmes bureaucratiques pour l'achat de l'équipement (appel d'offres, choix du fournisseur....), cela peut prendre 01 année à 02 années pour s'équiper cad à la fin du projet
- Nécessité d'alléger les procédures dans ce sens

RECOMMANDATIONS

Ces projets sont intéressants du point de vue temps imparti (2 ans). Le domaine de recherche concerné (recherche développement) permet de s'attaquer à des problématiques qui peuvent être analysées et trouver peut être des solutions ponctuelles ou définitives.

Cependant, les procédures de gestion et de fonctionnement doivent être adaptées à cette durée.

Dans l'université algérienne le système de gestion est lourd et inefficace. Les conditions imposées pour l'achat de matériel sont un véritable parcours du combattant que doit gérer l'équipe de recherche, supposée s'atteler uniquement à ses préoccupations de recherche. L'aspect logistique (achat et approvisionnement) pouvant être délégué à des structures qui même si elles existent dans certaines universités, sont dépassées ou inefficaces.

Les sommes allouées pour ces projets sont uniformes et ne tiennent pas compte des spécificités des domaines explorés. Dans le domaine de l'hydraulique elles sont dérisoires au vu des équipements nécessaires pour mener des recherches sur terrain.

Les préoccupations imposées pour la rédaction des rapports de recherche sont beaucoup plus orientées vers un système de contrôle des activités que pour une capitalisation des résultats trouvés.