

Chapitre I : Les origines des eaux usées et leurs caractéristiques

I.1 introduction

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes. Elles sont altérées par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, agricole ou autre. Epurer des eaux usées polluées représente également un défi technologique et économique dont l'objectif commun est de préserver la biodiversité et protéger les ressources en eau, tout en garantissant le confort des riverains. Le traitement des eaux usées est une alternative susceptible de résoudre les différents problèmes de pollution des milieux aquatiques. L'objectif principal de ce chapitre est de donner une idée sur les origines des eaux usées, leurs caractéristiques.

I.2. Généralités

En parlant de l'eau usée il semble important d'avoir une idée sur sa définition, son Origine et ses caractéristiques, ainsi que les différentes méthodes utilisées pour son Épuration.

I.3. Origine des eaux usées

D'après GROSCLAUDE (1999), une eau d'origine urbaine constituées par les eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes chargées de fèces et d'urines. Toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales. Peuvent s'y ajouter suivant les cas les eaux d'origine industrielle et agricole. En 2005(RODIER et AL (2005)

Ont classé les eaux usées en Eau usée d'origine urbaine (Eaux ménagère et Eaux vannes chargées).

I.3.1. Origine domestique

Les eaux d'origine domestique sont constituées d'une combinaison des eaux Domestiques (habitations, bureaux, bains publics) et en moindre quantité d'eaux issues de fonds de commerce et de petites industries. Les eaux domestiques sont constituées d'eaux de bain, lessive, urines, fèces et résidus alimentaires. Les eaux commerciales sont issues principalement de lavage de voitures, restaurants, cafés et pressing. Ces eaux sont chargées en matières organiques, graisses et produits d'entretiens ménagers. Elles présentent en général une bonne biodégradabilité. Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines : urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères). Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Elles se composent essentiellement par des eaux de vanne d'évacuation de toilette. Et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bains. Elles proviennent essentiellement :

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides) et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses ;

- Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents ;
- Des eaux de salle de bain chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées ;
- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires (W.C), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganisme (**Rejsek, 2002**).

1.3.2. Origine industrielle

Les eaux d'origine industrielles proviennent des différentes usines de fabrication ou de transformation. La qualité de ces eaux varie suivant le type d'industrie, elles peuvent être chargées en matières toxiques difficilement biodégradables qui nécessitent un traitement spécifique (**Rodier et al., 2009**). Les déchets et les effluents industriels définissent la qualité et le taux de pollution de ces eaux usées. Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. On peut néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés....) ;
- Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation...) ;
- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...)
- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques.....) ;

1.3.3. Origine pluviales

Ce sont les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours).

Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sorte de déchets minéraux et organiques : de La terre, des limons, des déchets végétaux, etc., et toute sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents...etc. (Desjardins, 1997).

1.3.4. Origine agricole

Il s'agit de rejets liquides et agricoles issus du ruissellement d'eaux d'irrigation qui entraîne des engrais et des pesticides, des herbicides ou des rejets organiques dus à un élevage important. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais, par suite de lessivage de terres perméables. Ces composés minéraux favorisent la prolifération des algues (phénomène d'eutrophisation) qui en abaissant la teneur en oxygène des eaux courantes, compromettent la vie des poissons et des animaux aquatiques.

- Apport des pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants et d'insecticides.
- En région viticole, apport de sulfates de cuivre, de composés arsenicaux destinés à la protection des vignes (RICHARD, 1996).

1.4. Caractéristiques des eaux usées

Dans ce sous chapitre nous passerons en revue les principaux paramètres physicochimiques analysés au cours de la partie expérimentale ainsi que les paramètres bactériologiques les plus rencontrés dans les eaux usées.

1.4.1. Paramètres Physiques

1.4.1.1. La température

Température est un facteur écologique important du milieu. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Certains rejets présentent des écarts de température importants avec le milieu récepteur : ce sont par exemple, les eaux de refroidissement des centrales nucléaires thermique induisant ainsi une forte perturbation du milieu (GAUJOUS, 1995).

Il est important de connaître la température de l'eau avec précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. (RODIER ET AL, 2005).

1.4.1.2. La matière en suspension (MES)

Selon REJSEK (2002), la pollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à $10\mu\text{m}$, en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES). En fait, les matières en suspension ne sont des particules solides véritablement en suspension que dans des conditions moyenne d'écoulement des effluents correspondant à une vitesse minimale de $0,5\text{ m/s}$. En fonction de la taille des particules, on distingue les matières grossières ou décan tables (diamètre supérieur à $100\ \mu\text{m}$) et les matières en suspension. On peut également prendre en compte une partie des matières colloïdales, de dimension inférieure, qui constituent la limite entre la phase solide et la phase dissoute (entre 1 et $10^{-2}\mu\text{m}$).

1.4.2. Paramètres Chimiques

1.4.2.1. L'Oxygène Dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu.

La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O₂ l⁻¹ (REJSEK, 2002).

1.4.2.2. Le potentiel Hydrogène (pH)

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H₃O⁺ (noté H⁺ pour simplifier). De manière à faciliter cette expression ; on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion H⁺ : c'est le pH. (MATHIEU et PIELTAIN, 2003).

$$\text{pH} = \log 1/ [\text{H}^+]$$

1.4.2.3. La Conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations (REJSEK, 2002).

1.4.2.4. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)

DBO est considérée parmi les mesures globales qui permettent de caractériser les eaux résiduaires et les eaux de surface. La demande biochimique en oxygène en 5 jours (DBO₅), à 20°C et à l'obscurité. Le rejet des matières organiques fermentescibles par un émissaire d'égout, par exemple, provoque immédiatement une déplétion de la teneur en oxygène dissous par dégradation sous l'action des bactéries aérobies, qui va s'atténuer dans le sens du courant (Ramade ., 2002).

1.4.2.5. La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation complète des matières organiques et minérales présentes dans l'eau. Certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium (Rodier et al, 2005)

1.4.2.6. Les nitrate

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux provenant en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg /L dans les eaux superficielles et quelques mg/L dans les eaux souterraines. La nature des zones de drainage joue donc un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates. La teneur en nitrates est en augmentation ces dernières années, de l'ordre de 0,5 à 1 mg/l/an, voire 2 mg/l/an dans certaines régions.

Cette augmentation a plusieurs origines :(Agricole et Industrielle). (REJSEK, 2002)

1.4.2.7. L'azote

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniacal, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total. (RODIER, 2005).

1.4.2.8. Phosphate

Les phosphates peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière vivante, lessivage de minéraux) mais, à l'heure actuelle, leurs présences dans les eaux sont plutôt d'origine artificielle (engrais, poly phosphates des formulations détergentes, eaux traitées aux phosphates, industrie chimique...) (Brmenond et al., 1973). Le contenu en phosphore total comprend non seulement les ortho phosphates mais également les poly phosphates et les phosphates organiques. L'eutrophisation peut se manifester à des concentrations relativement basses en phosphates (50 µg P/l) (De Villers et al., 2005).

1.4.3. Paramètres Organoleptiques

1.4.3.1. La Turbidité

Selon REJSEK (2002), la turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM (American Society for Testing Material) qui considère que les trois unités suivantes sont comparables : Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) = unité FTU (Formazine Turbidity Unit) = unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

1.4.3.2. La couleur :

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'onde courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement. (REJESK, 2002).

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. (RODIER et Al, 2005).

1.5. Impacts des eaux usées sur la santé et sur l'environnement

1.5.1. Le risque la santé

1.5.1.1. Le risque microbiologique

Les risques liés à la réutilisation des eaux usées en agriculture sont multiples et de nature microbiologique, chimique ou environnementale. La plus grande préoccupation associée à la réutilisation des eaux usées, même traitées, est la transmission potentielle de maladies infectieuses, essentiellement,

les pathogènes entériques. Plusieurs pathogènes potentiellement présent dans les eaux usées brutes sont rapportés et décrits dans la littérature (OMS, 1989; NRC, 1996; NRC, 1998; Blumenthal et *al.*, 2000; Carr et *al.*, 2004; NRC, 2004; Radcliffe, 2004; USEPA, 2004). Les fèces des personnes et des animaux infectés représentent la source principale des pathogènes présents dans les eaux usées

Il est prouvé depuis longtemps que les microorganismes pathogènes des animaux ne peuvent ni pénétrer ni survivre à l'intérieur des plantes (Sheikh et *al.*, 1999). Ils vivent donc à la surface des plantes et sur le sol où le microclimat leur est favorable. Les pathogènes survivent plus longtemps sur le sol que sur les plantes (Asano, 1998). La contamination a lieu pendant la croissance des plantes ou à la récolte. Des contaminations fécales par l'intermédiaire de produits végétaux irrigués avec des eaux usées brutes ont été mises en évidence. Froese (1998) rapporte une corrélation entre une épidémie de la cyclosporiose (*Cyclospora cayentanensis*) et la consommation des framboises importées contaminées.

Devaux (1999) recense quatre études traitant des risques posés par la consommation des végétaux irrigués par les eaux usées brutes. Des infections parasitaires dues aux ascaris, aux trichocéphales et aux bactéries ont été observées chez les consommateurs des produits végétaux infectés. Le risque de contamination est élevé dans le cas de la réutilisation des eaux usées brutes comparativement à l'utilisation des eaux usées traitées (Devaux, 1999).

Le mode d'irrigation a une influence directe sur le risque. Ainsi, l'irrigation gravitaire affecté la qualité des eaux souterraines et de surface. Des contaminations directes ont lieu lors de la 15 maintenance du système d'irrigation. L'irrigation par aspersion crée des aérosols contaminants. Afin de limiter l'impact sanitaire de la réutilisation d'eaux usées pour irriguer des plantes destinées à la consommation humaine, les modes d'arrosage localisés sont recommandés (Masséna, 2001; FAO, 2003).

L'irrigation localisée consiste à arroser les plantes une par une, avec le système goutte à goutte. Elle réduit les risques de contamination microbiologique (Masséna, 2001). Le système goutte à goutte expose le moins les professionnels et les consommateurs. Les risques sont possibles pendant la maintenance des goutteurs qui se bouchent fréquemment à cause des matières en suspension dans l'eau (Asano, 1998).

Cauchi (1996) cite les différentes populations humaines exposées à une pathologie associée à l'utilisation agricole d'effluents bruts ou traités. Le risque, pour les consommateurs de légumes crus, est plus élevé pour les helminthes et moindre pour les bactéries. Pour les consommateurs de viande bovine insuffisamment cuite, la contamination par le ver solitaire (*Taenia*) est possible car les bovins sont des hôtes intermédiaires. Pour les travailleurs agricoles, le risque est plus élevé pour les helminthes. Dans le laboratoire, l'exposition aux entérovirus est plus élevée.

Cauchi (1996) mentionne que les helminthes intestinaux représentent le risque principal (ascaris, trichocéphales, ankylostomes), à un moindre degré, les affections bactériennes (choléra et shigellose), et enfin de façon très limitée, les virus. Devaux (1999) rapporte que les travailleurs agricoles sont plus exposés aux risques de contamination, quoique l'adaptation immunitaire aux bactéries et aux virus semble exister.

1.5.1.2. Le risque chimique

Il est lié aux éléments traces. La seule voie de contamination préoccupante pour les éléments traces est la consommation des plantes cultivées, dans lesquelles ils s'accumulent (Boumont, 2004). L'accumulation des micropolluants dans les plantes est plus problématique, quoique certains de ces micropolluants soient d'intérêt en tant que facteurs de croissance des végétaux. Le compromis entre le risque sanitaire et l'intérêt agronomique doit être trouvé.

Les métaux lourds sont classés, selon qu'ils sont ou non indispensables au développement des végétaux, et qu'ils posent ou non des problèmes sanitaires. Le manganèse (Mn) et le fer (Fe) sont tous deux indispensables au bon développement des végétaux, et leur utilisation en agriculture ne pose pas de problèmes pour la santé humaine. Ils sont naturellement présents en forte proportion dans le sol. Les métaux suivants ne sont pas indispensables pour les végétaux, mais ils ne présentent pas de danger pour l'utilisation agricole. Le plomb (Pb) est fixé au sol et par conséquent ne pénètre pas dans les plantes. Le sélénium (Se), l'étain (Sn) et le mercure (Hg) sont présents à de très faibles teneurs dans les eaux épurées pour poser des problèmes sanitaires. Le chrome (Cr), sous forme ionique (Cr^{3+}), est peu toxique et n'est pas absorbé par les végétaux. L'Aluminium (Al) est déjà présent naturellement dans les sols en forte proportion. (TAMRABET, 2011).

Les métaux lourds indispensables pour les végétaux, mais dont l'utilisation en agriculture pose des problèmes sont le cuivre, le molybdène et le zinc. Le cuivre est toxique pour les animaux d'élevage. Le seuil de phytotoxicité est atteint avant celui de zoo toxicité (Baumont et *al.*, 2004). Le molybdène n'est pas phytotoxique, mais qui pose des problèmes sanitaires pour le bétail. Le zinc est peu toxique, mais s'accumule très facilement dans les tissus végétaux (Boswell, 1989). Les métaux lourds non indispensables au développement des végétaux, et qui sont dangereux d'un point de vue sanitaire sont l'arsenic, le nickel, et le Cadmium. Le nickel est peu toxique, mais il s'accumule facilement dans les tissus végétaux. Le cadmium est le polluant non organique le plus préoccupant. Il est parfois présent à des concentrations importantes dans les eaux usées et il est très mobile dans le sol. Il s'accumule dans les plantes à de fortes concentrations engendrant la phytotoxicité (Gupta et *al.*, 2007).

Il peut s'accumuler dans l'organisme et provoquer de graves intoxications (Yang et *al.*, 2008). L'OMS (1997) préconise un apport alimentaire moyen de 0.057 à 0.071 mg/j/individu. La FAO (1999) fixe comme un taux maximal dans les aliments de 0.1 mg/kg pour les légumes et 0.05 mg/kg pour les céréales et leurs dérivés. Le risque posé par les métaux lourds dépend, donc, de leur toxicité potentielle et du niveau d'exposition. Par ailleurs, certains métaux sont indispensables pour la croissance des végétaux. Ils s'éliminent facilement par les traitements physiques (décantation) et sont récupérés dans les boues (ADEME, 2000). De ce fait, il semble que la concentration de la majorité des métaux lourds dans les eaux

usées épurées domestiques est trop faible pour poser un réel problème sanitaire, quelque soit la 17 réutilisation envisagée.

Le risque posé par les effets à long terme des micropolluants organiques est encore très peu étudié ainsi que celui d'apparition de nouvelles substances toxiques (Garban et *al.*, 2003). L'existence de tels risques potentiels ne conduit, cependant, pas à une interdiction de l'utilisation d'eaux usées épurées pour l'irrigation (Jiries et *al.*, 2002). La plupart des éléments traces sont peu solubles, et le traitement des eaux usées par décantation les élimine efficacement. On les retrouve plutôt dans les boues que dans les eaux usées épurées (Cauchi, 1996). Les concentrations infimes dans les effluents d'origine urbaine et leur absorption limitée par les végétaux réduisent le risque sanitaire dans le cas d'une réutilisation agricole (Cauchi, 1996 ; Faby, 1997). Le problème des pesticides et des métaux lourds est plus préoccupant dans le cas le recyclage des boues (Miquel, 2003).

1.5.2. Le risque environnemental

Il réside dans la dégradation de la qualité des sols, des eaux souterraines et de surface (Pascual et *al.*, 2004; Liu et *al.*, 2005; Tijani, 2008). Les sols qui ont une bonne capacité de rétention assurent une bonne assimilation par les plantes et un étalement de la pollution dans le temps. La capacité d'épuration des sols est assurée par la fixation des substances polluantes (adsorption, précipitation), par la transformation des molécules organiques par des micro-organismes et par l'exportation par les végétaux. Les sols ayant une perméabilité interstitielle (gravier, sable) permettent une bonne épuration à l'inverse des sols fissurés (calcaire, dolomies, granit, etc.). Les nappes libres sont les plus exposées à la contamination, non seulement parce qu'elles ne bénéficient pas d'une protection naturelle vers la surface, mais encore parce qu'elles sont en général peu profondes. Les nappes captives sont plus protégées mais peuvent être éventuellement contaminées par des forages ou un autre aquifère pollué. La réutilisation des eaux usées épurées peut donc être remise en cause dans des zones qui cumulent ces facteurs de risque.

Les bactéries, les protozoaires et les helminthes sont très rapidement éliminés, par les phénomènes d'adsorption et de compétition trophiques selon les mêmes processus des traitements par percolation/infiltration. Seuls les virus posent des problèmes. Asano (1998) mentionne qu'au-delà de 3 m de profondeur, la quasi-totalité des virus est éliminée. Les eaux provenant de puits de moins de 30 m de profondeur sont plus polluées par l'azote que les eaux plus profondes (Froese, 1998). Les rejets directs d'eaux épurées posent des problèmes d'eutrophisation des cours d'eau, de qualité de l'eau destinée à la production d'eau potable et de contamination microbiologique des zones de conchyliculture. C'est pourquoi une réutilisation des eaux usées épurées est quasiment toujours préférable à un rejet direct dans le milieu.