



APPLICATIONS DE LA PHYTOREMEDIATION DANS LE TRAITEMENT DES EAUX USEES EN ALGERIE

APPLICATIONS OF PHYTOREMEDIATION IN WASTEWATER TREATMENT IN ALGERIA

GHERIB A.*¹, BOUFENDI M.², TEMIME A.², BEDOUH Y.¹

¹ Division Biotechnologies et Environnement,

² Division Biotechnologies et santé,

Centre de Recherche en Biotechnologies C.R.Bt, Constantine, Algérie.

*gheribfettah@gmail.com**

RESUME

L'objectif du présent travail est le recueil des données statistiques et scientifiques sur la mise en œuvre des stratégies de phytoremédiation en Algérie, dans le domaine de traitement des eaux usées domestiques et urbaines, suite aux données fournies par les organismes suivant : Office Nationale d'Assainissement (ONA) et 13 organismes sous tutelle (3 directions de zones, 5 stations d'épuration des eaux usées et 5 stations de lagunage), Commissariat National du Littoral (CNL) ; Ministère de l'environnement (MATE), 3 directions de l'environnement de wilaya (DEW) et Centre National de Développement des Ressources Biologiques (CNDRB). Les résultats obtenus ont permis de constater que les procédés de phytoremédiation représentent actuellement 56% des procédés de traitement des eaux usées, avec 60 stations de lagunage (52% SLN, 45% SLA, 3% SFP). En ce qui concerne la biodiversité des espèces phytoremediatrices, le bassin WWG de Timacine comporte environ 941 espèces, utilisées dans la *bioaccumulation* et la *biodégradation* des polluants, dominées par: *les algues microscopiques, les lentilles d'eau, les roseaux, Laurier rose, Hibiscus, Canna, Papyrus, Grenadier, Jonc*, etc. La répartition géographique des stations de lagunage en Algérie est variable d'une zone à l'autre selon les spécificités de chaque zone.

Mots clés : phytoremédiation, eaux usées, stations de lagunage, STEP, Algérie.

ABSTRACT

The aims of this work is the collection of statistics and scientific data about the application of phytoremediation strategies in Algeria, in the processing of domestic and urban waste waters treatment, following the data provided by the following organizations: National office of Sanitation (ONA) and 3 directions areas, 5 STEP and 5 lagoons, National Coastal Commission (CNL); Ministry of Environment (MATE), 3 directions of environment (DEW) and Biological Resource Development National Center (CNDRB). The results have shown that phytoremediation processes currently represent 56% of the wastewater treatment processes, with 60 lagoon (52% SLN, SLA 45%, 3% SFP). Regarding the biodiversity of species, the WWG basin Timacine comprises approximately 941 species, used in bioaccumulation and biodegradation of pollutants are dominates by: *microscopic algae*, *duckweed*, *reeds*, *Nerium Oleander*, *Hibiscus*, *Canna*, *Papyrus*, *Grenadier*, *Rush*, etc. The geographical distribution of lagoon in Algeria varies from an area to another depending on the specificities of each area.

Keywords: phytoremediation, wastewater, lagoon, STEP, Algeria.

INTRODUCTION

L'Algérie est classée dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques, au regard du seuil de rareté fixé par la banque mondiale à 1000 m³/hab./an (Bedouh, 2014). L'urbanisation croissante, l'industrialisation et la surpopulation, sont les principales causes de la dégradation de l'environnement et de la pollution (Singh et al, 2011). La situation de l'environnement s'empire de plus en plus à cause de la multiplicité des installations urbaines provisoires et très souvent inachevées et du manque de structures appropriées d'assainissement des eaux usées. Compte tenu des mauvaises performances des structures conventionnelles et de leur inadaptabilité aux contextes des pays en voies de développement (Kern et Idler, 1999).

De nos jours, beaucoup d'intérêt a été attribué à la dépollution des eaux usées. Certes, il existe de nombreuses méthodes physico-chimiques et biologiques spécifiques de traitement, elles sont non seulement coûteuses et lourdes à mettre en œuvre, mais elles provoquent également des impacts négatifs sur l'environnement (Singh et al, 2011). En revanche, le besoin de nouvelles techniques, économiquement compétitives et pouvant préserver les caractéristiques des écosystèmes s'est fait sentir. Ces techniques regroupées

sous le terme générique de bioremediation font appel ; soit à des microorganismes et aux produits de leur métabolisme, soit à des végétaux supérieurs et aux bactéries de leur rhizosphère (phytoremédiation), pour aboutir à la restauration des milieux pollués (Cunningham *et al*, 1995; Pilon-Smits, 2005), Elles exploitent les capacités d'adaptation des systèmes racinaires aux fortes charges polluantes et aux conditions d'anoxie ou d'hypoxie du substrat, entraînant des relations symbiotiques entre les microorganismes et les racines qui favorisent l'élimination des polluants (Kern et Idler, 1999). Les techniques de phytoremédiation peuvent être utilisées en complément des procédés physico-chimiques et biologiques, elles présentent plusieurs avantages : fiabilités, faible coût et respect de l'environnement. Elles permettent ainsi de revégétaliser les sites pollués en améliorant en plus la qualité visuelle de l'espace aménagé (Cunningham *et al*, 1995 ; Pilon-Smits, 2005).

L'objectif de ce travail est le recueil des données statistiques et scientifiques sur la mise en œuvre des stratégies de phytoremédiation en Algérie :

- montrer l'importance et les exigences des stratégies de phytoremédiation comme technologie verte, pour la préservation de l'environnement, de la santé et du bien-être de l'humain ;
- faire ressortir toutes les dimensions du concept phytoremédiation en se référant aux données statistiques et scientifiques élaborées par des organismes compétents et son intégration dans la politique environnementale ;
- exhiber les espèces végétales susceptibles d'avoir un effet bioremediateur à fin de valoriser les ressources biologiques nationales.

METHODOLOGIE DE TRAVAIL

La méthodologie du travail consiste à effectuer plusieurs sorties sur terrain, visant les organismes et les institutions concernés par la mise en œuvre des stratégies de phytoremédiation. Dont l'objectif principal est le recueil de données statistiques et scientifiques, entre le mois de novembre et décembre 2014, selon le domaine d'intérêt des organismes sensées d'appliquer ces stratégies, en l'occurrence : Office Nationale D'assainissement (ONA) et organismes sous tutelle (03 direction de zone, 05 stations d'épuration des eaux usées et 05 stations de lagunage), Commissariat National du Littoral (CNL), Ministère de l'environnement (MATE), 03 directions de l'environnement de wilaya (DEW) et Centre National de Développement des Ressources Biologiques (CNDRB) (tableau 1).

Tableau 1 : Distribution des organismes visités.

Wilaya	Organisme visité
Batna	Direction de zone (ONA) STEP Batna STEP Timgad DEW
Oum bouaghi	DEW Lagune Boughrara Saoudi
Khenchla	Lagune Ain jarbou Lagune M'toussa Lagune Remila Lagune Tamza
Constantine	Direction de zone (ONA) DEW STEP Ibn Ziad
Annaba	STEP Al Allalick
Sétif	STEP Ain Sfiha
Alger	Direction générale (ONA) CNDRB CNL

Un questionnaire particulier a été mis en place, et qui fait l'objet de remplissage par les organismes concernés, renfermant : présentation de l'organisme, données scientifiques et statistiques sur la mise en œuvre des stratégies de phytoremédiation, les contraintes qui empêchent l'application de ces stratégies, et en fin, suggestions et propositions pour promouvoir et vulgariser l'application de ces stratégies. Outre, des investigations sont effectuées sur terrain, des entretiens avec les responsables et les acteurs du domaine de l'environnement, des recherches bibliographiques et webgraphiques sur internet et sur les sites officiels des organismes ont été effectuées. Nous avons collecté et sélectionné des données à partir des articles de presse, des documents écrits, des fiches techniques, des rapport officiels et des documents iconographiques ou statistiques réalisées par des organismes concernés et/ou au niveau du ministère (textes et directives). Elles sont donc des données macro sociales qu'il n'est pas possible d'établir par soi-même, mais nous l'avons décortiqué fondamentalement pour en tirer plus d'informations.

RESULTATS ET DISCUSSION

Statistiques sur les stations d'épuration en Algérie

L'intérêt de l'épuration des eaux usées en Algérie n'est pas seulement de lutter contre la pollution mais aussi d'assurer une nouvelle ressource en eau qui va soulager la crise de pénurie d'eau surtout dans le domaine de l'irrigation agricole et l'utilisation domestique et industrielle. Par conséquent, d'importants programmes ont été lancés pour protéger les ressources en eaux et le littoral à travers la réalisation des stations d'épuration à boues activées adoptant les processus physicochimiques et biologiques et les stations de lagunages adoptant le principe de phytoremédiation où la dépollution est basée sur les plantes et leur interactions avec le sol et les microorganismes : plantes supérieures, algues, champignons, associations symbiotiques, associations mycorhysiennes, etc. (figure 1).

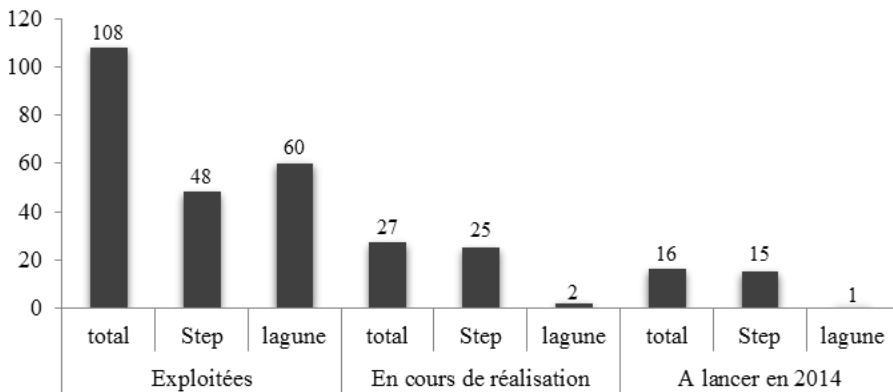


Figure 1 : Données des stations d'épuration en Algérie.

En 2014, le nombre de stations d'épuration exploitées en Algérie est de 108 stations (48 stations d'épuration à boues activées et 60 stations de lagunage), d'une capacité de 7 351 282 Eq/hab., soit un débit nominal moyen de 1 143 451 m³/j. Le lagunage basé sur le principe de phytoremédiation couvre 56% de l'effectif des stations exploitées (figure 1) (ONA, 2014a). La phytoremédiation des eaux usées est une technologie qui s'adapte aux contextes climatiques, géologiques et socio-économiques algériens. C'est un procédé d'épuration

écologique propre et non polluant, adopté dans les stations de lagunage basé principalement sur des écosystèmes dans lesquels les végétaux (plantes supérieures, champignons, microalgues, lentilles d'eau, associations symbiotiques microalgues-bactéries, associations mychoriziennes, etc.) sont utilisés. Dans les stations d'épurations à boues activées, les stratégies de phytoremédiation n'ont jamais été adoptées comme technologie ou alternative émergentes des procédés biologiques physico-chimiques et classiques.

Selon notre enquête, l'Algérie a été poussé depuis les années 90 à adopter le lagunage naturel, selon les motifs suivants :

- La disponibilité du foncier et les conditions climatiques encouragés par la situation géographique de l'Algérie ;
- Les coûts élevés liés à l'installation des STEP et à son fonctionnement, en plus les contraintes d'exploitation surtout pour les petites agglomérations (inférieur à 5000 habitants) ;
- La précarité, la facilité d'installation, faible coûts d'exploitation et bonne intégration paysagère du système de lagunage, en plus la préservation de la biodiversité et la valorisation ressources biologiques naturelles ;
- La destination finale des eaux usées épurées où la majorité est destinée principalement à l'usage agricole et la protection des ressources en eau qui nécessite uniquement un traitement secondaire.

Selon le programme de développement (2013-2014) de l'ONA, l'Algérie compte se doter ultérieurement de 43 stations d'épuration (27 stations en cours de réalisation et 16 stations lancés en 2014), dont 40 STEP et 3 stations de lagunage, ceci augmentera le nombre total à 151 stations d'épuration dont 63 stations de lagunage, soit un pourcentage de 41%. Cette tendance de l'état est attribué au souci des responsables envers l'utilisation des techniques de lagunage extensif, vu la qualité des eaux épurées et l'efficacité du système, ainsi que l'occupation de l'espace foncier. En revanche, en matière d'efficacité du traitement, les résultats de certains paramètres comme le pH et les MES sont satisfaisants et conformes aux normes de préservation des milieux récepteurs exigées dans le journal officiel de la république algérienne (J.O.R.A, 2006) (figure 2).

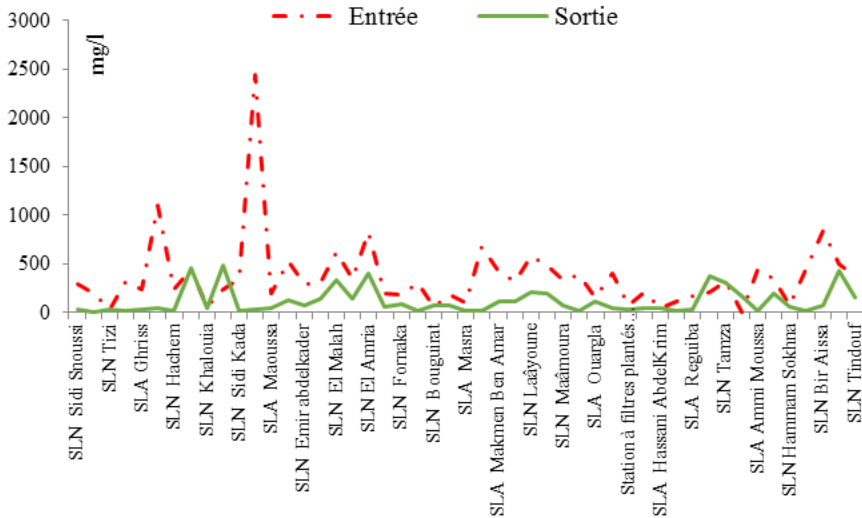


Figure 2 : Valeurs des MES dans les stations de lagunage en Algérie.

Selon l'étude faite sur les eaux usées entrantes et sortantes des deux lagunes Sidi Senoussi (Tlemcen) et Emir Abdel Kader (Ain T'émouchent) par (Chachoua et Seddini, 2013), il ressort que : Pour les paramètres pH et NO_3^- , les teneurs dans les eaux épurées sont conformes avec les normes requises pour la réutilisation agricole. Concernant les paramètres MES et DBO_5 et la DCO, NH_4^+ : les concentrations dans les eaux épurées ne sont pas conformes avec les normes de réutilisation et de préservation du milieu récepteur requises par (J.O.R.A, 2006). Alors, le système d'épuration nommé lagunage naturel ne suffit pas seul pour avoir des eaux épurées conformes pour une réutilisation agricole et même pour une préservation du milieu naturel. Nous proposons d'ajouter à l'aval des bassins de lagunage naturel des bassins des filtres plantés, très efficace pour une épuration des eaux usées des milieux ruraux et donnent des concentrations conformes avec les normes de réutilisation agricole recommandées par (O.M.S, 1989).

De plus, Les résultats obtenus par (Fonkou et al. 2010), ont montré que l'utilisation d'un marécage artificiel à écoulement horizontal en sous surface permettrait de réduire la charge polluante de la vinasse. Les abattements ont été de 80% pour la conductivité, 90% pour la couleur, 79% pour les matières en suspension, 60% pour la demande chimique en oxygène, 90% pour la demande

biochimique en oxygène, 79% pour la teneur en azote total et 50% pour la teneur en phosphore total.

Typologie des stations de lagunage

Selon notre enquête, l'application des stratégies de phytoremédiation dans le domaine de traitement des eaux usées domestiques réside dans l'exploitation des stations de lagunage naturel, stations de lagunage aéré et stations à filtres plantés. Jusqu'à maintenant, ce système a montré des performances épuratoires globalement satisfaisantes (ONA, 2014a). Des multiples facteurs peuvent jouer un rôle important dans le choix de cette technologie comme meilleure solution pour le traitement décentralisé des effluents domestique surtout des petites agglomérations (figure 3).

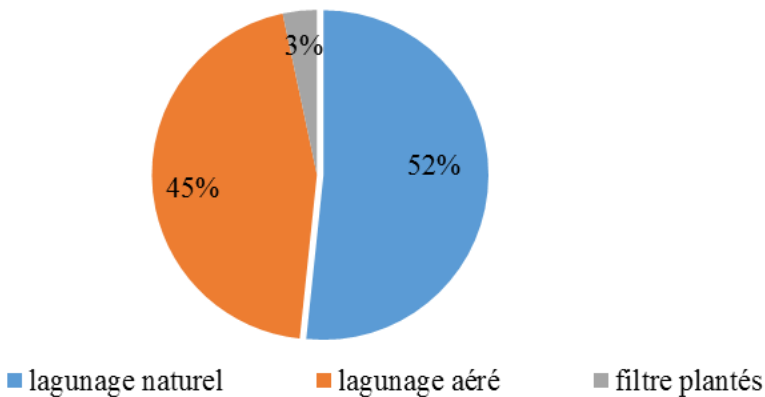


Figure 3 : Typologie des stations de lagunages en Algérie.

L'observation de la (figure 3) permet de constater que, en 2014, le nombre des stations de lagunage naturel (SLN) représente 52% de l'effectif des stations de lagunage. Cependant, les stations de lagunage aéré (SLA) représentent 45% et les stations à filtres plantés (SFP) ne représentent que 3%.

L'étude de (Boutayeb et Bouzidi, 2013) a montré que le système d'épuration des eaux usées domestiques par lagunage naturel demeure parmi les procédés les plus utilisés dans les pays à climats chauds arides à semi arides, surtout en milieu rural. C'est le système le plus ancien dans la filière. Mais, vu la qualité médiocre des eaux épurées ce système fut de plus en plus amélioré par

l'installation des systèmes de lagunage aéré. Selon (Hamid et *al*, 2014), Le rendement épuratoire a connu une grande amélioration avec la nouvelle technique du lagunage aéré. En effet, ces rendements ont atteint des valeurs de 82%, 83% et 88% respectivement pour la DBO₅, DCO et MES.

La phytoremédiation utilisant les filtres plantés est une méthode expérimentée pour la première fois en Algérie dans les deux localités de N'goussa et Timacine sous la vocation de Wastewater Garden (WWG) avec une capacité d'épuration de 10914 Eq/hab. et 100 Eq/hab. et un débit journalier de 1515 m³/j et 15 m³/j respectivement, dont le procédé d'épuration est basé essentiellement sur les filtres plantés à base des Roseaux (ONA, 2014b). Selon un article de presse paru le 30 avril 2013, intitulé « *Algérie - La réalisation des jardins filtrants pour épurer les eaux usées sera bientôt budgétisée* », la réussite de cette expérience pilote a convaincu le Ministre des Ressources en Eaux à généraliser l'usage de cette technique écologique et peu coûteuse à d'autres régions oasiennes, où il a été annoncé la réalisation de 100 jardins filtrants, qui seront budgétisée dans la loi de finances complémentaires pour 2013, et ceci lors d'une réunion sur la mise en œuvre du programme de développement des wilayas sahariennes. En revanche, l'observation de la figure 3 révèle que, en 2014, les stations à filtres plantés ne constituent que 3% de la totalité des stations de lagunage avec uniquement les deux stations de N'goussa et Timacine dites stations pilotes.

Le volet biotechnologique de l'utilisation des plantes dans les stations de lagunage est marqué par les différents végétaux qui colonisent naturellement les bassins des lagunes et qui jouent un rôle crucial dans le processus de traitement des eaux usées domestiques et urbaines, via deux mécanismes principaux :

- La bioaccumulation (extraction des polluants) : assurée par des plantes enracinées telles que les roseaux et les cannes ;
- La biodégradation : assurée par les algues microscopiques, champignons et différentes associations symbiotiques (bactéries-algues) et mycorhysiennes (racines des plantes-champignons, etc.) (ONA, 2014c).

Les principaux groupes de végétaux rencontrés dans les lagunes sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Les principaux groupes de plantes rencontrées dans le bassin de la lagune « Boughrara Saoudi » à Oum El Bouaghi

Plante	Description	Rôle	Polluants à éliminés
Algues	Microscopiques, Photosynthétique ; la plupart du temps sont des algues vertes ; occupent la couche d'eau superficielle (20-50 cm).	oxygénation des bassins ; absorption du CO ₂ , et sels minéraux ; forment des associations symbiotiques avec les bactéries pour améliorer le pouvoir d'oxydation et de dégradation de la matière organique, dans les bassins.	MES HAP
Roseaux et Cannes,	Plantes enracinées ; Plantes comportant une tige souterraines ou des rhizomes ;	Support d'abri pour les bactéries, les algues et le zooplancton ; Contribution à la diversification et équilibrage de l'activité biologique.	Nitrates Phosphates - Ammonium Sulfates, etc.
Lentilles d'eau	Plantes flottantes	Rôle positif dans l'épuration tant que leur prolifération est contrôlée, Assimilation d'azote et phosphore minéral.	

Source :(ONA,2014c)

En effet, selon notre enquête, au niveau des lagunes naturelles de Tamza, M'toussa, Ain Jarboue, Remila et Boughrara Saoudi, on a noté l'absence totale des filtres plantés (plantes accumulatrices) à base des roseaux et/ou des cannes, etc. en aval. Le procédé d'épuration est basée essentiellement sur le phénomène de décantation naturelle et la biodégradation des polluants par les bactéries hétérotrophes et les microalgues notamment les microalgues vertes. Ces dernières se présentent naturellement dans des bassins et peuvent montrer parfois une prolifération excessive influençant le processus d'épuration et diminuant les rendements épuratoires en matière de MES, DBO₅ et DCO.

En ce qui concerne la biodiversité des espèces à caractère phytoremédiateur, le bassin WWG de Timacine comporte environ 941 espèces reconnues pour leurs capacités à vivre dans un milieu saturé d'eau, en l'occurrence : *Laurier rose*,

Hibiscus, Canna, Papyrus, Grenadier, Jonc, etc. Les plantes de l'unité WWG assimilent les nutriments de l'eau à travers leurs racines et s'en nourrissent. Les polluants prélevés par les plantes sont par la suite bioaccumulés dans les tissus et biodégradés par divers processus métaboliques. Les performances épuratoires du système depuis sa mise en service (juin 2008) à ce jour sont globalement efficaces et se situent au-delà de 80% pour la plupart des paramètres considérés (ONA, 2014b).

Répartition géographique des stations de lagunage en Algérie

La répartition géographique des stations de lagunage en Algérie est variable d'une zone à l'autre, selon les spécificités de chaque zone. La zone d'Oran présente le record national avec 29 lagunes (15 lagunes à Mascara, 06 lagunes à Ain Timouchent, 03 lagunes à Sidi Belabbes et 03 lagunes à Mostaganem), suivi par la zone de Batna qui dispose de 6 lagunes localisées essentiellement dans la wilaya de Khenchla (05 lagunes). La zone d'Ouargla et El Oued renferment 03 et 04 lagunes respectivement. En revanche, les zones d'Annaba et Tizi Ouzou ne disposent d'aucune station de lagunage (figure 4).

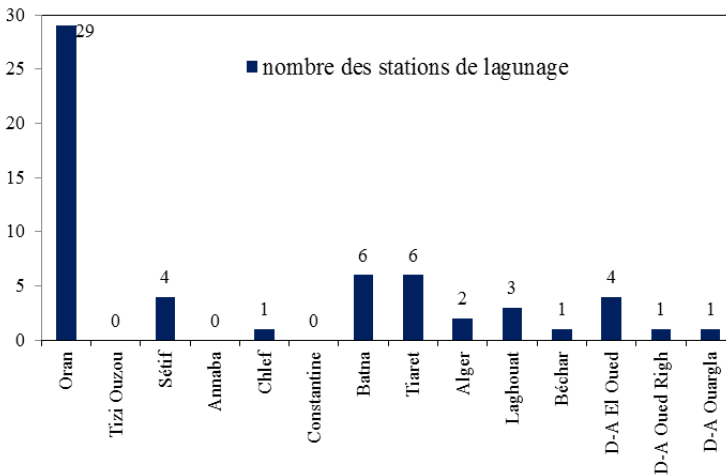


Figure 4 : Répartition géographique des stations de lagunage en Algérie (Source : établi à partir des données de ONA (1), 2014).

En Algérie, les échecs constatés suite à la mise en place auparavant des procédés de traitement des eaux usées à boues activées, ont poussé les pouvoirs publics à opter récemment pour les techniques de lagunage (Idder, 2011). Dont l'objectif est la lutte contre la pollution hydrique et la protection des ressources en eaux (90% des stations de lagunage ont pour objet la protection des Oueds, 8% pour la protection des barrages et 02% pour la protection de Sebkha), ainsi que la lutte contre les maladies à transmission hydriques. Ces techniques sont basées sur le principe de phytoremédiation via l'utilisation des ressources biologiques locales particulièrement adaptées aux spécificités et conditions écologiques de chaque région, la grandeur des agglomérations dans les zones rurales et sahariennes (inférieur à 5000 Eq/hab.), la simplicité des installations, la disponibilité du foncier et la destination finale des eaux usées épurées, dont la grande partie est réutilisée principalement dans l'irrigation des cultures qui se contentent uniquement au traitement secondaire, et ne nécessitent pas un traitement tertiaire (ONA, 2014a).

CONCLUSION

Cette étude a permis d'acquérir des informations importantes en matière des applications environnementales de la phytoremédiation en Algérie, les espèces utilisées, les mécanismes suivis, les motifs de choix des différents procédés, contraintes, propositions et suggestions pour le développement du domaine. En effet, d'après les résultats obtenus, nous pouvons conclure que : Les procédés de phytoremédiation représentent actuellement 56% des procédés utilisés dans le traitement des eaux usées, avec 60 stations de lagunage (52% SLN, 45% SLA, 3% SFP). Dont 90% des stations ont pour objet la protection des Oueds, 8% pour la protection des barrages et 2% pour la protection des Sebkha. Les espèces phytoremédiatrices utilisées dans la bioaccumulation et la biodégradation des polluants sont : les algues microscopiques, les lentilles d'eau, les roseaux, Laurier, Hibiscus, Canna, Papyrus, Grenadier, Jonc, etc. La station à filtre planté WWG de Timacine renferme seule 941 espèces. Aucune des 48 STEP exploitées n'adopte les stratégies de phytoremédiation à travers l'utilisation des associations symbiotiques ou des plantes accumulatrices pour la biodégradation et la bioaccumulation des polluants des eaux ou des boues résiduelles réutilisées par la suite principalement dans l'agriculture.

PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Cette étude ouvre les perspectives pour d'éventuelles recherches d'approfondissement du thème qui attirent l'attention de toutes les disciplines vu l'importance des biotechnologies notamment la phytoremédiation dans la protection des ressources naturelles, la vitalité et la nécessité de la valorisation des résultats de la recherches scientifique sur l'intérêts des ressources biologiques nationales dans la préservation de l'environnement, de la santé et du bien-être de l'humain.

Enfin, nous recommandons aux responsables de l'environnement d'adopter et de développer les stratégies de phytoremédiation pour une meilleure protection des ressources naturelles, dans un contexte de développement durable, à travers:

- L'installation en aval des stations, des filtres plantés capables d'éliminer ou extraire les polluants pouvant échappés au traitement biologique notamment les métaux lourds ;
- L'adoption de la phytoremédiation et utilisation d'un assemblage des consortiums d'organismes dans les bassins biologiques : microalgues, champignons, lentilles d'eau, etc., pour l'amélioration des rendements ;
- La décontamination des boues résiduaire en les épandant sur des plantations d'arbres (Sapin, Eucalyptus, Peuplier, Saule, etc.), connues pour ses capacités hyperaccumulatrice des métaux lourds.
- La valorisation des résultats de la recherche scientifique dans le domaine et formation du personnel impliqué dans la gestion de l'environnement sur les techniques de phytoremédiation.
- La création de la police des eaux qui aura pour mission le contrôle des rejets des unités industrielles, artisanales, stations de lavage et de graissage, etc., afin d'éviter toute confusion des eaux usées domestiques avec des eaux d'autres origines pouvant perturber le processus de traitement et la santé des plantes phytoremediatrices.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEDOUEH Y. (2014). Evaluation de la toxicité des eaux usées traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon «*Allium cepa*», thèse de doctorat, université de Annaba, Algérie, 128p.
- BOUTAYEB M., BOUZIDI A. (2013). Epuration des eaux usées domestiques par lagunage naturel dans cinq stations d'épuration de la région de la Chaouia Ouardigha-Maroc, *Nature & Technologie*, 8, 49-53.

- FONKOU T., FONTEH M.F., DJOUSSE KANOOU M., AKOA A. (2010). Performances des filtres plantes de *Echinochloa pyramidalis* dans l'épuration des eaux usées de distillerie en Afrique subsaharienne, *TROPICULTURA*, 28 (2), 69-76.
- CHACHOUA M., SEDDINI A. (2013). Étude de la qualité des eaux épurées par le lagunage naturel en Algérie. *Afrique SCIENCE*, 9, 113-121.
- CUNNINGHAM S.D., BERTI W.R., HUANG J.W. (1995). Phytoremédiation of contaminated soils. *Trends Biotechnology*, 13, 393-397.
- HAMID C., ELWATIK L., RAMCHOUN Y., FATH-ALLAH R., AYYACH A. (2014). Etude des performances épuratoires de la technique du lagunage aéré appliquée à la station d'épuration de la ville d'Errachidia – Maroc. *Afrique SCIENCE*, 10, 183-173.
- IDDER T. (2011). Etude de deux systèmes de traitement des eaux usées urbaines par lagunage, cas de la station pilote de l'université de Niamey (Niger) et de la station de lagunage aéré de l'oasis de Ouargla, 1er Séminaire International sur la Ressource en eau au sahara : Evaluation, Economie et Protection, le 19 et 20 janvier 2011(Ouargla), 83-89.
- J.O.R.A. (2006). Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels dans un milieu récepteur. *Journal Officiel de la République Algérienne*, 23 Avril 2006, Algérie, 27 p.
- KERN I., IDLER C. (1999). Treatment of domestic and agricultural wastewater by reed bed systems. *Ecological Engineering*, 12, 13-25.
- O.M.S. (1989). L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquaculture: Recommandation à visées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Série des rapports techniques N° 778, Genève, 82 p.
- ONA (2014a). Tableau de bord mensuel, Direction de l'Exploitation et de la Maintenance, office national d'assainissement (ONA), 26 P.
- ONA (2014b). Présentation de l'unité pilote de traitement des eaux usées du vieux ksar de Timacine dans la wilaya d'Ouargla, office national d'assainissement (ONA), 9 P.
- ONA (2014c). Manuel d'exploitation de la station de lagunage naturel de la ville de Boughrara Saoudi dans la wilaya d'Oum el bouaghi, Direction de l'Exploitation et de la Maintenance, département épuration, office national d'assainissement (ONA), 12 P.
- PILON-SMITS E. (2005). Phytoremédiation. *Annual Review of Plant Biology*, 56, 15-39 P.
- SINGH D., GUPTA R., TIWARI A. (2011). Phytoremédiation of Lead From Wastewater Using Aquatic Plants. *International Journal of Biomedical Research*, 124 2(1), 1-11.