

La Disponibilité des Ressources D'eau en Algérie

1.2.1 Les Ressources D'eau et Leur Mobilisation

❖ Les Potentialités D'eau En Algérie¹

L'Algérie présente 2 grands types de réserves hydrauliques²:

- Des châteaux d'eau montagnards dont les plus importants sont situés dans le Tell central et oriental (grande Kabylie, babors et ouarsenis) mais qui ont l'inconvénient de ne pas avoir à leurs pieds de vastes plaines, Au contraire, la majorité des oueds qui en sont issus se jettent très rapidement dans la Méditerranée.

- Des nappes souterraines dans les hautes plaines ou plusieurs aquifères renouvelables ont été identifiés (nappes du Chott-EChergui, du Hodna ...).

Les ressources mobilisables annuellement peuvent être estimées approximativement à 17 milliards de m³ dont 80% de ruissellement et 20% d'eaux souterraines. La consommation actuelle est environ de plus de 3,5 milliards de m³ dont 1 milliard 1/2 provient des eaux souterraines. La marge d'utilisation est donc importante, surtout pour les eaux de ruissellement, pour les eaux souterraines, elle est plus faible: 43 % sont utilisées.

Avec une superficie de 2,4 millions de km², le territoire se compose d'une diversité géographique et climatique, avec du nord vers le sud, des régions côtières et sub-littorales, une vaste étendue de hautes plaines (« hauts plateaux ») semi-arides et un immense ensemble saharien au climat aride et hyper-aride.

Le bilan hydrologique moyen annuel de l'Algérie du Nord fait ressortir un déficit d'écoulement qui atteint 87 % alors que 13 % seulement des précipitations profitent à l'écoulement.

¹ Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie, 07 Mars 2009, p, 3

² DEKHIL Saad, L'eau et Le Développement De L'irrigation En Algérie, MEDIT n° 1-2/91, p.36

Sur l'ensemble du territoire, les ressources en eau se répartissent comme suit¹ :

- 12 milliards de m³ dans les régions Nord : 10 (écoulements superficiels), 2 (ressources souterraines).
- 5,2 milliards de m³ dans les régions sahariennes : 0,2 (écoulements superficiels), 5 (ressources souterraines).

Le climat de l'Algérie est connu pour sa grande diversité spatiale et sa grande variabilité interannuelle, il se distingue par :

- une variabilité spatiale et temporelle marquées. S'il pleut uniquement 350 mm en moyenne dans la région Ouest, cette moyenne peut dépasser les 1000 mm à l'Est et atteindre, certaines années, les 2000 mm sur les reliefs élevés.
- une pluviométrie qui décroît rapidement vers le Sud. A la lisière du Sahara, la moyenne devient inférieure à 100 mm.
- une concentration des précipitations en un nombre réduit (de décembre à avril représentant les 5 mois les plus productifs).

❖ La Mobilisation de L'eau en Algérie²

& En 2011 : 2,7 milliards m³/an (63 barrages)

& En 2030 : 4,3 milliards m³/an (121 barrages)

& Développement de la réutilisation des eaux usées (1,2 millions m³/an à l'horizon 2015)

& Dessalement (2,3 millions m³/jour)

De part sa rareté, l'eau en Algérie, comme dans la plupart des pays du Sud de la Méditerranée, est un facteur limitant le développement, c'est une source de tensions sociales. La rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accroître avec le changement climatique.

¹ www.umc.edu.dz

Avec moins de 600 m³ par habitant et par an, l'Algérie (36 millions d'habitants en 2010) se situe dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques, au regard du seuil de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³ par habitant et par an.

Les capacités totales de mobilisation sont de 12 milliards de m³/an dont¹:

- Un volume de 6,8 Milliards au Nord (5 Milliards de m³/an pour les eaux de surface, 1.8 Milliards de m³/an pour les eaux souterraines)².
- Un volume de 5,2 Milliards de m³/an dans les régions Sahariennes qui équivaut aux réserves exploitables sans risque de déséquilibre hydrodynamique.

❖ **Les Problèmes de L'eau en Algérie**

La situation actuelle de l'eau en Algérie est très difficile :

➤ **Un déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles** : la croissance démographique et le développement économique et social du pays exigent la disponibilité de différents besoins, mais malheureusement en parallèle, on trouve un accroissement considérable de ces besoins en eau potable, industrielle et agricole.

➤ **La pollution des nappes et des ressources superficielles** : les rejets domestiques, industriels et agricoles dépassent les capacités des systèmes d'épuration, ce qui réduit considérablement les volumes d'eau devant être utilisés. Les défis à relever dans ce domaine sont liés à la préservation de ce qu'on appelle « l'or bleu », réalisé pour la sécurité de la population et l'économie du pays.

Malheureusement, Le besoin en eau douce, en Algérie, ne cesse de croître. En 2002, selon les estimations du Ministère des ressources en eau, le volume d'eau distribué à travers le pays atteignait 3,3 milliards de m³. 1300 millions de m³ ont été affecté à l'usage domestique, 1800 millions de m³ pour l'irrigation, et 200 millions de m³ pour l'industrie.

¹ Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie, 07 Mars 2009, p, 5

² Morgan Mozas & Alexis Ghosn(Octobre 2013), État des lieux du secteur de l'eau en Algérie, p. 3

Tableau 3 : Évolution en % de l'utilisation de l'eau en Algérie¹.

	1975	1980	1992	1998	2002
Domestique	16	21	25	34	39
Irrigation	80	75	70	62	55
Industrie	3	4	5	3,5	6

(Source : *Bouchedja Abdellah*, Ministère des ressources en eau, Alger, 2003)

Face à cette situation critique, L'état s'est engagé dans un vaste programme de mobilisation des ressources en eau pour satisfaire la demande et mettre fin à la problématique du stress hydrique.

I.2.2 La Politique de L'eau En Algérie

A l'instar des autres pays, l'Algérie a enrichi sa politique nationale de l'eau en l'adaptant à toutes les mutations nées aussi bien des changements climatiques, de l'évolution, des enjeux et des besoins sociaux-économiques ainsi que d'une perception du coût réel de l'eau et des conséquences économiques.

Dés 1996, l'Algérie a engagé une nouvelle politique de l'eau, à savoir la « Gestion intégrée des ressources en eau » pour garantir leur valorisation et durabilité. Cette nouvelle politique est fondée sur un ensemble de réformes institutionnelles et de nouveaux instruments qui sont les Agences de bassins et les Comités de Bassins.

Le territoire Algérien a été subdivisé en cinq grands bassins versant créant dans chacun d'entre eux des organismes de bassin: Agences de Bassin hydrographique et Comités de bassin hydrographique.

¹ *Bouchedja Abdellah - Directeur Général ABHCSM(2012)*, LA POLITIQUE NATIONALE DE L'EAU EN ALGÉRIE, 10ème Conférence Internationale, Istanbul – Turquie, p.6

Tableau 4 : La Ressource en Eau Dans les Cinq Régions Hydrographiques¹

Régions hydrographiques	Eaux superficielles	Eaux Souterraines	Total de la ressource
Oranie - Chott Chergui	1 milliard de m ³	0.6 milliard de m ³	1.6 milliard de m ³
Cheliff – Zahrez	1.5 milliard de m ³	0.33 milliard de m ³	1.83 milliard de m ³
Algérois - Hodna – Soummam	3.4 milliard de m ³	0.74 milliard de m ³	4.14 milliard de m ³
Constantinois - Seybouse – Mellegue	3.7 milliard de m ³	0.43 milliard de m ³	4.43 milliard de m ³
Sahara	0.2 milliard de m ³	5 milliard de m ³	(il s'agit de la nappe albienne)

Source : *Bouchedja Abdellah (2012)*, Ministère des Ressources en Eau

❖ Principe de la Politique de L'eau en Algérie

Unicité de la ressource: Gestion unitaire à l'échelle du Bassin Hydrographique. Cette gestion sera assurée par les Agences de Bassins Hydrographiques.

Concertation : Cette concertation se fait par le biais des comités de bassins hydrographiques.

Economie : Elle se fera par la lutte contre les fuites et le gaspillage de l'eau avec des objectifs basés sur le comptage systématique et la réhabilitation des réseaux ainsi que par la sensibilisation des usagers à l'utilisation de cette ressource.

Ecologie : L'eau est une ressource rare et un bien collectif à protéger contre toute forme de pollution.

L'universalité: L'eau est l'affaire de tous les usagers.

¹ *Bouchedja Abdellah (2012)*, La Politique Nationale De L'eau En Algérie , Ministère des Ressources en Eau Agence de Bassin Hydrographique Constantinois-Seybousse-Mellegue.

La Banque Mondiale¹, évoque qu'une « politique équilibrée Algérienne en matière de mobilisation et de diversification des ressources en eau, au moment où plusieurs pays de la région sont confrontés à de graves difficultés pour approvisionner leurs populations en eau potable » et met en exergue les efforts consentis par les autorités pour éloigner le pays de sa situation de « pauvreté hydrique ».

D'importants financements publics ont été alloués au secteur de l'eau pour mener à bien les réformes structurelles lancées en 2001-2002 : les investissements publics dans ce secteur sont passés de 28,5 milliards de dinars Algériens (soit 34,8 millions d'euros) en 1999 à 594 milliards de DA (soit 738,4 millions d'euros) en 2006.

La concurrence entre les différents usages de l'eau (eaux domestiques, industrielle et agricole) et les interactions entre l'eau et les questions énergétiques et alimentaires ont incité les autorités Algériennes à passer d'une politique sectorielle à une politique intégrée de l'eau.

L'Algérie affiche notamment une volonté de mieux exploiter son potentiel agricole pour réduire la dépendance du pays. Pour cela et à travers la pression croissante sur les ressources en eau d'ici à 2050, il faut tenir compte de la nécessité d'étendre les surfaces irriguées, d'alimenter en eau une population plus nombreuse et de répondre aux besoins potentiels en eau du secteur énergétique.

À long terme, le développement économique en Algérie doit prendre en considération les défis sociaux (accès à l'eau potable en quantité et en qualité suffisantes, tarification sociale, partage de l'eau entre les territoires, etc.) et environnementaux (renouvellement des nappes souterraines, limitation des émissions de CO₂, réduction des rejets polluants, sauvegarde des écosystèmes, etc.) comme étant les deux indicateurs essentiels du développement durable dans ce pays.

¹ Morgan Mozas & Alexis Ghosn ,(2013) Chefs de projet d'Ipemed, État des lieux du secteur de l'eau en Algérie, p .4

I.2.3 Gestion intégrée et durable de l'eau en Algérie

La gestion des ressources en eau doit toujours s'opérer dans un cadre caractérisé par trois objectifs interdépendants - sociaux, économiques et environnementaux, et chercher à satisfaire, de manière équilibrée, les besoins correspondants. Ce principe sert à la formulation de la politique de gestion intégrée des ressources en eau qui exige une bonne coordination des activités des sous-secteurs de l'eau en permettant ainsi, de faire face aux problèmes d'environnement, de santé d'origine hydrique, et les projets polyvalents de construction de barrages hydroélectriques. Pour atteindre ces objectifs, la politique de gestion intégrée s'intéresse aux points suivants:¹

- ◆ Approvisionnement en eau, assainissement et santé.
- ◆ Protection de la biodiversité.
- ◆ Protection de l'environnement maritime et côtier
- ◆ Sécheresse et désertification.

❖ La Performance De la Gestion de L'eau

La particularité de l'eau est qu'elle doit être considérée à la fois comme un bien économique et social. La gestion d'un tel bien doit répondre à plusieurs critères distincts. Nous allons présenter trois critères pour évaluer la gestion de l'eau à savoir : l'efficacité, l'équité et l'imputabilité².

➤ L'efficacité

Parvenir à une gestion efficace d'un service tel que la distribution de l'eau potable ou dans le traitement des eaux usées, représente un défi important pour le secteur public. On peut décomposer l'efficacité de la gestion de l'eau en trois composantes : l'efficacité statique, l'efficacité dynamique et l'éco-efficacité.

¹ Politique De Gestion Intégrée Des Ressources En Eau(2000), Banque Africaine De Développement et Fonds Africain De Développement, OCOD.

² BOYER Marcel, Ph. D. PATRY Michel, Ph. D. TREMBLAY Pierre J., ing., Ph.D(1999)., La Gestion Déléguée De L'eau : Les Enjeux, Montréal, p5-11

➤ L'équité

Le principe de l'équité en ce qui concerne la distribution de l'eau repose sur une accessibilité universelle de ce bien essentiel à la survie. Cependant, cette accessibilité n'implique nullement la gratuité du service. Bien au contraire, il est important de réaliser que la gratuité de la consommation de l'eau n'engendre pas nécessairement une situation socialement équitable.

➤ L'imputabilité

Étant donné les caractéristiques du marché de l'eau (monopole naturel, impact sur le bien-être social, conséquences environnementales, impacts sur la santé, etc.), l'État a un rôle incontournable à jouer, notamment à travers la réglementation et ce, quel que soit le mode de gestion privilégié.

❖ **Gestion intégrée et durable de l'eau**

Selon l'allocution d'Ángel Gurría (secrétaire général de l'OCDE) lors du 13ème Congrès mondial de l'eau en 2008, « la gouvernance est bien la clé pour relever tous les défis de la gestion de l'eau ».1

La première conférence internationale de « Mar el Plata » sur l'eau en 1977 initie le début d'une vraie politique de l'eau, l'objectif était de marquer le commencement d'une nouvelle ère dans l'histoire du développement et du management de l'eau. Elle se termine par l'approbation du plan d'Action de Mar del Plata. Il faudra cependant attendre 1992 avec la conférence de Dublin (ICWE-International Conference on Water and the Environment) pour voir réapparaître l'eau comme thème central des débats.

L'adoption des principes de Dublin et la Conférence de Rio vont impulser la création du CME et du Global Water Partnership (GWP), puis de l'International of Water Management Institute (IWMI). Le constat est pourtant alarmant : les ressources en eau sont en danger. **Le problème est davantage lié à la mauvaise gestion des ressources en eau qu'à son manque effectif**².

¹ HUGONIN Patricia (2011), Op-Cit, p.11

² HUGONIN Patricia (2011), Op-Cit, p.12

Le GIRE¹ la gestion intégrée de l'eau, actuellement considéré comme la solution au problème est mondiale. Celle-ci est un processus qui encourage la mise en valeur et la gestion coordonnée de l'eau, des terres et des ressources associées en vue de maximiser le bien-être économique et social qui en résulte d'une manière équitable, sans compromettre la durabilité d'écosystèmes vitaux.

On prend par exemple, La Suisse, pourtant riche en eau, qui réussit à maîtriser sa consommation. Ce succès est dû notamment à la législation suisse en matière de protection des eaux (LEaux, OEaux) à une application de la loi sur la protection des eaux et à une volonté étatique et populaire.

L'Uruguay et l'Afrique du Sud, pourtant pays émergents, ont introduit la gestion de l'eau dans leur constitution afin d'en faire un engagement politique.²

La politique nationale de l'eau se donne des instruments de gestion intégrée et durable des ressources, ce qui permet également de garantir l'impact escompté des grands projets en cours. « Apprendre à gérer la ressource en eau dans une perspective de développement durable, c'est apprendre à maîtriser sa rareté mais aussi ses excès, à assurer l'alimentation en eau potable, agricole et industrielle, et à préserver la qualité de l'environnement. ».

Pour Préserver la qualité de l'eau et de l'environnement, l'Algérie a lancé le programme de réhabilitation et de réalisation de stations d'épuration (STEP) qui a concerné en premier lieu les agglomérations de plus de 100 000 habitants et les agglomérations situées en amont des barrages (en exploitation ou en construction). Plus particulièrement, les villes côtières dont les effluents font l'objet de traitement avant leur rejet dans le littoral.

Le volume épuré est passé de 90 hm³/an au début des années 2000 à 400 hm³ aujourd'hui. On recense un total de 102 unités, dotées d'une capacité installée de 600 hm³. Le programme en cours (40 STEP à réaliser) permet d'atteindre 900 hm³

¹ HUGONIN Patricia (2011), Op-Cit, p.22

² HUGONIN Patricia (2011), Op-Cit, p.22

en 2015 et 1200 hm³ en 2020. Au-delà de l'impact écologique, les eaux usées épurées permettent de développer la mise en valeur agricole.

Il est à noter aussi, les travaux d'assainissement luttant contre la remontée des eaux dans les régions d'El Oued et Ouargla dans le Sud ainsi que les travaux de protection contre les crues de la vallée du M'Zab et des villes de Sidi Bel Abbés et de Tébessa.

Consciente des défis à relever dans la gestion des ressources en eau et de la nécessité de mettre en œuvre une nouvelle politique dans ce secteur, l'Algérie organise pour la première fois des Assises nationales de l'eau en 1995. Suite à cette rencontre, un état des lieux, un diagnostic des systèmes de distribution et d'assainissement d'eau fut établi ainsi qu'une stratégie nationale élaborée¹.

Entre 1995 et 2005, une série de réformes a repensé la mobilisation, la gestion et l'utilisation des ressources en eau prenant en compte trois points clés : les principes (cadre réglementaire, gestion intégrée, efficience de l'eau agricole, politique tarifaire), les institutions (création du ministère des Ressources en eau, des agences de bassins hydrographiques et restructuration des agences nationales et régionales), et les priorités (alimentation en eau potable, transferts d'eau, etc.) qui définissent la nouvelle politique nationale de l'eau.

I.3 Généralités Sur les Eaux Usées

I.3.1 Composition Des Eaux Usées²

Les eaux usées urbaines proviennent essentiellement des activités domestiques et industrielles ainsi que des eaux souterraines et des précipitations (les réseaux étant généralement unitaires). Les eaux domestiques proviennent des activités humaines quotidiennes, alors que les eaux usées industrielles sont très variées en termes de quantité et de qualité. Leurs caractéristiques dépendent du type d'industrie et du niveau de traitement que les eaux usées subissent avant leur rejet.

¹ Morgan Mozas & Alexis Ghosn , (2013)Chefs de Projet d'Ipemed, État des Lieux du Secteur de L'eau en Algérie, p .5

² BELAID Nebil (2010), Evaluation 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, p 6

En effet, la réglementation distingue des niveaux de qualité pour les eaux usées épurées, déterminés essentiellement par les taux de concentration en microorganismes. Il est donc indispensable de connaître la composition des eaux usées afin de définir les domaines de réutilisation possibles et le niveau de restriction.

La composition des eaux usées (Tableau 5), est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.).

Tableau 5: Composants Majeurs Typique D'eau Usée Domestique¹

Constituants	Concentration (mg/l)		
	Fort	Moyen	Faible
Solides totaux	1200	700	350
Solides dissous (TDS)	850	500	250
Solides suspendus	350	200	100
Azote (en N)	85	40	20
Phosphore (en P)	20	10	6
Chlore	100	50	30
Alcalinité (en CaCO ₃)	200	100	50
Graisses	150	100	50
DBO ₅	300	200	100

Source : DJEDDI Hamsa, 2007, Utilisation des eaux d'une station d'épuration pou l'irrigation des essences forestières urbaines

¹ DJEDDI Hamsa, (2007), Mémoire de Magistère en Ecologie et Environnement, Utilisation des eaux d'une station d'épuration pou l'irrigation des essences forestières urbaines, p.16

I.3.1.1 Les Microorganismes

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes¹.

■ Les bactéries

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées². La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de **104 germes L-1**. Parmi les plus détectées on retrouve, les salmonellas, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Les coliformes thermotolérants sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau³.

■ Les virus

Les virus sont des parasites intracellulaires qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous estimation de leur nombre réel⁴. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal. Parmi les virus entériques humains les plus nombreux il faut citer les entérovirus (exemple: polio), les rotavirus, les retrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A. Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries. Des chercheurs ont constaté que, au cours du processus de traitement des eaux usées, les virus sont plus difficiles à éliminer que les bactéries

¹ Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. (2004)., Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France.

² BELAID Nebil (2010), Evaluation 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 .p 7

³ Asano T. (1998)., Wastewater Reclamation and Reuse. Water Quality Management Library, P. 1475

⁴ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.16

classiques couramment utilisées comme indicateurs de la qualité bactériologique des eaux.

■ Les protozoaires

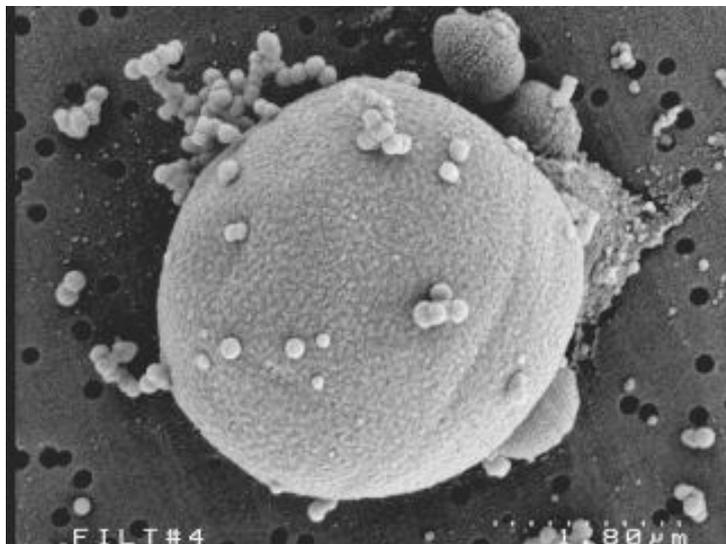


Photo 1 : Les protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries¹. Plusieurs protozoaires pathogènes ont été identifiés dans les eaux usées², Ces organismes peuvent survivre plusieurs semaines voire même plusieurs années. En revanche, 10 à 30 kystes, est une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires.³

■ Les helminthes

Les helminthes sont des parasites intestinaux, fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires, dans les eaux usées urbaines. Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire.⁴ Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve. Les œufs et les larves sont résistants dans l'environnement et le risque

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.18

² BELAID Nebil (2010), Evaluation 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, .p 8

³ BUMONT S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. (2004)., Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France.p.220

⁴ CSHPF. (1995)., Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines, p22.

lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires. En effet, la persistance de ces organismes à différentes conditions environnementales ainsi que leur résistance à la désinfection permet leur reproduction, ce qui constitue leur risque potentiel. Les helminthes pathogènes rencontrés dans les eaux usées sont¹ : *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata*.

I.3.1.2 Les matières en suspension (MES)²

Ce sont des matières biodégradables pour la plupart. Les micro-organismes sont le plus souvent adsorbés à leur surface et sont ainsi « transportés » par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures³. Les

Particules en suspension peuvent, par définition, être éliminées par décantation. C'est une étape simple et efficace pour réduire la charge organique et la teneur en germes pathogènes des eaux usées. Toutefois, un traitement beaucoup plus poussé est généralement requis pour faire face aux risques sanitaires.

I.3.1.3 Eléments traces⁴, minéraux ou organiques

Les micro-polluants organiques et non organiques résultent d'une pollution Multiple et complexe. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante⁵.

¹ BELAID Nebil (2010), Evaluation 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, p 8

² BELAID Nebil (2010), Evaluation 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, p 25

³ Faby J.A., Brissaud F. (1997)., L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau.

⁴ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.22

⁵ Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. (2004)., Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France.

■ Les métaux lourds

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux. Les plus abondants sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces. Leur origine est multiple: ils proviennent « des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de la distribution de l'eau et de l'assainissement des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels ». Les éléments les plus dangereux sont le plomb (Pb), l'arsenic (As), le mercure (Hg), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni).

■ Les éléments organiques toxiques

Les micro-polluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique, des rejets industriels et des eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier etc...

Les stations d'épuration sont des sources potentielles de ces produits toxiques. Cependant, en raison de la faible solubilité de ces éléments organiques, on les retrouvera concentrés dans les boues plutôt que dans les eaux résiduaires¹.

I.3.1.4 Substances nutritives

Les nutriments se trouvent en grande quantité dans l'eau usée, et constituent un paramètre de qualité important pour la valorisation de ces eaux en agriculture. Les éléments les plus fréquents dans les eaux usées sont l'azote, le phosphore et parfois le potassium, le zinc, le bore et le soufre², qui se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables que ce soit, dans les eaux usées

¹ BELAID Nebil (2010), Evaluation 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, .p 12

² BELAID Nebil (2010), Evaluation 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, .p 10

épurées ou brutes. D'après Faby et Brissaud (1997), une lame d'eau résiduaire traitée de 100 mm peut apporter à l'hectare de terre agricole environ :¹

-  de 16 à 62 kg d'azote,
-  de 2 à 69 kg de potassium,
-  de 4 à 24 kg de phosphore,
-  de 18 à 208 kg de calcium
-  de 9 à 100 kg de magnésium,
-  de 27 à 182 kg de sodium²

Le potentiel de fertilisation de l'eau usée traitée est un atout pour les cultures mais peut également être une source de pollution pour l'environnement, en fonction principalement de la gestion des eaux usées appliquée par les agriculteurs. Dans ce cadre, la FAO (2003) a promulgué de nouvelles mesures : il est recommandé de surveiller NO₃-N, NH₄-N, P et K, pour trois raisons principales:

- ❖ l'estimation des engrais additionnels à fournir pour optimiser le rendement et la qualité des cultures.
- ❖ le choix du système agricole approprié pour la meilleure efficacité d'utilisation des nutriments et de l'eau.
- ❖ la protection des eaux de surface et souterraines de la pollution par NO₃-N.

1.3.2 Traitements Des Eaux Usées

Une étude de (Global Water Intelligence, 2005) montre à l'heure actuelle que seulement 5% des eaux usées traitées de la planète sont réutilisées, ce qui représente un volume global d'environ 0,18% de la demande mondiale en eau, mais ce marché enregistre, aux États-Unis comme en Europe, une croissance

¹ BELAID Nebil (2010), Evaluation 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, p 11

² Faby J.A., Brissaud F. (1997)., L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau.

d'environ 25% par an. La réutilisation des eaux usées est donc une activité en plein développement¹.

Selon Valiron et al. (1983), la réutilisation de l'eau est définie ainsi: « La 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 »².

La réutilisation des eaux usées s'impose de plus en plus comme une évidence dans les politiques de développement durable des pays souffrant de stress hydrique. « Agbar », filiale espagnole de Suez Environnement, parvient par exemple à réutiliser 21 % des eaux traitées grâce à sa technologie avancée et à son savoir-faire. « Plus qu'une alternative, il s'agit d'une opportunité : produire de l'eau régénérée de qualité 'potable', consomme quatre fois moins d'énergie que produire de l'eau dessalée » souligne Rafael Mujeriego.

Pendant les dernières années, la réutilisation des eaux usées a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées de l'ordre de 10 à 29 % par an, en Europe, aux États Unis et en Chine, et jusqu'à 41 % en Australie. Le volume journalier actuel des eaux réutilisées atteint le chiffre impressionnant de 1,5-1,7 millions de m³ par jour dans plusieurs pays, comme par exemple en Californie, en Floride, au Mexique et en Chine.

I.3 .2.1 L'Histoire des eaux usées traitées

L'épuration et la réutilisation des eaux usées ont été pratiquées en Australie depuis 1880. Dans les années 1950 et 1960, la réutilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage des golfs et espaces verts s'est développée et en 1993 elle a été

¹ LAZAROVA Valentina, Suez-Environnement, BRISSAUD François, (Février 2007) « Intérêt, bénéfices et contraintes de la Réutilisation des eaux usées en France », Université Montpellier 2, N° 299 - L'eau, L'industrie, Les Nuisances, P43

² BENZARIA Mohammed(2008), Approche Méthodologique Pour Les Projets De Réutilisation Des Eaux Usées En Irrigation, Université Du QUÉBEC à MONTRÉAL, p 10

encouragée par le gouvernement d'Etat qui l'a réglementée dans la loi pour la Protection de l'Environnement de 1995¹.

Aux États-Unis, 34 états disposent de recommandations relatives à l'usage agricole des eaux usées. Les grandes réalisations sont en Californie où les eaux usées sont utilisées pour irriguer le coton, le maïs et la betterave à sucre et en Floride, où, en plus des parcs et des golfs, 3000 ha de cultures et de pépinières sont irriguées par les eaux usées traitées.

En 1989, la Tunisie est le premier pays de l'Ouest méditerranéen à avoir adopté des réglementations pour la réutilisation des eaux usées. On compte environ 6400 hectares irrigués par les eaux usées traitées, les cultures irriguées sont les arbres fruitiers (citrons, olives, pommes, poires etc.), les vignobles, les fourrages (luzerne, sorgho), le coton, etc.²

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 d'utilisation choisi. Pour l'irrigation et les utilisations urbaines, les objectifs principaux sont de ³:

- réduire les risques de colmatage,
- éviter les mauvaises odeurs,
- éliminer les microorganismes pathogènes, chaque fois que la réglementation l'exige.

- réduire la teneur en azote, quand la protection d'une nappe souterraine l'impose.

Les projets de réutilisation concernent souvent les effluents de stations d'épuration existantes et le traitement primaire ou secondaire devra être complété par un traitement tertiaire.

¹ MONCHALIN Gérard, AVIRON-VIOLET Jacques, (juillet 2000), « Réutilisation des Eaux Usées après Traitement », .P.08

² BENZARIA Mohammed,(MARS 2008) « Approche Méthodologique pour les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation », Université du Québec À Montréal,

³ MONCHALIN Gérard, AVIRON-VIOLET Jacques, (juillet 2000), « Réutilisation des Eaux Usées après Traitement », .P.15

Les procédés d'épuration peuvent être classés en :

- Procédés conventionnels (décantation primaire, lits bactériens, boues activées, biofiltration, dénitrification)
- désinfection (chloration, ozonation, ultrafiltration)
- procédés extensifs (lagunage naturel, infiltration - percolation)

Traiter les eaux demande l'application de techniques différentes. Ces techniques peuvent être d'ordre mécanique, physique, chimique, ou encore biologique. Le but étant toujours d'assainir l'eau rejetée ou utilisée afin qu'elle soit compatible avec l'environnement ou l'usage que l'on compte en faire.

Dans une station de traitement des eaux usées on distingue deux lignes différentes :

- La ligne des eaux
- La ligne des boues

Dans la ligne des eaux, sont traités les déchets provenant des égouts. Cela comprend trois stades¹ :

- Le traitement primaire : Un processus physique utilisé pour éliminer une partie des substances organiques ou sédimentaires qui sont contenues dans le liquide. Cela comprend le dégrillage, le tamisage, le dégraissage et la sédimentation primaire.

- Le traitement secondaire : Un processus biologique utilisé pour éliminer les substances organiques sédimentaires et non sédimentaires contenues dans le liquide. Cela comprend l'aération et la sédimentation secondaire.

- Le traitement tertiaire : Réalisé sur l'effluent à la sortie de la sédimentation secondaire, il permet d'obtenir un affinement post-traitement à l'épuration. Il comprend des traitements spéciaux pour diminuer le contenu des substances qui n'ont pas été éliminées par les traitements primaires et secondaires.

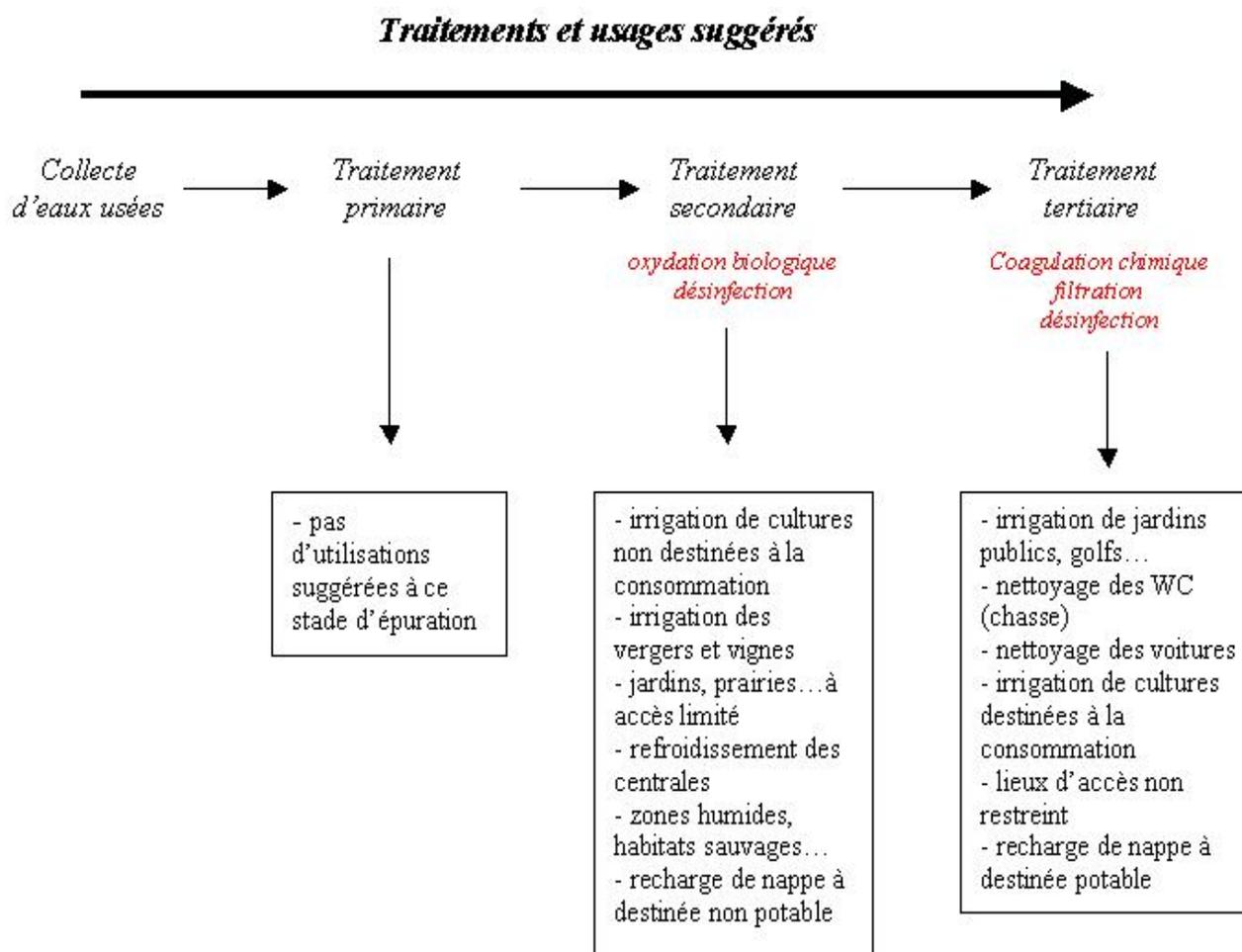
¹ BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctora, p 17

Dans la ligne des boues, sont traitées toutes celles produites pendant les phases de sédimentation de la ligne des eaux.

Le but de cette ligne est d'éliminer la quantité élevée d'eau contenue dans les boues et d'en réduire le volume. L'objectif ici est également de stabiliser le matériel organique et de détruire les organismes pathogènes présents, de façon à rendre le produit final moins coûteux et moins dangereux pour l'environnement.

L'effluent final traité est conduit dans des filières de traitements et d'épandage et peut être aussi utilisé par l'agriculture ou certaines industries.

Figure N° 5: Usages Suggérés Suivant le Niveau de Traitement



Source : Catherine Boutin, Alain Héduit, Jean-Michel Helmer(2009)

A cet effet, On va essayer d'expliquer en détail toutes les étapes d'épuration des eaux usées à travers les deux lignes :

❖ Le Traitement Préliminaire

Le prétraitement vise à protéger le relèvement des eaux brutes et plus généralement à éliminer tout ce qui pourrait gêner les traitements ultérieurs.¹ Suivant la qualité de l'eau à traiter, plusieurs opérations peuvent être nécessaires, parmi lesquelles² :

❖ Le Dégrillage

Le dégrillage consiste à débarrasser l'effluent des matières les plus volumineuses. Il consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux moins espacés, retiennent les éléments grossiers après nettoyage des grilles par des moyens mécaniques, manuels.

Parmi l'espacement des barreaux on distingue³ :

Un pré dégrillage : espacement 30 à 100mm

Un dégrillage moyen : espacement 10 à 25mm

Un dégrillage fin : espacement 3 à 10mm Pour le nettoyage des grilles, on distingue deux types de grilles.

❖ Le Dessablage

Ce procédé consiste à l'élimination du sable présent dans l'effluent brut qui est indispensable pour protéger les conduites et les pompes contre l'érosion et le colmatage.

¹ FAO. (2003)., L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage paper, p65.

²BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.43

³ BOUMEDIENE Mohammed El Amin(2013), Bilan De Suivi Des Performances De Fonctionnement D'une Station D'épuration A Boues Activées, p.10

❖ Le Dégraissage et le Déshuilage

L'opération est destinée à réduire les graisses et huiles non émulsionnées par simple sédimentation physique en surface. Il existe différents dispositifs de déshuilage-dégraissage conçus suivant la nature de l'eau à traiter.

◆ Le Traitement Primaire

Il consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent dans le fond d'un ouvrage appelé décanteur pour former les boues primaires¹. Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage. Ce traitement s'effectue par des voies physico-chimiques pour faciliter la décantation.²

- **La décantation simple** : est un processus physique de séparation sous l'action de la pesanteur. Les matières en suspension ou colloïdales ont tendance à se séparer du liquide par sédimentation.

- **La décantation associée** : le principe ici est de favoriser l'agrégation des molécules en suspension grâce aux techniques de coagulation et de floculation pour former des floccs plus gros et faciliter la décantation.

¹ Vaillant J.R. (1974), Perfectionnement et Nouveautés pour L'épuration des Eaux Résiduaires : Eaux Usées Urbaines et Eaux Résiduaires Industrielles. Ed. Eyrolles. Paris, p.413

² BOUMEDIENE Mohammed El Amin(2013), Bilan De Suivi Des Performances De Fonctionnement D'une Station D'épuration A Boues Activées, p.11

❖ **L'épuration Biologique¹**

Photo 2 : L'épuration Biologique

Dans le traitement des eaux industrielles ou le traitement des eaux domestiques on utilise souvent les traitements biologiques afin d'éliminer les éléments organiques telles les graisses, sucres, protéines, etc. La dégradation de ces éléments organiques est assurée par des microorganismes (bactéries) qui consomment les matières organiques en présence d'oxygène (méthode aérobie) ou sans oxygène (méthode anaérobie)².

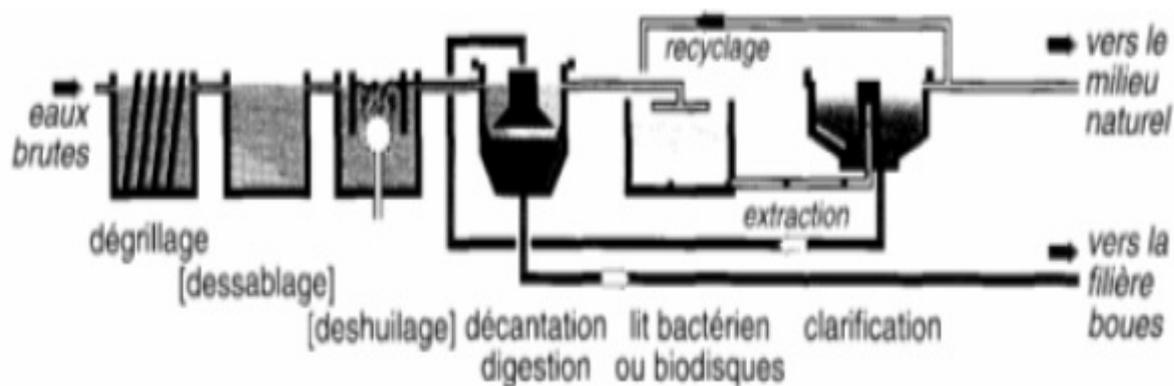
¹ w.w.w.traitementdeseaux .fr, Nov, 2011

² Mr KHECHIBA ILYAS, Mr MAHI ABDELWAHHAB(2016), Etude diagnostique de la station d'épuration d'Ain El Houtz : réhabilitation de filières existantes et étude de filières à mettre en place, Projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master en Hydraulique, p.3.

Les différents procédés biologiques d'épuration des eaux usées sont¹

❖ Les Lits Bactériens :

Figure N° 6 : Les Lits Bactériens



Les lits bactériens, appelés aussi lits ou filtres à ruissellement sont utilisés pour le traitement biologique des eaux usées depuis près de 100 ans.

Son principe de fonctionnement est de faire ruisseler l'eau à traiter, préalablement sur une masse de matériau (naturel ou plastique) servant de support aux micro-organismes et qui est fixé sur le support éliminant les matières organiques par absorption des constituants solubles en suspension.

Les lits bactériens sont des réacteurs biologiques à cultures fixées, non immergées, utilisant un matériau de contact traditionnel (pouzzolane, cailloux).

❖ Les Boues Activées

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester. Le principe consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un

¹ BOUMEDIENE Mohammed El Amin(2013), Bilan De Suivi Des Performances De Fonctionnement D'une Station D'épuration A Boues Activées, p.12

bassin (bassins d'aération) alimenté en eau usée à traiter.¹ La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante².

La suspension boueuse contenant la flore bactérienne épuratrice contenue dans le bassin d'aération s'appelle boue activée et c'est elle qui absorbe la matière organique et les composées azotées peuvent aussi être oxydés par les phénomènes de nitrification.

❖ Les Disques Biologiques

Les disques biologiques ou bio disques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation. Pendant une partie de leur rotation ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps (pour absorber de l'oxygène). Les disques sont recouverts d'un bio film sur les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr mn-1.

Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel.

❖ Le Lagunage

Le lagunage est un système de traitement des eaux qui se sert des mécanismes naturels de l'environnement où l'eau est épurée par des communautés de micro-organismes variés.

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.45

² BOUALLA Nabila(2011), L'EXPÉRIENCE ALGÉRIENNE EN MATIÈRE D'ÉPURATION DES EAUX USÉES, ScienceLib Editions Mersenne : Volume 3, p.6

L'épuration par lagunage naturel repose sur la présence de bactéries en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit par des végétaux en présence de rayonnement lumineux.

Parmi les avantages du lagunage, on peut citer :

- Une bonne élimination de la pollution bactériologique
- Efficacité sur des effluents peu concentrés
- Très faible consommation énergétique
- Exploitation simple

◆ **Le traitement secondaire**

A l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée des boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les clarificateurs. L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel. Les boues récupérées en fond d'ouvrage sont en partie renvoyées vers le bassin d'aération pour y maintenir la concentration voulue en microorganismes,

-Épuratoires et, en partie, extraites et envoyées sur la ligne de traitement des Boues (lits de séchage, silos).¹

◆ **le traitement tertiaire**

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation des eaux usées épurées (REUE), nécessitant des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les micro-organismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires.

Ce ne sont pas des traitements d'épuration « classiques » (mis à part le lagunage)¹. Par contre ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable.

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.43

❖ Les Membranes

Les membranes permettent de filtrer et d'éliminer toutes les MES, tous les microorganismes et toutes les substances qui s'y adsorbent. Seules subsistent les matières dissoutes. L'efficacité épuratrice d'une membrane dépend de son « seuil de coupure ». (Selon Lazarova et al 2003), un seuil de coupure de 0,035 μm permet de désinfecter de manière quasi-totale².

Les autres avantages d'un traitement par membranes sont une réduction considérable de la surface nécessaire au site de traitement (moins 50 % de surface totale au sol et moins 40 % du volume d'un bassin biologique, toujours selon Lazarova et une automatisation poussée de l'usine.

Par contre, les membranes nécessitent d'être nettoyées régulièrement pour continuer à être efficaces. De plus, le traitement par membranes est un procédé dont le coût est élevé.

❖ Le Lagunage Tertiaire

Le lagunage tertiaire est un procédé extensif de désinfection similaire au lagunage secondaire, si ce n'est qu'il est précédé d'un traitement d'épuration comme par exemple un traitement par boues activées. Il permet d'éliminer les micro-organismes, d'affiner l'épuration, de faire face aux variations de flux et de protéger le milieu récepteur³.

❖ L'infiltration/Percolation

L'infiltration ou percolation consiste à traiter l'eau par l'intermédiaire du sol ou d'un massif filtrant. On infiltre les effluents à raison de quelques centaines de litres par mètre carré de massif filtrant et par jour. Trois mécanismes entrent en jeu :

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.47

² Lazarova V., Gaid A., Rodriguez-Gonzales J., Alday Ansola J. (2003)., L'intérêt de la réutilisation des eaux usées : analyses d'exemples mondiaux. *Techniques, Sciences et Méthodes*,9 : 64-85.

³ Cauchi, Hyvrard, Nakache, Schwartzbrod, Zagury, Baron, Carre, Courtois, Denis, Derrat, Larbaigt, Derangere, Martigne, Seguret. (1996)., Dossier : la réutilisation des eaux usées après épuration. *Techniques, Sciences et Méthodes*, 2 : 81-118.

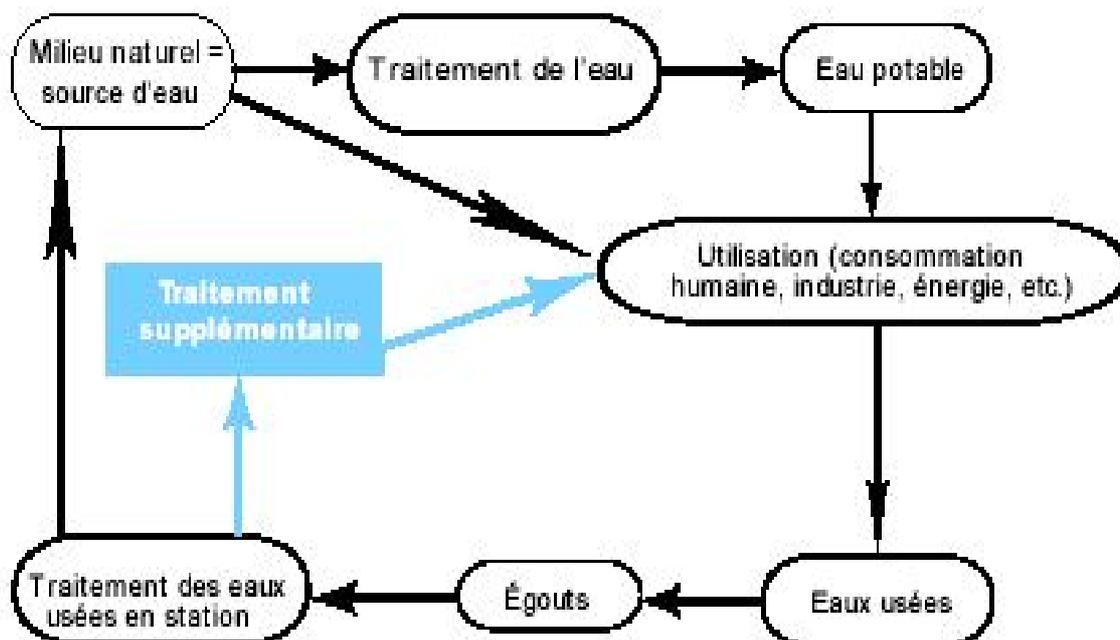
la filtration des MES : plus le sable est grossier, plus la fixation des MES se fera en profondeur. Les MES finissent par colmater le filtre. Pour lutter contre le bouchage du massif filtrant, il faut donc alterner phase d'infiltration et phase de séchage.

I.3.3 Les Principales Voies de Réutilisation des Eaux Usées

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu Environnemental. On peut ajouter aussi que, cette notion remplit un double objectif d'économie et de protection de la ressource : en amont, elle permet de l'économiser en fournissant une « ressource alternative », tandis qu'à l'autre bout de la chaîne, elle diminue le volume des rejets d'eaux usées dans l'environnement. La mise à disposition de cette ressource alternative peut contribuer au développement durable des régions touchées par les pénuries d'eau et les sécheresses.

Plus généralement, la raréfaction des ressources et l'importance des coûts d'acheminement et d'évacuation des eaux pour l'alimentation des villes conduisent les autorités un peu partout dans le monde à se pencher sur la question de la réutilisation des eaux usées. Cette réutilisation peut être destinée : • au nettoyage de certains équipements industriels, • au refroidissement industriel (notamment dans les secteurs du nucléaire, de la pétrochimie et de l'automobile), • à l'irrigation, • aux utilisations municipales (arrosage des parcs, lavage des rues, lutte contre les incendies...) et • à être valorisées sous forme de chaleur.

Figure N° 7: La Réutilisation Des Eaux Usées Epurées



(Source : Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. 2004)

La demande en eau est croissante et particulièrement forte dans les pays du nord (un américain consomme en moyenne deux cents fois plus d'eau qu'un Africain). Il faut donc sans cesse trouver les moyens techniques pour recueillir et utiliser l'eau comme il convient. L'eau apparaît comme un enjeu majeur pour l'avenir, une richesse qu'il faut partager, gérer et préserver¹.

L'évolution de la réutilisation des eaux usées a connu et connaît encore à l'heure actuelle différentes phases en fonction des intérêts mis en jeu, qu'ils soient économiques, sanitaires, socioculturels ou environnementaux. Elle est liée au développement de l'ingénierie des eaux usées, couplés aux pressions croissantes exercées sur les ressources en eau. Actuellement, les possibilités de réutilisation des eaux usées sont très larges, quand la qualité est en adéquation avec l'usage.

A cet effet, on va illustrer les différents usages de la réutilisation des eaux usées :

¹ ECOSSE David, (2001), « La Réutilisation des Eaux Usées ». Mém. D.E.S.S, Fac. Sciences, 2001

I.3.3.1 La Réutilisation Des Eaux Usées et L'industrie

L'eau constitue souvent un élément essentiel à la production industrielle. Dans un contexte de raréfaction de la ressource, de nombreuses entreprises cherchent à développer le recyclage de leurs eaux usées. Pour certains pays et types d'industries, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau. Les secteurs les plus grands consommateurs en eau sont les centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) et les papeteries. La qualité de l'eau réutilisée est réglementée et dépend du type d'application ou de production industrielle.

Aux Etats-Unis, par exemple, le volume des eaux réutilisées en industrie est d'environ 790 000 m³/j, dont 68 % pour le refroidissement.¹ Nous allons prendre l'exemple de la centrale nucléaire de **Palo Verde**² :

La station de Palo Verde est la plus grosse centrale nucléaire des États-Unis (4 millions de kW). Elle se trouve à Phoenix, en Arizona. Elle est aujourd'hui l'unique exemple dans le monde d'une centrale nucléaire qui utilise des eaux épurées pour ses tours de refroidissement.

Une centrale électrique a besoin d'eau pour produire de la vapeur (pour faire tourner les turbines) et pour refroidir ses équipements. La centrale consomme environ 6 400 m³ d'eau par minute. Or Palo Verde se situe dans un endroit sans réserves d'eau naturelles (pas de rivières, de lacs ni de mer). La décision a donc été prise de recourir aux eaux usées provenant de la ville de Phoenix. Les eaux usées urbaines sont traitées par une station d'épuration qui a une capacité de 500 000 m³ par jour environ. L'opération a débuté en 1974.

¹ ECOSSE David(2001), « La Réutilisation des Eaux Usées », Mém. D.E.S.S, Fac. Sciences

² BAUMONT Samuel , CAMARD Jean-Philippe , LEFRANC Agnès , FRANCONI Antoine(Novembre 1998) « Réutilisation des Eaux Usées Epurées : Risques Sanitaires et Faisabilité en Île-de-France », Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, P. 82

I.3.3.2 La Réutilisation En Zone Urbaine

Les utilisations possibles d'eaux épurées en zone urbaine sont extrêmement nombreuses, et il existe de multiples exemples à travers le monde. Ces projets concernent :

- l'arrosage de parcs, de terrains de sport, de terrains de golf, d'aires de jeux.
- les piscines, bassins pour la pêche et la navigation de plaisance.
- les eaux des sanitaires d'un immeuble ou d'un groupe d'immeubles.
- les réservoirs anti-incendies, etc.

Les pays à la pointe de la REUE en milieu urbain sont en majorité des pays développés et fortement urbanisés : États-Unis, Japon, Corée du Sud, Allemagne.

I.3.3.3 La Réutilisation des Eaux Usées et L'agriculture

L'agriculture consomme la part la plus importante de l'eau, à travers les statistiques, L'eau douce est partagée entre les principales activités comme suit¹: Agriculture: 70%, Industrie: 20%, Eau potable: 10%

Afin de préserver l'eau douce, et de faire face aux besoins alimentaires de la population future, il est donc normal de se tourner vers d'autres ressources en eau. Selon la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), la superficie irriguée devrait s'accroître de 33% d'ici 2010 et de 53% d'ici 2025². Cet accroissement de l'irrigation s'accompagne d'une forte consommation d'eau qui risque de se faire aux dépens de l'eau potable. C'est pourquoi, La majorité des projets de réutilisation des eaux usées concerne l'agriculture, comme par exemple :

En France, l'expérience actuelle se limite à des projets de faible taille (irrigation jusqu'à 320 ha), situés surtout dans les zones côtières de l'Atlantique (par exemple Pornic pour l'irrigation de golfs) et de la Méditerranée (par exemple

¹ BENZARIA Mohammed,(MARS 2008) « Approche Méthodologique pour les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation », Université du Québec À Montréal, P. 14

² BENZARIA Mohammed,(MARS 2008) « Approche Méthodologique pour les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation », Université du Québec À Montréal, P. 16

Montpellier pour l'irrigation des cultures). L'application qui connaît l'expansion la plus importante reste l'irrigation des golfs.

Selon une enquête de la Sofres de 2006¹, 62 % des français considèrent la réutilisation des eaux usées comme une priorité et sont favorables à tous les usages non-potables. Par exemple, les habitants des Alpes-Maritimes estiment nécessaire de prévoir la réutilisation des eaux usées pour l'arrosage des espaces verts (98 % favorables), le nettoyage urbain (96 % favorables), l'arrosage des golfs (83 % favorables).

L'expérience de Mexico City apparaît comme le plus important projet de réutilisation des eaux usées au niveau mondial. Presque 100 % des eaux usées brutes de la capitale mexicaine sont réutilisées pour l'irrigation de plus de 85 000 ha de diverses cultures agricoles.

Aux Etats-Unis, la réutilisation agricole est une pratique très répandue. 34 états disposent de réglementations ou de recommandations, souvent très sévères. Ces mesures législatives, et plus de trente ans d'expérience, font des Etats-Unis un pays phare au plan mondial dans le domaine de la réutilisation des eaux usées.

En Floride et en Californie, respectivement 34 % (340 000 m³/j) et 63 % (570 000 m³/j) du volume total d'eaux usées réutilisée sont pour l'agriculture. L'usine de réutilisation de West Basin (Californie) (capacité finale 270 000 m³/j), gérée par United Water Services, filiale de Suez Lyonnaise des Eaux, a développé le plus vaste programme de réutilisation basé sur des technologies de pointe et des usages diversifiés.

En Italie², la réutilisation des eaux usées est devenue un enjeu politique important. En 2005, la ville de Milan a démarré la plus grande usine de réutilisation des eaux usées en Europe avec une capacité moyenne de traitement 345.000 m³/j.

¹ LAZAROVA Valentina, Suez-Environnement, BRISSAUD François, (Février 2007) « *Intérêt, bénéfices et contraintes de la Réutilisation des eaux usées en France* », Université Montpellier 2, N° 299 - L'eau, L'industrie, Les Nuisances, P46

² LAZAROVA Valentina, Suez-Environnement, BRISSAUD François, (Février 2007) « *Intérêt, bénéfices et contraintes de la Réutilisation des eaux usées en France* », Université Montpellier 2, N° 299 - L'eau, L'industrie, Les Nuisances, P44

Cette usine permet de recycler les eaux usées traitées et désinfectées pour l'irrigation de plus de 22.000 hectares de cultures maraîchères à haute valeur ajoutée.

En Jordanie¹ aussi, le ministère jordanien de l'Eau et de l'Irrigation vient d'accorder à Suez Environnement, un contrat de partenariat de 25 ans afin d'agrandir l'usine de traitement des eaux usées d'As Samra. Le projet permettra d'accroître les capacités de l'usine actuelle, qui passera ainsi de 267 000 à 365 000 mètres cubes par jour afin de répondre aux besoins d'une population estimée de 3,5 millions d'habitants, soit près de 35 % de la population du pays. Une fois l'extension réalisée, elle constituera la plus vaste usine de traitement des eaux usées en service de toute la Jordanie. Elle produira une eau traitée qui représentera près de 10 % des ressources en eau, cette eau ainsi obtenue sera entièrement réutilisée en irrigation et permettra de réduire l'utilisation de l'eau potable dans le secteur agricole.

Enfin en Algérie, L'eau est une ressource limitée, difficile à mobiliser et à exploiter tellement elle est conditionnée par des précipitations orageuses, variables et irrégulières dans le temps et dans l'espace. Les écoulements superficiels sont estimés à plus de 12 milliards de mètres cubes annuellement où seulement près de 2 milliards sont mobilisés par an. Ce volume devrait atteindre les 3 milliards quand tous les barrages en construction seront opérationnels.

Le volume mobilisable est de l'ordre de 6 milliards de mètres cubes quelque soient les moyens utilisés.

L'Algérie aura à vivre une situation de pénuries d'eau, d'ici l'an 2010, si rien n'est fait pour d'abord utiliser rationnellement cette ressource et la mobiliser par la suite.

La réutilisation et l'exploitation des eaux usées destinées à l'agriculture sont actuellement de l'ordre de 650 millions m³. En 2011, 750 millions m³ pour devenir

¹ Suez Environnement (2009) « L'eau En Jordanie : Une Problématique Vitale, Un Enjeu Stratégique, Un Marché En Pleine Expansion », P. 18

1 milliard m³ à l'horizon de l'année 2015 en signalant que les capacités de notre pays au début des années 1990 ne dépassaient pas 98 millions m³ seulement. Les eaux utilisées doivent être destinées à l'agriculture qui enregistre en Algérie un déficit remarquable, car 65% de ces eaux sont destinés à l'irrigation agricole alors que nos voisins en Tunisie ont pu atteindre 80%¹.

La réutilisation des eaux usées destinées à l'agriculture est devenue un enjeu politique important et contribue elle aussi comme les autres secteurs au développement durable qui a été défini comme un « développement qui dure », ou qui « assure durablement une prospérité maximale à partir des ressources disponibles ».

Pour cela, il ya des normes qui doivent être appliquées et respectées : L'irrigation, avec des eaux usées épurées des cultures maraîchères dont les produits sont consommés crus est interdite, les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles figurant sur la liste indiquée. Les parcelles irriguées, au moyen des eaux usées épurées, doivent être éloignées de plus de 100 mètres des routes, des habitations, des puits de surface et autres ouvrages destinés à l'alimentation en eau potable. Tout raccordement avec une canalisation transportant de l'eau potable est interdit.

En plus et À travers l'arrêté interministériel du 8 safar 1433 correspondant au 2 Janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation²:

- L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette.
- Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol.
- L'irrigation par aspersion est à éviter.
- Les irrigations doivent être arrêtées une semaine avant la coupe.
- L'utilisation de la main d'œuvre qualifié

¹ S. Mohamed (mai 2010), « l'eau dans l'agriculture saharienne », Liberte Algérie

² GUEMACHE Leila(2015), Sous-Directeur des Grands Périmètres Oran, Dispositions réglementaires Régissant la Réutilisation des Eaux Usées Epurées à des Fins Agricoles, p.22

Conclusion

L'eau est essentielle à la vie, c'est une ressource naturelle, source de vie mais aussi de conflits. C'est le constituant essentiel des êtres vivants : un homme ne peut vivre que 2 jours sans eau, la quantité moyenne d'eau contenue dans le corps d'un adulte est de 60 %. Il y a encore quelques années, l'eau n'était qu'une molécule chimique que l'on mettait en bouteille, ressource inépuisable à laquelle on ne prêtait guère attention.

A la fin des années 60, les mentalités commencent à évoluer avec notamment la proclamation de la Charte européenne de l'eau. C'est l'une des premières tentatives de considérer l'eau comme élément indispensable à la vie. Bien que dans les années 80, des conférences internationales soient liées à l'eau, il faudra cependant attendre 1992 avec l'adoption des principes de Dublin, pour que la communauté internationale prenne conscience de la situation alarmante des ressources en eau.

90 % des 3 milliards d'habitants qui s'ajouteront à la population mondiale d'ici 2050 se trouveront dans les pays en développement, principalement dans des régions où, actuellement, la population ne bénéficie pas d'un accès correct à l'eau potable et à l'assainissement. La gestion de l'eau est un défi à relever aujourd'hui.¹

La gestion du secteur de l'eau en Algérie relève principalement de la loi relative à l'eau (loi n°05-12 du 4 août 2005). En plus de donner un cadre général précis aux changements qui ont eu lieu en Algérie depuis dix ans, la loi donne pour la première fois la possibilité d'effectuer une concession ou une délégation de service public de l'eau à des personnes morales de droit public ou privé.

L'ensemble des textes réglementant les activités liées à l'environnement, en vue de maîtriser qualitativement les ressources en eau, souligne l'importance d'intégrer le long terme et la durabilité des ressources dans les choix politiques.

¹HUGONIN Patricia (2011), Op-Cit, p.25