



La réutilisation des eaux usées, une alternative durable pour la gestion des ressources en eau de la ville de Sidi Bel Abbes (Algérie)

Wastewater reuse, a sustainable alternative for the management of water resources in the city of Sidi Bel Abbes (Algeria)

Amina CHADLI¹, Hachemi BENHASSEINI², Nadjia FERTOOUT MOURI² & Hamid AGUIAR³

Abstract : Following the example of other cities of Algeria, this last decade the wilaya of Sidi Bel-Abbès knows serious scarceness of water and situation could even be aggravated by disturbances linked to climatic announced change. This wilaya is completely dependent on underground water for its water supply, because waters of surface are nonexistent. However, these means (tablecloths of water) are characterized by a fall of the renewals of exploitable reservations in water due to a galloping urbanization and the dryness, which severely touched in comparison with other wilayas of Oranie.

Considering the irreversible situation of dryness which continues for several decades, wastewater purified by the city of Sidi Bel-Abbès rejected in the wadi Mekerra can be used in agriculture to make up the deficit and liberate conventional means for the potable water supply. The development of wastewater, in this region, constitutes a segment importing the total management of means in waters.

The results of analyses show that this purified wastewater complies quantitatively and qualitatively with Algeriennes norms and from the WHO for the irrigation of cultures that any other source of irrigation of common usage. With this effect, a ground of irrigation was chosen to be their use in agriculture and basins of stocking of water on the Right Bank of the wadi Mékerra were defined to avoid breaks in water. Perimeter chosen primarily is constituted of deep soil located on lower slopes in 3 % having a good permeability in all contour, well brought up structural stability and medium texture in surface.

Keywords : dryness, water resources, deficit, purified wastewater, agriculture, Sidi Bel-Abbès, Algeria.

Résumé : A l'instar des autres villes d'Algérie, cette dernière décennie la wilaya de Sidi Bel-Abbès connaît de graves pénuries d'eau et la situation pourrait même être aggravée par les perturbations liées au changement climatique annoncé. Cette wilaya est totalement tributaire des eaux souterraines pour son approvisionnement en eau, car les eaux de surface sont inexistantes. Cependant, ces ressources (nappes d'eau) sont caractérisées par une baisse des renouvellements de réserves en eau exploitables du fait d'une urbanisation galopante et de la sécheresse qui a sévèrement touchée par rapport aux autres wilayas de l'Oranie.

Compte tenu de la situation irréversible de la sécheresse qui perdure depuis plusieurs décennies, les eaux usées épurées de la ville de Sidi Bel-Abbès rejetées dans l'oued Mekerra peuvent être utilisées dans l'agriculture pour combler le déficit et libérer les ressources conventionnelles pour l'alimentation en eau potable. L'aménagement des eaux usées, dans cette région, constitue un segment important de la gestion globale des ressources en eaux.

Les résultats d'analyses montrent que ces eaux usées épurées sont conformes quantitativement et qualitativement aux normes en vigueur nationale et de l'OMS pour l'irrigation des cultures que n'importe quelle autre source d'irrigation d'usage courant. À cet effet, un terrain d'irrigation a été choisi pour leur utilisation en agriculture et des bassins de stockage d'eau sur la rive droite de l'oued Méchera ont été définis pour éviter les ruptures en eau. Le périmètre choisi en priorité est constitué de sols profonds situés sur des pentes inférieures à 3% ayant une bonne perméabilité dans tout le profil, une stabilité structurale élevée et une texture moyenne en surface.

Mots clés : sécheresse, ressources en eau, déficit, eaux usées épurées, agriculture, Sidi Bel-Abbès, Algérie.

¹Maitre de conference B : Laboratoire de recherche Biodiversité végétale : Conservation et valorisation université Djillali Liabes, Sidi Bel Abbes, Algérie. Adresse professionnel : BP 89 22000 Sidi-Bel-Abbès – Algérie
chadli.amina@gmail.com N°mobile :(+213)0549053358

²Professeur : Laboratoire de recherche Biodiversité végétale : Conservation et valorisation université Djillali Liabes, Sidi Bel Abbes, Algérie. Adresse professionnel : BP 89 22000 Sidi-Bel-Abbès – Algérie. benhassaini@yahoo.fr

³Medecin de travail : Direction Centrale Santé, Sécurité et Environnement Sonelgaz Centre de Médecine du Travail Sidi Bel Abbes. aguiaarah@gmail.com

INTRODUCTION

La problématique de l'eau est indissociable du développement durable dans la mesure où l'eau doit permettre de répondre aux besoins des générations actuelles sans hypothéquer, par des effets peu ou non réversibles, la capacité des générations futures à satisfaire les leurs (BENABDELI, 1995).

Au niveau national, il faudrait disposer entre 15 et 20 milliards de m³ par an, en réservant 70% à l'agriculture, pour parvenir à une sécurité alimentaire satisfaisante (MRE, 2001 ; HARTANI, 2004). C'est un défi titanesque lorsqu'on sait qu'on mobilise à peine au plus 5 milliards de m³ d'eau par an. Un réel défi à relever mais surtout une stratégie et une politique à définir (HABIB et EL RHAZI, 2007).

L'Ouest du pays n'a jamais été autant marqué par la problématique de l'eau, la plus aiguë et la plus persistante de son histoire que ces dernières décennies (PNUD, 2009) : transformation hydroclimatique profonde et définitive pour certains et sécheresse anormale mais conjoncturelle dans le temps pour d'autres ?

Selon les nouvelles approches adoptées (MRE, 2008), les eaux épurées de l'Algérie du nord (selon BOUZIANI sont de l'ordre 660 millions de m³ en l'an 2000), peuvent être réutilisées pour résoudre le problème de la pénurie de l'eau ainsi que les problèmes environnementaux gravent dus au rejet des eaux usées dont aucune ville n'est épargnée par la pollution des oueds qui reçoivent à la fois les rejets urbains, les rejets industriels et même des rejets hospitaliers que l'on a tendance à négliger. Ces oueds ont atteint un seuil alarmant de pollution alors qu'à une période pas très éloignée, on y pêchait le poisson d'eau douce (BENABDELI, 1999).

Depuis 2001, avec la création de l'office national de l'assainissement (ONA), il y a une volonté de remédier à cette situation. Selon KETTAB (2018) la nouvelle politique de l'eau accorde une place importante aux ressources non conventionnelles dont font partie les eaux usées épurées.

Durant l'année 2019, les 154 stations d'épuration en exploitation par l'ONA (76 stations à boues activées, 75 stations de lagunage et 03 filtres plantés), ont assuré l'épuration de plus de 253 millions de m³ d'eaux. La capacité globale installée de ces 154 stations est de 10 390 762 EH, soit un débit nominal moyen de 1 573 867 m³/j et un débit moyen journalier des eaux usées épurées de 668 396 millions m³/j (ONA, 2019).

Au niveau local, en raison des effets pervers de la sécheresse sur les conditions de recharge des principales nappes de la wilaya de Sidi Bel Abbés, l'irrigation par les eaux usées issues des rejets domestiques et industriels, est devenue une pratique courante à Sidi Bel Abbés, malgré l'interdiction d'une telle pratique par la loi. En effet, les agriculteurs, pour la plupart d'entre eux, ignorent les dispositifs juridiques adoptés pour endiguer le problème. Cette pratique leur permet, sans dépenser, de réduire les coûts de production et donc d'augmenter leurs bénéfices. Pourtant, les eaux usées non traitées réutilisées dans l'agriculture constituent une menace pour la santé des populations. Les risques de contamination des cultures par les agents pathogènes et les bactéries sont grands (BRAATZ et KANDIAH, 2013).

L'objectif principal de notre travail est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité, mais également d'assurer la protection du milieu environnant. Selon HARTANI (1998), 8% des terres irriguées, notamment en petite et moyenne hydraulique, reçoivent des eaux usées non traitées. Cette pratique ne cesse de se développer en aval des centres urbains, des grandes et petites agglomérations (TAMRABET et *al.*, 2007). Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques. Cette approche représente une source d'eau et d'engrais additionnel renouvelable et fiable (ASANO, 1998). Les eaux usées apportent non seulement de l'eau pour les cultures afin de combler des déficits hydriques, mais aussi contribuent à l'amélioration des rendements par l'apport de nutriments (DÉGRÉEMENT, 2019).

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Sidi Bel Abbés peut mobiliser théoriquement un volume d'eau de 10 millions m³/an dans une première phase, et jusqu'à 15 millions m³/an, qu'il s'agit de mettre à profit dans le secteur de la production agricole.

A raison de 8000 m³/ha/an, la station est en mesure de doter en eau d'irrigation, une superficie d'environ 1200 hectares dans un premier temps. Cette superficie pourrait s'accroître avec les perspectives d'évolution de la population et de la dotation moyenne en eau pour atteindre 1900 hectares (SODEA, 2009).

Opérations beaucoup plus récentes de l'utilisation agricole d'eaux usées urbaines qui illustrent les deux motivations de l'utilisation des eaux usées : **i)** Réaliser des économies d'eau de première main ou accroître la ressource, **ii)** Protéger les cours d'eau Oued Meera, les plans d'eau, les eaux littorales, voire les eaux souterraines qui, autrement, auraient pu être pollués par les rejets des stations d'épuration.

Situation de l'activité agricole dans la wilaya

La wilaya de Sidi Bel-Abbes, située au centre de l'Oranie, s'étend sur environ 918 738, 21 ha et compte 952 768 habitants en 2021 dont 645 000 habitants représentent la population de la ville de Sidi Bel-Abbes selon un rythme d'accroissement moyen global de l'ordre 2,49% (ANAT, 2021). Elle est caractérisée par un climat semi-aride dont les précipitations varient entre 200 et 400 mm en moyenne par an (BENABDELI, 2002).

Notre région d'étude fait clairement partie des zones classées sous le seuil de pénurie en eau, qui est

fixé au niveau national à 250 litres par jour par habitant pour les villes (MRE, 2020). Selon DRE, 2014 pour que cette norme soit atteinte, il faut que la production moyenne en eau potable soit de 50 000 m³ / jour, alors que la production moyenne actuelle est de 44 000 m³ / jour (soit 6 000 m³ / jour de déficit).

Cette région se caractérise par une double vocation : agricole au nord dans la plaine (356 501 ha de terres agricoles) et sylvo-pastorale sur les différents massifs et dans les hautes plaines steppiques de la wilaya (DSA, 2020).

Pour une superficie totale de 915,063 hectares, la superficie agricole utile est de l'ordre de 359.179 hectares soit 39% (DSA, 2020). Les espaces forestiers et alfatiers sont environ 40% de la surface totale. La répartition spatiale de la S.A.U⁴ et ses différentes formes d'utilisation sont considérablement influencées par la diversité du climat, du relief et du sol (DSA, 2020).

Ainsi, la zone montagneuse de Messala, Beni-Chougrane et de Dhaya où est pratiquée une agriculture de montagne se trouve être la partie la plus arrosée de toute la wilaya mais ne renfermant que peu de terres arables.

Par contre, la dépression centrale ou zone de plaine où est pratiquée une agriculture extensive, une nette prédominance de la céréaliculture, renferme des sols profonds de bonne valeur agro-pédologique qui ne reçoivent que peu de pluies dans le temps (HAMEL, 2003). Malgré l'importance du potentiel en sol irrigable, les terres effectivement irriguées ne dépassent guère les 5.000 hectares soit 1,5% de la S.A.U (DSA, 2020).

Problèmes relatifs à l'eau dans le secteur agricole

Selon DHW, 2020 la wilaya de Sidi Bel Abbés bénéficie d'une production globale d'eau d'irrigation de 47918 m³/j (17. 250 480 Millions de m³/an) issus des sources et des nappes (forages et puits).

- Eau de forages et puits = 45 834 m³/j (16, 500 240 Millions de m³/an) = 95,65%
- Eau de sources = 2084 m³/j (0, 750 240 Millions de m³/an) = 4,35%

Elle compte une superficie de 381 291, 21 ha de terres agricoles dont 4 023,57 ha sont des terres irriguées. Selon DSA⁵, le volume d'eau produit en 2020/2021 pour l'irrigation est de 6598 m³/j. Ceci reste insuffisant pour avoir des bons rendements.

La demande en irrigation s'évalue à environ 20 m³/j/ha, ce qui demande une production d'eau d'irrigation de 89 650 m³/j soit 30,8954 Millions de m³/an (DSA, 2021). Ceci signifie qu'il y'a un déficit de 32 542 m³/j soit 11. 715 120 Millions de m³/an.

Toutefois, les agriculteurs surexploitent anarchiquement les nappes d'eau souterraines et les volumes d'eau utilisés sont indéterminés (DHW, 2020).

Tab 1. Volume d'eau utilisé à partir de chaque type d'ouvrage (DHW, 2020).

Type d'ouvrage	Surface irriguée Ha	Volume Hm ³ /an	Nombre
Forages	932	4.66	218
Puits	5058	25.29	2277
Barrages	--	--	--
Retenues collinaires	--	--	--
Sources	92	0.46	35
Pompage au fil de l'eau	330	1.65	03
Épandage de crues	500	2.5	02
Surface totale irriguée	6912	--	--

MATERIELS ET METHODES

Présentation du site d'étude

La STEP SBA⁶ est localisé au Nord-est de la commune de Sidi Bel Abbés, sur le côté droit de la route nationale n°13 (Sidi Bel Abbés-Oran) délimité au nord par un terrain agricole et au sud par un verger, à l'ouest par

⁴⁴ SAU : surface agricole utile

⁵ DSA : direction des services agricoles

⁶ STEP : station d'épuration des eaux polluées de la ville de Sidi Bel Abbés

la cité Rocher et l'oued Meera (STEP SBA, 2013).

La STEP SBA a été programmé à 220000 habitations en première phase raccordées, et en deuxième phase arrivera 330000 habitations raccordées. Elle peut recevoir un débit moyen journalier de 280000 m³/j par un débit entrant de 13000 m³/j et de 10512 m³/j sortant. Les eaux épurées sont déversées vers l'oued Mekerra (STEP, SBA)

Bien que quelques rares exemples contraires existent, les eaux usées ne doivent pas être réutilisées brutes. Un traitement est toujours nécessaire, différent selon le type de culture et le mode d'irrigation choisis (IANOR ,2014). Une expérimentation a été effectuée pour étudier la qualité des eaux usées en amont et en aval de la STEP à proximité de la rive droite de l'oued Mekerra et qui est exploitées par les irrigants en tant que ressource pour l'irrigation.

Les analyses sont effectuées selon les méthodes décrites par APHA(1998) sur des échantillons d'eau prélevés sur deux endroits (amont et aval de la station d'épuration) le choix des sites est évidemment déterminant. Il doit permettre de constituer des échantillons représentatifs des caractéristiques du milieu analysé et de ses altérations éventuelles (AFNOR.1997). On prévoit une fréquence minimale de prélèvements variable selon les paramètres, mais fixée au minimum à deux par an : une en hautes eaux (printemps) une en basses eaux (début de l'automne). Les échantillons des eaux usées brutes sont prélevés à partir d'une fosse qui s'appelle poste de relevage.



Figure 1 : Photo satellitaire de la STEP de la ville de Sidi Bel Abbés (Google erat, 2022)

Description des normes fixant les modalités d'utilisation des eaux usées épurées

L'utilisation des eaux pour l'irrigation n'est possible que si les eaux usées soient traitées selon certaines normes de qualité. La définition de normes et d'une réglementation spécifique est indispensable pour toute politique de mise en œuvre d'une réutilisation durable.

Ces normes devront préciser la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux épurées afin de garantir la protection de la santé humaine et la préservation de l'environnement. On trouve des normes trop sévères pour les pays en voie de développement (FAO, 1997), n'a pu y être appliquée pour des raisons techniques et surtout financières. Dans ces pays, la demande croissante en denrées alimentaires et l'absence de normes adaptées ont entraîné une utilisation des eaux usées brutes qui nuisent à la santé publique. (WHO, 1989).

L'Organisation Mondiale de la Santé, consciente de l'enjeu de l'utilisation des eaux usées dans les pays en voie de développement et des problèmes sanitaires créés par ce vide normatif, a lancé en 1982 une série d'études épidémiologiques qui ont abouti à plusieurs Directives (FAO/RNEA, 1995).

Les directives d'OMS 1989 recommandent :

L'élimination complète (ou quasi) des Helminthes intestinaux, avec une moyenne < 1œuf par litre d'eau ; et une élimination importante des bactéries pathogènes, avec une valeur moyenne < 1 000 C.F. /100 ml.

Ces deux mesures sont de stricte application pour l'irrigation non restrictive (EPA. 1992), tandis que pour l'irrigation restrictive on insiste uniquement sur l'élimination des Helminthes.

Au niveau national c'est le Décret exécutif n° 07-149 de 20 mai 2007 publié dans le Journal Officiel de la République Algérienne n° 35 du 23 mai 2007 qui est venu fixer les modalités d'utilisation des eaux usées

épurées à des fins d'irrigation, sous forme de concession, avec le cahier des charges-type y afférant.

Ce décret règle tous les processus d'utilisation des eaux usées épurées par les stations, où il y a obligation à tout concessionnaire d'effectuer une demande exclusivement au Wali de la zone concernée et signer une convention avec la station d'épuration.

Le contrôle technique, la gestion des périmètres irrigués et le contrôle sanitaire ainsi que la qualité de l'eau épurée et des produits agricoles sont assurés par les directions territoriales de chaque wilaya sous tutelle de différents ministères : ressources en eau, agriculture, santé, environnement et commerce (HANNACHI, 2018)

Les cultures autorisées

Une autre réglementation a été mise en œuvre matérialisée par l'arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 qui précise la liste des cultures pouvant être irriguées par les eaux usées épurées. (HANNACHI, 2018)

Pour cela, les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de ces eaux ont été suivies afin (ABBOU & ZEGHMAR, 2010).

- Permettre le fonctionnement de l'irrigation, en réduisant les risques de colmatage,
- Eliminer les microorganismes pathogènes chaque fois que la réglementation l'exige
- Réduire la teneur en azote quand la protection d'une nappe souterraine l'impose.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tab 2. Résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées avant et après épuration

Paramètre	Unité	Moye EB⁷	Moye ET⁸	Normes d'utilisation la norme Algérienne N°17683
T°	°C	24.05	22.6	25-30
PH	--	7.96	7.46	6.5-8.34
Nitrates	mg/l	27.23	0.32	40
Phosphates	mg/l	68.46	31.08	2
Calcium	mg/l	21.56	66.12	100
Magnesium	mg/l	94.7	74.28	0.5
TH (°F)	mg/l	46.87	34.72	40
TAC	mg/l	418.12	449.5	200
Cl⁻	mg/l	466.51	649.98	250
O2 dissous	mg/l	8.48	3.82	30
DCO	--	1322.5	378.16	90
DBO5	--	514.91	27.63	30
DCO/DBO5			13	
Fer total	mg/l	0.41	0.24	5
Cuivre	mg/l	0.75	0.48	0.2
Cyanure	mg/l	0.20	0.12	0.05
Zinc	mg/l	0.28	0.017	2
M.E.S	mg/l	1177.25	184	30
Conductivité	Us/cm	3575	2144.12	3000

⁷ Moye EB : moyenne eau brute

⁸ Moye ET : moyenne eau traitée

DISCUSSION

Les eaux brutes avant traitement

Les résultats montrent que les eaux usées non épurées sont « inaptées » quant à leur réutilisation pour l'irrigation des légumes mangés crus. En effet, les valeurs des différents paramètres dépassent largement les normes algériennes et les normes de l'OMS. La qualité des eaux usées brutes n'est pas conforme (à titre d'exemple DBO5 < 30 mg/l et DCO < 90 mg/l).

Les résultats d'analyses montrent que la salinité de l'eau usée brute se situe dans la classe C4 le danger de modicité est très fort. De telles eaux sont inutilisables pour l'irrigation. Notre enquête a montré qu'une proportion non négligeable de cultures est actuellement irriguée à l'aide d'eaux usées brutes qui sont récupérées à partir de retenues spécialement aménagées à cet effet. Des systèmes de canaux « seguia » bien visibles acheminent ces eaux usées (parfois à partir de brèches faites dans les conduites d'assainissement) vers les parcelles de cultures.

Tab 3. Résultats d'analyses bactériologiques de l'eau avant et après épuration

Les germes recherchés	Unité	Moye EB	Moye ET	Normes OMS
La flore totale	Germe/100mL	9×10^7	7×10^4	--
Coliformes totaux	Germe/100mL	332×10^5	232×10^4	10^4
Coliformes fécaux	Germe/100mL	320×10^5	121×10^4	2×10^3
Eschérichia Colis	Germe/100mL	15×10^2	9×10^2	--
Streptocoques totaux	Germe/100mL	201×10^5	101×10^4	--
Streptocoques fécaux	Germe/100mL	201×10^4	100×10^4	100
Clostridium sulfito-réducteur	Germe/100mL	Indénombrable	+	ABS
La salmonelle	Germe/100mL	+	ABS	ABS
Vibrio-colérique	Germe/100mL	ABS	ABS	--

Les paramètres bactériologiques sont également en dessus des normes fixées par différentes directives. Sur les sols, la plupart des pathogènes peuvent survivre plusieurs semaines, voire plusieurs mois, et particulièrement dans des endroits ombragés humides (SAMUEL, 2004). Certains virus seraient même à l'abri de tous facteurs d'environnement par adsorption sur les particules du sol. Les vers intestinaux sont particulièrement résistants aux conditions environnementales des sols, et, dans des cas extrêmes, les œufs de l'*Ascaris* peuvent, là aussi, survivre plus d'un an dans un sol après contamination fécale (ABOUELOUFA et al., 2002)

Les microorganismes ont la possibilité de migrer en profondeur de 60 cm à partir de la surface. Le sol ne joue pas toujours son rôle de filtre pour les bactéries. Apparemment, les entérobactéries se déplacent plus vers la nappe du côté des champs arrosés avec les eaux usées (CSHPF⁹, 1991)

Qualité des eaux épurées

La qualité des eaux épurée en termes de DBO5 est satisfaisante. Les teneurs des effluents vont de 20 à 70 mg DBO5/l, et non satisfaisante pour DCO et MES varie de 120 à 400 mg DCO/l, et 80 à 189 mg MES/l. Au niveau bactériologique, les œufs d'helminthes sont éliminés totalement et la pollution bactérienne (CF) est réduite. Mais dans 50% des cas la qualité bactériologique est inférieure à la limite des recommandations de l'OMS pour une irrigation sans restrictions (1000 CF/100 ml). Les meilleures analyses donnent 230 CF/100 ml, la plus mauvaise atteignant $4,6 \cdot 10^5$.

La plage normale de PH pour une eau d'irrigation est de 6.5 à 8.4 les cultures s'en trouvent bien. L'eau traitée de la station donne satisfaction (PH de 8.31 et 8.22) bien qu'elle soit à la limite. Ceci est dû à d'autres problèmes de toxicité (concentration élevée en azote). Il faudrait alors faire des examens périodiques et éventuellement prendre des mesures correctives.

Les matières en suspension et les substances organiques dissoutes peuvent obturer les pores du sol, colmater la surface du terrain, diminuer la pénétration de l'eau et l'aération (RODIER & BRISSAUD, 1989)

⁹ CSHPF : Conseil supérieur d'hygiène publique de France

Les oligo-éléments existent en excès par rapport aux besoins des cultures optimisées et provoquent des effets négatifs aussi bien au niveau de la culture que des sols (MESSAOUDI et al., 2015). Un contrôle périodique de la quantité de nutriments présents dans l'effluent est nécessaire afin d'en tenir compte lors du calcul des besoins en fertilisants des cultures irriguées.

L'azote : on remarque un excès d'azotés. Cet excès se réfère d'une part aux tolérances de la végétation cultivée et, d'autre part, aux risques de pollution des nappes phréatiques sous-jacentes comme l'été prouvé par Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Un apport d'azote excédentaire par rapport aux besoins des cultures peut provoquer dans un sol très perméable la contamination des eaux souterraines (MESSAOUDI et al., 2015). Il est donc souhaitable que les apports d'azote ne soient pas disproportionnés à l'assimilation par la culture. Il est clair que la présence d'une nappe phréatique utilisée pour l'alimentation en eau des populations ou des animaux impose des contraintes qu'un projet de réutilisation d'effluents urbains doit prendre en compte (FABY & BRISSAUD, 1997).

L'azote en quantité excessive peut perturber certaines productions, retarder la maturation de certaines cultures, altérer leur qualité, comme par exemple réduire la teneur en sucre des fruits, accentuer la sensibilité des cultures aux maladies, limiter le développement des jeunes racines (ARAR, 1989).

Le phosphate : la concentration en phosphate dans les effluents secondaires varie de 1 à 100 mg/l à moins que l'élimination du phosphate ne soit assurée durant le traitement. La teneur en phosphate dans les eaux usées de la station est trop faible pour modifier le rendement. Mais s'il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol. On note aussi un taux élevé de phosphates qui est au-dessus de la norme malgré le traitement, ce qui peut favoriser largement le phénomène d'eutrophisation au niveau de l'Oued Mekerra.

Les métaux lourds : les concentrations en métaux lourds dans les eaux résiduaires sont faibles et sont situées bien en dessous des valeurs maximales admissibles et ne constituent pas un facteur limitant la réutilisation des eaux usées en irrigation. L'essentiel de ces métaux est retenu dans les boues des stations d'épuration (BOUDENE et al., 1997). Il faut rester cependant prudent afin d'éviter tout risque, de suivre la qualité des eaux recyclées et de tenir compte de leur composition dans le choix des cultures arrosées (IANOR, 2014). Il faut également contrôler le raccordement des eaux de la zone industrielle dans le réseau urbain. Du zinc (Zn) qui est peu toxique, mais qui s'accumule très facilement dans les tissus végétaux. (CSHPF, 1991).

Salinisation : En dessous de 700 S/cm, il n'y a pratiquement pas de culture dont le rendement soit affecté par la salinité (BELAID, 2010). Entre 700 et 3 000 S/cm, le cas de notre eau, le maintien des rendements est encore possible avec des façons culturales adéquates.

Quand une tendance à l'enrichissement en sels de la solution du sol menace les rendements cultureux, elle doit être compensée par des irrigations supérieures aux besoins en eau de la culture pour entraîner la solution du sol excessivement enrichie en ions en dessous de la zone racinaires (MESSAOUDI, 2015). Le choix du mode d'irrigation doit tenir compte de la salinité de l'eau d'arrosage (FABY & BRISSAUD, 1997). L'irrigation à la raie est déconseillée au contraire, l'irrigation par submersion ou l'irrigation localisée donne de bons résultats.

Certaines cultures, comme la vigne, les agrumes, les noyers, l'avocatier et le haricot, les groseilles, les fraisiers et, d'une manière générale, les fruits à pépins et à noyaux sont sensibles à des concentrations relativement faibles en Na. La plupart des arbres et autres plantes ligneuses pérennes sont sensibles au chlore à faible dose, alors que la plupart des cultures annuelles le sont moins. Les cultures très sensibles peuvent être affectées par des teneurs en chlore à partir de 1 meq/l selon FABY, 1997. Les effets toxiques apparaissent beaucoup plus facilement quand les sels sont apportés directement sur les feuilles lors des irrigations par aspersion. C'est particulièrement vrai pour le Cl et le Na. Les risques sont moindres avec des irrigations nocturnes.

Quand les eaux réutilisées ont été chlorées et que le résiduel en chlore est trop élevé au moment de l'irrigation, les cultures peuvent souffrir si elles sont arrosées par aspersion (BELAID, 2010). Mais le chlore résiduel libre (HOCl, OCl⁻, Cl₂) est très réactif et instable dans l'eau. Il suffit alors de stocker l'eau quelques heures dans un réservoir ouvert pour l'éliminer. Une teneur en chlore résiduelle inférieure à 1 mg/l est sans danger pour le feuillage, mais une concentration supérieure à 5 mg/l serait hautement dommageable (MAAS, 1984). La plupart des projets d'irrigation ne devraient pas rencontrer ce problème s'ils utilisent un réservoir de stockage intermédiaire ; mais il est important de redoubler les précautions si ce réservoir est court-circuité et que l'effluent est directement utilisé.

Les procédés conventionnels d'épuration primaire et secondaire ne garantissent pas l'élimination complète des œufs de parasites. Les effluents issus de la station STEP, sont du *type C*

Pour obtenir une eau de *type B*, il faut éliminer pour une grande part les œufs d'helminthes (Mara & Cairncross, 1988) ; Ce qui peut être fait en complétant la chaîne de traitement par un procédé extensif, une lagune de maturation ou un stockage ou encore une infiltration percolation. Une filtration rapide devrait aussi pouvoir remplir ce rôle.

Une eau de *type A* exige en plus l'élimination des coliformes fécaux par une méthode de désinfection (Mara & Cairncross, 1988). L'élimination des coliformes fécaux exige soit un traitement extensif soit un

traitement conventionnel transposé des techniques de préparation des eaux potables. Ces techniques sont soit chimiques - utilisation du chlore et de ses dérivés, ozonation - soit physiques - rayonnements ultraviolets, ultrafiltration. L'efficacité de ces procédés dépend, dans une large mesure, de la qualité de l'eau traitée et, en particulier, de sa teneur résiduelle en matière organique et en matières en suspension.

D'après Abouelouafa, 2002 l'amélioration de la qualité bactériologique par l'application d'un traitement complémentaire aux effluents destinés à l'irrigation permet de récolter des produits d'une meilleure qualité sanitaire. Sur la base des résultats des études disponibles sur la performance des systèmes d'irrigation localisée, le goutte à goutte enterrée semble constituer le système de choix qui permet d'optimiser la gestion des eaux d'irrigation tout en limitant les effets négatifs dus à la qualité des eaux usées chargées en sels et en micro-organismes.

Sondage d'opinion

Un groupe de paysans a été soumis à une série de questions diverses liées aux aspects organisationnels et aux rapports avec l'environnement tant naturel que technico-économique. Des questions de comportement sur la gestion de l'eau, en matière d'adhésion des exploitants aux actions de développement et en matière d'engagement morale et source d'irrigation ont été cherchées.

Également, des sondages faits sur la qualité des eaux souterraines des puits utilisées pour l'irrigation et pour l'abreuvement des cheptels ont montré la dégradation de la qualité de l'eau qui a atteint des niveaux de contaminations alarmants. Une pollution chimique est détectée au niveau des puits des irrigants (ABH, 2020). D'après les indices de santé de la population, on constate que la ville de Sidi Bel Abbés est indemne de tout épisode épidémique de M.T.H (maladies à transmission hydriques).

La nature des terrains par lesquels transitent les eaux souterraines joue un rôle déterminant dans la modification de la qualité de ces eaux, qui au cours de leur séjour se charge en substance minérale provenant de la dissolution des éléments solubles qui constituent la masse principale des roches sédimentaires parmi lesquelles on a les calcaires (CaCO₃) et les chlorures de potassium.

Nous citons ainsi les sources de pollution qui à leur tour provoquent la modification des faciès chimiques des eaux des nappes par infiltration ; Nous visons ici les fosses septiques.

Pour cela, les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux de la nappe souterraine exploitées par les irrigants ont été suivies. D'une manière assez générale, l'ensemble des échantillons prélevés, attestent d'une concentration élevée en N-NO₃ dans les eaux de la nappe. Avec des valeurs dépassant fréquemment le seuil de potabilité de 11 mg/l (c.-à-d. 50 mg/l de NO₃) limite recommandée par l'OMS pour une eau potable, cette eau ne peut pas servir à l'alimentation humaine ou animale. Les mesures ont révélé l'existence d'une pollution qui dépasse les valeurs minimales admises pour les eaux d'irrigation. Les valeurs des paramètres illustrent bien la mauvaise qualité de l'eau des puits.

Identification du périmètre à irrigué

L'irrigation d'un périmètre nécessitant des travaux onéreux. Il faut que le terrain à irriguer soit judicieusement choisi, de ce fait, l'objectif de la première opération est de délimiter un périmètre à irriguer. Pour cela, nous avons adopté une approche simple basée sur un système de notation, et qui consiste à évaluer les principaux facteurs pédologiques intervenant dans l'évaluation et le choix des sols aptes à l'irrigation. L'approche utilisée dans notre cheminement pour pouvoir délimiter le périmètre à irrigué, consiste en dernier lieu à superposer les données relatives aux caractéristiques suivantes :

La profondeur : La profondeur du sol est la première contrainte physique à prendre en considération pour évaluer les sols pour l'irrigation et l'agriculture. Un sol dont la profondeur est inférieure à 30 ou 40 cm est considéré comme inapte à l'irrigation et la diversification des cultures.

Pour la présente étude, seuls les sols calcimagnésiques du périmètre prospecté sont à éliminer du périmètre à irriguer, en raison de leur faible profondeur inférieure à 40 cm.

La perméabilité : Selon les résultats de notre étude l'ensemble des valeurs obtenues des profils représentatifs des sols du périmètre d'étude montrent que presque toutes les unités pédologiques ont des perméabilités comprises entre 2.98 cm/h et 7.72 cm/h. De même, l'incorporation des amendements organiques sont bénéfiques afin de régulariser la perméabilité des sols et permettre également d'augmenter la capacité de rétention et d'éviter les pertes d'eau.

Le calcaire : L'ensemble des valeurs obtenues par notre étude montre que le taux du calcaire actif en surface est inférieur à 5%. Les résultats obtenus font ressortir que les risques de la chlorose, sont minimales à nuls. La teneur en calcaire total et actif est très élevée. Dans ces conditions il est indispensable d'introduire des cultures résistantes au calcaire et vérifier le taux du calcaire actif avant la plantation.

La topographie : La pente conditionne le mode d'irrigation et le choix de culture. Les sols situés sur des surfaces sub-planes ne posent pratiquement aucun problème à l'irrigation et même le choix de culture. Par

contre les sols qui se localisent sur des reliefs ondulés où la pente est supérieure à 5% nécessitent des travaux d'amélioration pour limiter les pertes de terre par érosion.

La problématique qui se posait était à la fois

- De localiser les superficies brutes d'où doivent être dégagées des terres utiles à l'irrigation de point de vue topographique,
- Qu'elles présentent des potentialités pédologiques réelles, qui permettent une exploitation agricole intensive,
- Que ces surfaces soient suffisamment étendues pour justifier les frais de leur mise en valeur,
- Que l'aire irrigable se présente d'un seul tenant du moins le plus homogène possible,
- Que sa situation par rapport à la station d'épuration permet un acheminement de l'eau sans grand recours à d'importants investissements !

Dans une première prospection, il faut comprendre le milieu naturel, en situant la zone dans son contexte. :

Les vents les plus dominants soufflent du Nord-Ouest pour la période de janvier à juin. La saison sèche débute du mois d'avril jusqu'au mois d'octobre où le mois le plus sec est août dont lequel on note une évapotranspiration potentielle intense de l'ordre de 144,7 mm (ANRH, 2001).

L'année hydrologique commence à partir du mois de décembre où les précipitations sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle (ETP), au moment où les réserves recommencent à se reconstituer.

Il pleut une moyenne de 308,23 mm/an avec des pointes de janvier et février. La pluviométrie minimale nulle correspond aux mois de juin à septembre où l'irrigation est indispensable (DHW, 2020)

Le périmètre choisi en priorité est constitué de sols profonds situés sur des pentes inférieures à 3% ayant une bonne perméabilité dans tout le profil, une stabilité structurale élevée et une texture moyenne en surface.

Le stockage de l'eau épurée

Sur un terrain proche de la STEP de Sidi Bel Abbés sera réalisé un bassin de transfert de 3500 m³ environ (DSA.2019). Ce bassin récupère par gravité l'eau sortant de la STEP. C'est là une réserve de régulation destinée à ne pas perturber le fonctionnement des pompes installées en aval du fait des variations du flux de sortie de la station d'épuration.

Une retenue d'eau principale d'une capacité de 650 000 m³ selon DSA (2019) sera réaliser sur le même terrain et sera alimentée par le groupe de pompes à partir du bassin de transfert. Le volume stocké dans cette retenue fera face aux fluctuations saisonnières de la demande en eau. Elle emmagasine l'eau inutilisée en période creuse et la restitue en période de pointe (SAMUEL, 2004).

En fait pour pouvoir stocker l'excédent d'eau en période creuse, cette réserve centrale ne suffit pas et il n'est pas possible de l'agrandir en égard à la configuration du terrain disponible. Elle est complétée par une réserve « répartie » constituée de bassin d'accumulation attenant aux exploitations agricoles.

La station de pompage

Un ensemble de plusieurs pompes sont envisagées pour pouvoir faire face à la fois aux fluctuations de la demande et aux panes. Le rôle de cette station est de :

- puiser l'eau du bassin de transfert et la refouler vers la retenue principale,
- reprendre l'eau de la retenue principale et l'injecter dans le périmètre irrigué.

Ce pompage en deux temps est rendu nécessaire afin de faire bénéficier l'eau traitée d'un transit plus ou moins long dans la retenue et donc de lui faire subir un véritable traitement complémentaire grâce notamment à l'oxygène de l'air et aux rayons ultraviolets.

En contrepartie de ce traitement naturel, le nombre de pompes est augmenté, soit un investissement plus important et des frais d'exploitation plus élevés (SAMUEL, 2004).

La station de pompage sera dotée des moyens de contrôle et de régulation nécessaire pour qu'elle puisse accomplir son rôle.

Le dimensionnement de la station de pompage se fera sur la base du débit maximum de la STEP pour ce qui concerne le pompage primaire et des besoins maximums des cultures pour ce qui concerne le refoulement vers le périmètre, soit :

- 13020 m³/j et 19 530 m³/h observés en décembre pour le pompage primaire respectivement en phase 1 et 2.
- 15107 m³/j observés en juin en phase 1 et 25071 m³/j observés en avril en phase 2 pour le pompage principal.

Plan de cultures optimisé

Le projet retient les cultures principales suivantes :

- pomme de terre de saison (irrigation par aspersion)
- tomate industrielle (irrigation à la goutte à goutte)
- blé de multiplication (irrigation par aspersion)
- orge (irrigation par aspersion)
- pomme de terre d'arrière-saison (irrigation par aspersion)

Les simulations menées par SODEA ont donné les résultats suivants :

Tab4. Plans des cultures optimisés (SODEA, 2009)

Cultures	Superficies cultivables (ha)	
	Phase 1 :10 000 m ³ /j	Phase2 : 15 000 m ³ /j
PDT-saison	185	355
Tomate industrielle	250	250
Blé multiplication	435	605
Orge	185	355
PDT-Arrière-saison	185	355
Totaux	1240	1920

Superficies à Mobilisés (ha)	Phase1	Phase2
	1055	1565

	Phase 1	Phase 2
Réserve d'eau globale (m ³) dont :	832 183	1 187 742
-Bassin de transfert	35 000	35 000
-Retenue principale	650 000	650 000
-Réserve répartie	147 183	502 742
Capacités bassins pour 100 ha	13 951	32 124

Cette première optimisation a été sous-tendue par le souci de consommer la quasi –totalité de l'eau sortant de la station d'épuration et de rentabiliser le système d'irrigation par aspersion ; la consommation couvre les besoins des cultures (90% du débit de la STEP) et les pertes (10% du débit de la STEP devant faire face aux évaporations, aux évacuations par trop-plein ou par purge, aux fuites dans les réseaux principaux, etc....)

La rentabilisation du système d'irrigation au goutte à goutte relatif à la tomate industrielle pourrait être envisagée grâce à une étude plus fine en considérant la culture de petit pois par exemple mais se serait dans tous les cas au détriment des cultures irriguées par aspersion.

L'optimisation a par ailleurs privilégié la tomate industrielle dans la mesure où le marché existe, en fait une usine de transformation de tomate à Sidi Bel Abbés dont la capacité d'absorption journalière en tomate fraîche est de 250 tonnes sur trois mois.

CONCLUSION

Durant l'année 2019, plus de 1240000 000 m³ d'eaux usées ont été collectées sur l'ensemble des 1147 communes dont le service public assainissement est assuré par l'ONA une population raccordée de plus de 27 millions d'habitants à travers 43 wilayas (Bilan annuel DEM ONA, 2019)

Les résultats d'analyses montrent que ces eaux usées épurées sont qualitativement conformes aux normes en vigueur de l'OMS. Cependant, les oligo-éléments existent en excès par rapport aux besoins des cultures optimisées et provoquent des effets négatifs aussi bien au niveau de la culture que des sols.

La concentration des métaux lourds était largement inférieure aux normes admises. Bref, l'eau épurée pouvait être utilisée pour l'irrigation et peut être épandue sur des terres agricoles cultivées après en avoir obtenu

l'autorisation de l'administration concernée.

Les spécialistes recommandent de pratiquer cette réutilisation sur l'arboriculture et une stricte surveillance de la qualité des eaux épurées quand il s'agit de maraîchage (LAHMAMI *et al.*, 2013). La loi interdit leur utilisation pour les crudités ou sur des terrains dont la nappe souterraine sert à la production d'eau potable. Tout cela est aujourd'hui l'affaire de l'ONA.

En effet, puisque le code de l'eau interdisait l'irrigation par l'eau épurée des crudités, il n'empêchait pas, pour autant, avec cette même eau, l'irrigation de l'arboriculture. Les responsables locaux orientèrent alors le réseau des eaux de la station d'épuration vers le périmètre occupé par les vergers. Autant dire 80% de la surface agricole utile de la rive droite de l'oued Mekerra. De cette manière les eaux de sources deviennent suffisantes pour les 20% restants et qui représentent 200 ha de crudités, du moins quand les conditions climatiques le permettent.

On conclut que l'eau recyclée de STEP SBA permettra de récupérer des sources en eau importantes, habituellement rejetées dans l'oued. En plus des avantages économiques qu'elle pourra apporter par la création d'une aire d'irrigation dans une région ou les besoins en eau sont énormes, elle permet d'assurer une réduction importante de la pollution de l'oued Mekerra en aval. En outre, du point de vue environnemental, la récupération et la réutilisation de l'eau usée urbaine traitée pour l'irrigation constituent probablement l'approche d'élimination la plus sûre et la plus réaliste.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A.N.A.T agence nationale d'aménagement de territoire, 2000 : plan d'aménagement de la wilaya, p.50.
- ABBOU S., ZIGOMAR N. 2010. Réutilisation des eaux usées épurées et valorisation agricole des boues .Pour l'obtention du Master Professionnel « Gestion de l'environnement et traitement des eaux », UNIVERSITE DE LIMOGES.
- ABH, 2020 agences du bassin hydrographique, gestion de l'eau au niveau des bassins hydrographique, document inédit 64p.
- ABOUELOUFA M., BERRICHI A., EL HALOUANI H., KHARBOUA M., 2002. Effets de la réutilisation des eaux usées brutes de la ville d'Oujda sur quelques paramètres agronomiques et bactériologiques. *Actes Inst. Agron. Vet.* (Maroc) 2002, 22 (3) : 151- 160.
- AFNOR.1997. Recueil de normes françaises : eau, méthodes d'essai : 2ème édition, Paris.
- ANRH, 2001. Étude des pluies et des ETP. Agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) (Algérie) 2001.
- APHA. 1998. Standard Méthodes for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed. American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation, Washington, DC.
- ARAR A., BISWAS A.K., 1988 : Use of marginal quality waters for plant production in Europe. *Water Resources Development*, 2 :127-142.
- ASANO, T., 1998. Irrigation with reclaimed municipal wastewater : California experiences. Options Méditerranéennes, Bari (Italie) : pp 119-132.
- BAUMONT S., CAMARD JP. LEFRANC, A., FRANCONI A., 2004. Réutilisation des eaux usées épurées : Risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Observatoire Régional de Santé d'Île-de-France (France) : 176 p.
- BELAID, N., 2010. Évaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse de doctorat, Université de Sfax, École Nationale d'Ingénieurs de Sfax (Tunisie) : 236 p.
- BENABDELI K., 1995. Environnement écologique et gestion intégrée des ressources hydriques. 2ème colloque climat et environnement. ARCE, Oran 24 au 25 décembre 1995. 9 p.
- BENABDELI. K, 1999 : Protection de l'environnement, quelques bases fondamentales appliqués et réglementaires. Imp. Graph. Pub, Sidi Bel Abbés). 243p.
- BENABDELLI K, 2002 : Monographie de la wilaya de Sidi Bel Abbés.
- BOUDENE C., DELMAS A.B., ORSINI L., 1997. Évaluation des risques résultant de la présence d'éléments-traces dans les boues résiduaires. Québec, DGS-Groupe BONTOUX, 32 p.
- BOUZIANI, M., 2000. L'eau de la pénurie aux maladies.
- BRAATZ S., KANDIAH A., 2013. Recyclage des eaux usées urbaines pour l'irrigation des forêts et des arbres. *Archives de documents de FAO*, Rome (Italie): 1-5.
- CSHPF, Conseil supérieur d'hygiène publique de France, 1991 : Recommandations sanitaires concernant l'utilisation des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation des cultures et des espaces verts.
- DHW, 2020. Direction de l'hydraulique de la wilaya D.H.W.situation de l'hydraulique dans la wilaya de Sidi Bel Abbés Document inédit.9p.

- DRE, 2014. Direction des ressources en eau de sidi bel abbes. Services d'irrigation, Algérie, 2014.
- DSA, 2020. Direction des services agricoles de sidi bel abbes. Services des statistiques, Algérie, 2009.
- DSA, 2021. Direction des services agricoles de sidi bel abbes. Services d'irrigation, Algérie, 2013.
- DSA, 2019 : direction de services agricoles étude sur la création d'aire d'irrigation sur la plaine de Sidi Bel Abbés.
- EPA, 1992. Guidelines for wastewater reuse ; WASH Technical Report No. 81, September 1992.
- FABY J.A., BRISSAUD F, 1997. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau.
- FABY, J.A, 1997. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, *Document technique, FNDAE*, Hors série 11 : 80 p
- FAO. 1997. Irrigation potential in Africa : A basin approach. FAO Land and Water Bulletin 4. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (Italia).
- FAO/RNEA, 1995. Wastewater management for agricultural production and environmental protection in the Near East Region. FAO Regional office, Cairo, Egypt.
- HABIB R., EL RHAZI O., 2007. Impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées. Project de Fin d'études de Licence-SV, Université Cadi Ayyad –Marrakech (Maroc) : 70 p.
- HAMEL.L, 2003 : Bilan final du projet de recherche inédit Planification coordonnée des ressources en eau superficielles et souterraines et importance de la réutilisation des eaux usées dans la zone semi-aride de SBA (Algérie) université de Sidi Bel Abbés.
- HANNACHI A., GHARZOULI R., DJELLOULI TABET Y., 2014. Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie, Larhyss Journal, Université Ferhat ABBAS- Sétif (Algérie).
- HARTANI T., 1998. La réutilisation des eaux usées en irrigation. Situation actuelle et perspectives. Séminaire sur les ressources en eau non-conventionnelles, Alger (Algérie): pp 10.
- HARTANI T., 2004. La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie. Projet INCO-WADEMED ; Actes du Séminaire modernisation de l'agriculture irriguée, du 19 au 23 avril 2004, Rabat (Maroc).
- IANOR, 2014. PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT Réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, municipales et industrielles Spécifications physico-chimiques et biologiques, NA 17683 :2014 Edition: 01 IANOR.
- JO, 1993. Journal officiel de la république algérienne N° 46, 1993. Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels, Algérie : pp 5.
- JO, 2006. Journal officiel de la république algérienne N° 26, 2006. Décret exécutif n° 06- 141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. J.O, Alger, Algérie : pp 4-5.
- JO, 2007. Journal officiel de la république algérienne N° 35, 2007. Décret exécutif n° 07-149 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférant. J.O, Alger, Algérie : p. 8-12.
- KETTAB A. ET DJAFFAR S, 2018. La gestion de l'eau en Algérie : quelles politiques, quelles stratégies, quels avènements ? Revue algérienne des sciences et technologie de l'environnement, 4(1)
- LAHMAMI D., MESSAOUDI L., MESSAOUDI Z., 2013. Diagnostics socio-économique et environnemental de l'irrigation des cultures maraichères avec les eaux usées non traitées : cas de la zone urbaine et périurbaine de la ville de Meknès au Maroc. Sciences Lib Éditions Mersenne, V 5 (2013) N ° 130212 : pp 1-13.
- MARA, D. AND S. CAIRNCROSS. 1988. Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture: Methods of public health protection. IRCWD News. 24/25: 4-12.
- MÉMENTO DÉGRÈEMENT, 2019. generalites/quelles-eaux-a-traiter-pourquoi/les-effluentsurbains/reutilisation-des-eaux-usees. SUEZ <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et->
- MESSAOUDI L., LAHMAMI D., MESSAOUDI Z., 2015. Évaluation de la productivité végétale des eaux usées épurées. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT) V 9, Issue 2 : 1-3 (www.iosrjournals.org).
- MAAS, E.V., 1984. Salt tolerance of plants. The handbook of land science in agriculture. B.R. Cristie (Ed). CRC Press, Boca Raton, Florida.
- MRE, 2001. Les ressources en eau d'Algérie. Ministère des Ressources en Eau, Rapport de synthèse (Algérie) : 73 p.
- MRE, 2008. Rapport national Algérie. Conférence de haut niveau sur « L'eau pour l'agriculture et l'énergie en Afrique : les défis du changement climatique » Syrte, (Lybie), 15- 17 décembre 2008. Ministère des Ressources en Eau.
- MRE, 2020. Les ressources en eau d'Algérie. Ministère des Ressources en Eau, Rapport de synthèse (Algérie) : 73 p.
- OMS, 1989. L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquiculture : recommandation avisées sanitaires.

- Organisation Mondiale de la Santé, Genève, pp 17-60.
- ONA, 2019. Document interne bilan annuel DEM ONA 201.9 <http://ona-dz.org/>
- ONA, 2019. Office national d'assainissement, Unité de Sidi Bel Abbès, service d'assainissement, Algérie. <http://www.ona-dz.org>
- ONUA, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture l'irrigation avec des eaux usées traitées, manuel d'utilisation Bureau Régional pour le Proche-Orient et Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord septembre 2003
- PNUD, 2009. Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie. Programme de Nations Unies pour le développement (PNUD) : 19 p.
- RODIER C BRISSAUD F, 1989 : Réutilisation des eaux usées par l'irrigation. Méthodologie. Réalisations en France.
- SAMUEL BAUMONT S., 2004. École nationale supérieure agronomique de Toulouse (ENSAT), Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France.
- SODEA, 2009. Société spécialisée dans le développement agricole, outre son domaine d'activité principale dans les travaux hydrauliques et d'environnement, groupe HASNAOUI.
- STEP SBA, 2013 Entreprise nationale de traitement hydro-traitement : Notice d'exploitation de la station d'épuration de la ville de Sidi Bel Abbés.
- TAMRABET L., KRIBAA M., HAMIDI B., ALALATA S., BERKANI W., HAMDUDI A., 2007. Évaluation de l'aptitude des effluents d'Oued El Gourzi (Batna, Nord EST d'Algérie) à l'irrigation et leur impact sur le sol et la qualité des cultures maraîchères et fourragères. Congrès international 'Eau et Déchets'. Université Mohamed premier, Oujda (Maroc).
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, (WHO). 1989. Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture. Technical Report Series No. 778. WHO, Geneva.

