

**UNIVERSITE ZIANE ACHOUR DE DJELFA**  
**FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE**  
**DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE**



**POLYCOPIE**

**GESTION DES RESSOURCES HYDRIQUES**

Support de Cours

- L3 Hydraulique



**Etablit par : Dr. KAREF Salah**  
**Maitre de Conférences Classe A**

# ***Remerciements***

*Je tiens de façon plus particulière à témoigner ma gratitude à Messieurs; DJELITA Belkheir, Professeur en Hydraulique à l'université de Djelfa et DJEHICHE Abdelkader, Professeur en Hydraulique à l'université de Laghouat. Je les remercie vivement pour m'avoir honoré en acceptant de lire et examiner, ainsi valoriser ce polycopie de cours et d'y apporter les critiques pertinentes et constructives. Mes remerciements et ma reconnaissance s'accroissent encore à leurs égards pour la confiance et la compréhension qu'ils ont manifestées toujours à mon égard, leurs dynamismes et leurs qualités humaines. Qu'ils soient ici assurés de toute ma gratitude.*

.

## ***Avant-propos***

*La disponibilité des ressources en eau est extrêmement importante pour le développement économique et social des pays. L'accroissement continu des besoins en eau, et la limitation des ressources, ont placé la problématique de stress hydrique parmi les priorités les plus urgentes.*

*La gestion de cette ressource est l'activité qui consiste à planifier, développer, distribuer et gérer l'utilisation optimale des ressources en eau comme le souligne un expert : « il existe aujourd'hui une crise de l'eau, mais cette crise n'est pas due à son insuffisance à satisfaire nos besoins ; elle résulte plutôt d'une si mauvaise gestion de cette ressource que des milliards de personnes et l'environnement en souffrent gravement.*

*Le présent polycopié de cours que je présente concerne le module « Gestion des ressources hydriques, destiné aux étudiants (L3) de l'Hydraulique. D'autre spécialité s'intéressant à ce cours, peuvent s'ajouter telle que les sciences de l'eau et l'environnement..*

*Le but de ce cours est d'offrir un large aperçu sur la Gestion des Ressources Hydriques, partant de la problématique à la stratégie de protection et d'augmentation de la ressource, d'une part. Et d'autre part la gestion et l'exploitation optimale de la quantité et de la qualité de cette ressource en se basant sur le diagnostic du système hydraulique.*

*Cet ouvrage est présenté et structuré comme suit :*

*Le premier chapitre porte sur des généralités sur la problématique de l'eau en Algérie, pour proposer ensuite des solutions à la quantification, au stockage, à la protection et à la préservation des ressources en eau.*

*Le deuxième chapitre définit le principe de gestion et exploitation des ouvrages hydrauliques en définissant les outils de gestion et exploitation des ouvrages hydrauliques que ce soit en matière d'AEP ou ceux de l'assainissement, ainsi que les différentes structures de gestion et exploitation.*

*Dans le troisième chapitre, nous présentons les paramètres hydrauliques des écoulements en présentant les critères possibles pour évaluer l'état d'un réseau d'eau, suivi d'un panorama des différents détecteurs de fuites actuellement utilisés.*

*Le quatrième chapitre sera consacré au contrôle de la pollution en soulevant les causes et les conséquences de la pollution en passant à la surveillance et la prévention de la pollution.*

*Le cinquième chapitre est consacré au diagnostic des systèmes hydrauliques et la méthodologie appliquée, ainsi que les anomalies et dysfonctionnements du réseau et en fin, les démarches à entreprendre quant à l'entretien du réseau.*

# TABLE DES MATIERES

## Chapitre 1. Généralités sur la problématique de l'eau en Algérie

1.1. Introduction .....	01
1.2. Les potentialités en eau en Algérie.....	01
1.2.1. Etat des ressources en Algérie.....	01
1.2.2. Les potentialités en eau superficielle.....	02
1.2.3. L'eau en Algérie du nord .....	03
1.2.4. Les eaux superficielles.....	03
1.2.5. Les potentialités en eau souterraine.....	04
1.2.6. La mobilisation des ressources en eau non conventionnelles.....	05
1.3. La problématique de l'eau en Algérie.....	06
1.3.1. Envasement des barrages en Algérie.....	06
1.3.2. Evaporation des lacs de barrages .....	06
1.3.3. Fuites dans les barrages.....	07
1.3.4. Eutrophisation des retenues de barrages .....	08
1.3.5. Intrusion des eaux marines dans les aquifères côtiers.....	09
1.4. Stratégie pour augmenter le stockage de l'eau.....	09
1.4.1. Entretien des barrages actuels et lutte contre l'envasement.....	09
1.4.2. La réalisation de nouveaux barrages en Algérie.....	12
1.4.3. Réalisation des petits barrages et retenues collinaires.....	13
1.4.4. Utilisation de la Recharge artificielle des nappes.....	14
1.4.5. Recyclage et réutilisation des eaux usées.....	14
1.4.6. Dessalement de l'eau de mer.....	15
1.4.7. Production de l'eau douce à partir de l'humidité atmosphérique.....	16
1.4.8. La lutte contre les fuites des différents réseaux.....	16
1.4.9. La lutte contre l'intrusion des eaux marines dans les aquifères côtiers.....	17

## Chapitre 2. Principe de gestion et exploitation des systèmes hydrauliques

2.1. Définition.....	19
2.2. Outils de gestion et exploitation des ouvrages hydrauliques.....	19
2.2.1. L'alimentation en eau potable (AEP) .....	19
2.2.2. Systèmes d'assainissement.....	19
2.2.3. L'irrigation.....	19
2.3. Structures de gestion et exploitation.....	20
2.3.1. L'Administration centralisée.....	17
2.3.2. L'Administration décentralisée.....	22
2.3.3. Les établissements publics sous tutelle.....	22
2.4. Techniques d'exploitation des réseaux et ouvrages hydrauliques (AEP) .....	23
2.4.1. Composition d'un réseau AEP.....	23
2.4.2. Fonctionnement hydraulique d'un réseau (quelques notions de base) .....	24

2.4.3. Les compteurs d'eau.....	26
2.4.4. Entretien du réseau.....	28
2.4.5. Le plan et l'inventaire du réseau.....	30
2.4.6. Suivi de la qualité de l'eau.....	31
2.4.7. Suivi du système de pompage.....	31
2.5. Techniques d'exploitation des réseaux d'assainissement.....	33
2.5.1. Composition d'un réseau d'assainissement.....	33
2.5.2. Directives techniques pour l'exploitation.....	33

### **Chapitre 3. Paramètres hydrauliques des écoulements**

3.1. Introduction.....	37
3.2. Fiabilité des réseaux.....	37
3.2.1. Indices de fiabilités hydrauliques.....	37
3.2.2. Le rendement.....	37
3.3. Méthodes et techniques de détection des fuites dans les réseaux d'eau potable	39
3.3.1. La technique du gaz traceur.....	39
3.3.2. La thermographie.....	39
3.3.3. Le géo radar.....	40
3.3.4. Méthode acoustique.....	40
3.3.5. Quantifications.....	41

### **Chapitre 4. Contrôle de Pollution**

4.1. Introduction .....	44
4.2. Caractéristiques.....	44
4.3. Les ressources en eau.....	44
4.4. Usage de l'eau.....	45
4.4.1. Usage domestique.....	45
4.4.2. Usage industriel.....	45
4.4.3. Usage agricole.....	45
4.4.4. Usage pour l'urbanisation.....	45
4.5. Causes de la rareté de l'eau.....	45
4.5.1. La surexploitation .....	46
4.5.2. Environnement.....	46
4.5.3. Le déboisement et la dégradation du paysage naturel.....	46
4.5.4. Les mauvaises techniques d'irrigation.....	47
4.6. Cause de la perte de la qualité de l'eau.....	47
4.6.1. Les eaux usées urbaines.....	47
4.6.2. Les eaux usées industrielles.....	47
4.7. Conséquences.....	48
4.7.1. Les risques sanitaires.....	48
4.8. Protection de l'eau.....	49
4.8.1. Limitation et réglementation de son utilisation.....	49

4.8.2. Protection des ressources.....	50
4.8.3. Surveillance de la pollution.....	50
4.8.4. Prévention de la pollution.....	53
<b>Chapitre 5. Diagnostic des systèmes hydrauliques</b>	
5.1. Introduction.....	55
5.2. Diagnostic préalable du réseau.....	55
5.3. Avantage du diagnostic.....	55
5.4. Rôle du diagnostic.....	55
5.5. Phases principales d'une étude de diagnostic.....	56
5.5.1. Consistance de diagnostic.....	56
5.5.2. Données de Base.....	56
5.5.3. Méthodologie de diagnostic.....	56
5.5.4. Présentation des conclusions de l'étude.....	57
5.6. L'enquête de diagnostic.....	57
5.6.1. Anomalies et Dysfonctionnements du réseau .....	57
5.6.2. Démarches à entreprendre.....	58
<b>Références Bibliographiques.....</b>	<b>61</b>

*Chapitre 01:*  
*Généralités sur la problématique de l'eau en Algérie*

## **1.1. Introduction**

En Algérie, la qualité des eaux superficielles se dégrade dans des bassins d'importance vitale sous l'effet des rejets de déchets urbains et industriels, les barrages réservoirs s'envasent et perdent de la capacité utile et le rejet de la vase dans les cours d'eau pose d'énormes problèmes écologiques et environnementales. Les eaux souterraines sont polluées à partir de la surface et sont irréversiblement endommagées par l'intrusion d'eau saline, la surexploitation des couches aquifères entame la capacité de celle-ci à retenir l'eau, ce qui provoque l'enfoncement des couches sous-jacentes. Nombre de villes se révèlent incapables de fournir en quantité suffisante de l'eau potable et des équipements d'hygiène.

L'engorgement et la salification des terres déterminent une baisse de la productivité des périmètres irrigués. Dans un tel contexte, il devient prioritaire d'établir une stratégie pour localiser, quantifier et protéger les ressources en eau de façon à pouvoir les exploiter d'une manière rationnelle et en bonne qualité.

## **1.2. Les Potentialités en eau en Algérie**

### **1.2.1. Etat des ressources en Algérie**

Avec une superficie de 2 381 741 km<sup>2</sup> dont près de 90% est un désert, la littérature relative à l'eau révèle que l'Algérie figure parmi les pays les plus pauvres en matière des ressources en eau. C'est même dire que le pays est en dessous du seuil théorique de rareté, fixé par la Banque mondiale à 1000 m<sup>3</sup> par habitant et par an.

Pour assurer une sécurité hydrique pour tous les secteurs, il faudrait disposer entre 15 à 20 milliards de m<sup>3</sup> par an et ce, en réservant 70 % à l'agriculture, alors que l'Algérie ne mobilise que 5 milliards de m<sup>3</sup> par an. Les besoins en alimentation en eau potable seront multipliés par 2,5 environ en 25 ans et ils représentent 40% des ressources mobilisables vers l'an 2025.

(Selon des données du FAO et de l'ONU, l'Algérie est déjà considéré en pénurie avec seulement 500 mètres cubes d'eau par habitant et par an, contre 2.500 mètres cubes en 1960).

Les potentialités hydriques sont estimées à moins de 17 milliards m<sup>3</sup> par an, dont 75% seulement sont renouvelables, autrement dit, 60 % des eaux de surface et 15% des eaux souterraines.



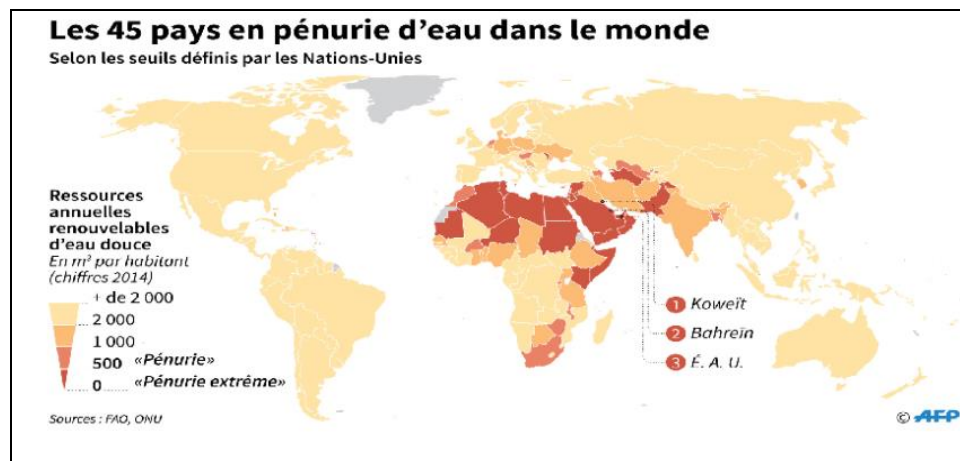


Figure 1. Ressources annuelles renouvelables en eau douce

Dans le nord de l'Algérie, les ressources mobilisées totales sont destinées, à raison de 55,3% à l'irrigation (2,1 milliards de m<sup>3</sup>), 34,2% à l'adduction d'eau potable (1,3 milliards de m<sup>3</sup>) et 10,5% à l'industrie (0,4 milliards de m<sup>3</sup>)

### 1.2.2. Les potentialités en eau superficielle

Les ressources en eau dépendent évidemment du climat, à la fois dans leur répartition spatiale et dans l'évaluation de leur bilan saisonnier ou annuel. Les eaux superficielles sont, pour leur plus grande part, entraînées, par ruissellement et par écoulement torrentiels, vers la mer ou les dépressions fermées ; la violence des précipitations, les fortes pentes, l'importance des terrains imperméables, tels sont les principaux responsables de cette énorme déperdition. Il s'y ajoute cependant une très forte évaporation, plus directement perceptible sur les nappes d'eau stagnantes, eaux douces permanentes ou temporaires, ou les retenues artificielles des barrages.

Tableau 1. Les ressources en eau Algérie en milliards de m<sup>3</sup>

Ressources en eau	écoulements superficiels	Ressources souterrains	Total par région
Régions du Nord	10	0,2 (ressources renouvelables)	10,2
Régions du Sud	2	5 (ressources fossiles)	7
Total	12	5,2	17,2

### 1.2.3. L'eau en Algérie du nord

En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse. La concurrence que se livrent l'agriculture, l'industrie, l'AEP, pour avoir accès à des disponibilités limitées en eau grève d'ores et déjà des efforts de développement de nombreux pays.

La pluviométrie moyenne annuelle est évaluée entre 95 et 100 milliards de m<sup>3</sup> dont seulement plus de 80 milliards de m<sup>3</sup> s'évaporent, 3 milliards de m<sup>3</sup> s'infiltrent et 12.5 milliards de m<sup>3</sup> s'écoulent dans les cours d'eau. Dans cette partie de l'Algérie, l'apport principal vient du ruissellement. Les eaux de surfaces sont stockées dans les barrages. En 2002, l'Algérie dispose de 52 grands barrages d'une capacité de 5.2 milliards de m<sup>3</sup>, donc le reste (7.3 milliards de m<sup>3</sup>) se déverse directement dans la mer.

Autrement dit la moitié même des eaux qui ruissellent ne sont pas mobilisées

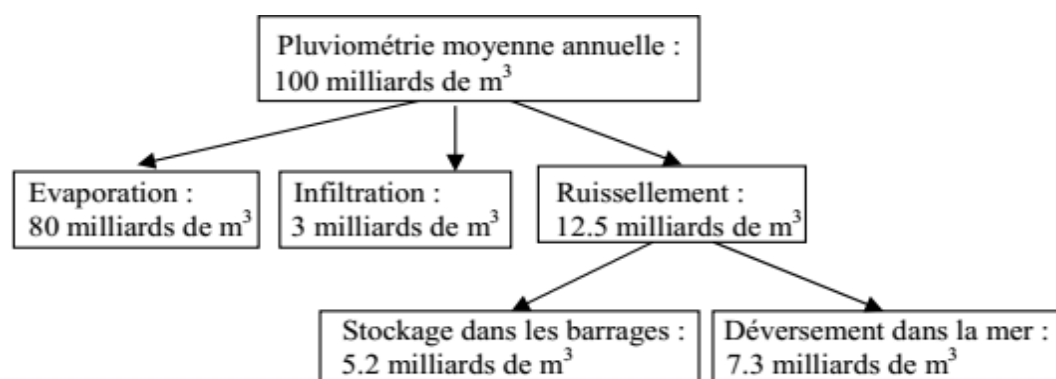


Figure 2. Répartition des ressources en eau dans l'Algérie du Nord

### 1.2.4. Les eaux superficielles

L'ANRH dispose à cet effet 220 stations hydrométriques, 800 postes pluviométriques et 60 stations complètes. Les premières stations du réseau hydrométriques algérien ont été installées en 1924 ; puis ce réseau s'est développé progressivement pour atteindre leur niveau actuel. Le tableau suivant permet de donner la répartition de la pluviométrie et l'apport annuel en Algérie du nord.

Tableau 2. Pluviométrie et apport annuel en Algérie du nord

Régions Désignations	Oranie Chott Chergui	Cheliff Zahres	Algérois soummam Hodna	Constantinois Seybouse Mellègue	Total Algérie du nord
Superficie en (Km <sup>2</sup> )	76000	56200	50000	43000	225200
Pluviométrie (milliards m <sup>3</sup> /an)	24,5	23,5	21	26	95
Apport annuel moyen (millions m <sup>3</sup> /an)	958	1974	4300	5595	12827

Le territoire de l'Algérie a été divisé en 5 bassins hydrographiques :

- Constantinois – Seybouse- Mellègue
- Algérois- Hodna - Soumam.
- Cheliff - Zahrez.
- Oranie - Chott - Chergui.
- Sahara.



### 1.2.5. Les potentialités en eau souterraine

Les potentialités en eaux souterraines directement exploitables sont évaluées, par les services techniques de l'ANRH, à 1,8 milliards de m<sup>3</sup> dans la région Nord. Ces ressources sont relativement faciles à mobiliser et sont aujourd'hui, exploitées à plus de 90%.

Dans le sud, les ressources en eau souterraines sont beaucoup plus importantes et sont contenues principalement dans des aquifères, qui s'étendent, pour certains, au delà même des frontières algériennes : il s'agit des nappes du Continental Intercalaire (CI), et du Complexe Terminal (CT).

Les potentialités hydriques des deux aquifères CT et CI sont évaluées à 4935 Hm<sup>3</sup>/an dont le volume exploité est estimé à 1296.5 Hm<sup>3</sup>/an.

La nappe du continental intercalaire qui est la plus étendue et la plus profonde que celle du complexe terminal, il couvre une superficie de plus de 10 millions de km<sup>2</sup>, répartie entre les trois pays (Algérie–Tunisie et la Libye) .

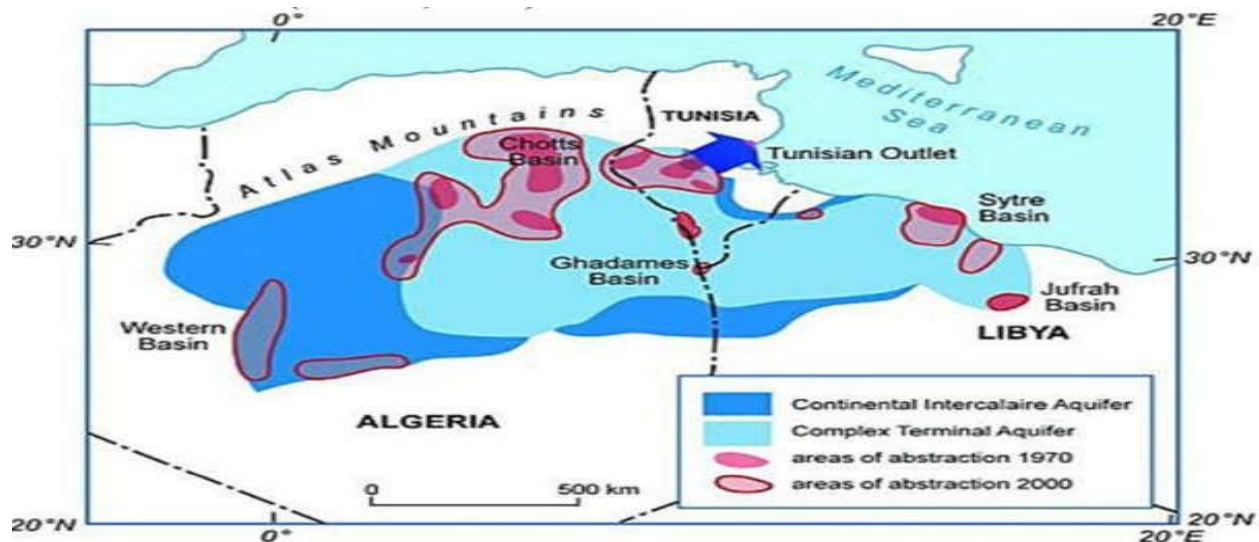


Figure 3. Nappes du continental intercalaire et du complexe terminal

La forte consommation d'eau par les trois pays a été accélérée par l'évolution du nombre de forages et de leurs régimes d'exploitation ce qui a provoqué une baisse sensible du niveau de la nappe, la disparition de l'artésianisme dans certains endroits du Sahara.

### 1.2.6. La mobilisation des ressources en eau non conventionnelles

La mobilisation des ressources en eau non conventionnelles est constituée du :

- Dessalement de l'eau de mer,
- Déminéralisation des eaux saumâtres (souterraines et superficielles)
- Réutilisation des eaux usées épurées.

#### 1.2.6.1. Avantages du dessalement

Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres a connu ces dernières années une avancée remarquable grâce au développement de différents procédés.

- Un littoral long de 1200 kilomètres;
- Disponibilité de l'eau de mer, ressource inépuisable;
- Une population et une industrie grandes consommatrices d'eau se trouvant à proximité de la mer;

#### 1.2.6.2. Déminéralisation des eaux saumâtres

A part le dessalement de l'eau de mer au nord d'Algérie, il a été prévu la déminéralisation des eaux saumâtres dans les hauts plateaux et le sud. Plusieurs

stations de débit faible de traitement entre 100 et 200 m<sup>3</sup>/j existantes dans le sud, sont en exploitation par les collectivités locales et Sonatrach.

### 1.2.6.3. Réutilisation des eaux usées épurées

La mobilisation des eaux usées épurées, est très faible actuellement, le seul ouvrage existant est celui situé à l'aval de la station d'épuration de Bordj Bou Arreridj d'une capacité de 2 500 m<sup>3</sup>/j destiné à l'irrigation d'un périmètre de superficie près de 100ha.

## 1.3. La Problématique de l'eau en Algérie

### 1.3.1. Envasement des barrages en Algérie

En Algérie, les 52 grands barrages reçoivent 32 millions de m<sup>3</sup> de matériau solide annuellement. La répartition des barrages sur les cinq bassins hydrographiques indiquent clairement que les barrages de la région de Chéllif – Zahrez sont les barrages les plus menacés par le phénomène de l'envasement, puisque le taux de sédimentation annuel est de 0,75%. Ceci est dû à la forte érosion des bassins versants de la région, favorisé par la nature des sols et l'absence de boisement.

Même pour les petits barrages, le taux de comblement évalué en 2002 dans le bassin hydrographique Chellif –Zahrez est de 27% de la capacité totale, il est beaucoup plus grand par rapport à celui des autres régions.

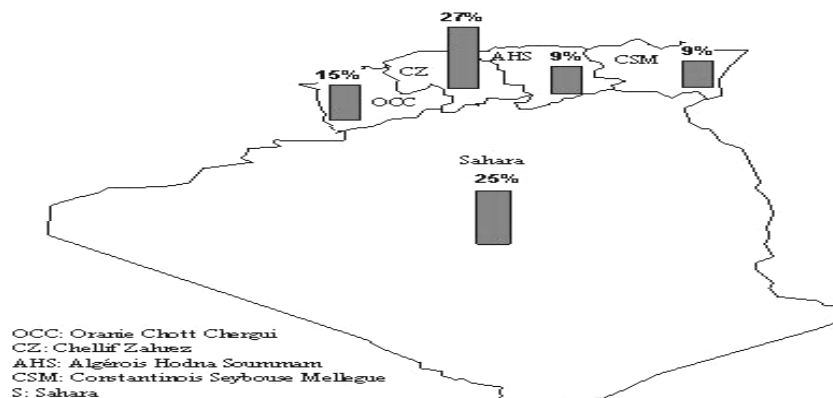


Figure.4. Répartition du taux de comblement annuel des grands barrages dans les bassins hydrographiques

### 1.3.2. Evaporation des lacs de barrages

Le phénomène de l'évaporation des lacs des barrages en Algérie est considérable ; une perte de volume très élevée est enregistrée annuellement dans

les barrages. Les mesures de l'évaporation se font à l'aide d'un bac Colorado installé à proximité de la retenue.

Nous avons représenté sur la figure 5, l'évolution du volume évaporé dans les retenues de 39 barrages, d'une capacité de 3,8 milliards de m<sup>3</sup> durant la période:1992-2002.

Sur le même graphe, nous avons illustré l'évolution de la consommation en A.E.P., l'irrigation et l'industrie pour mieux montrer l'ampleur de l'évaporation.

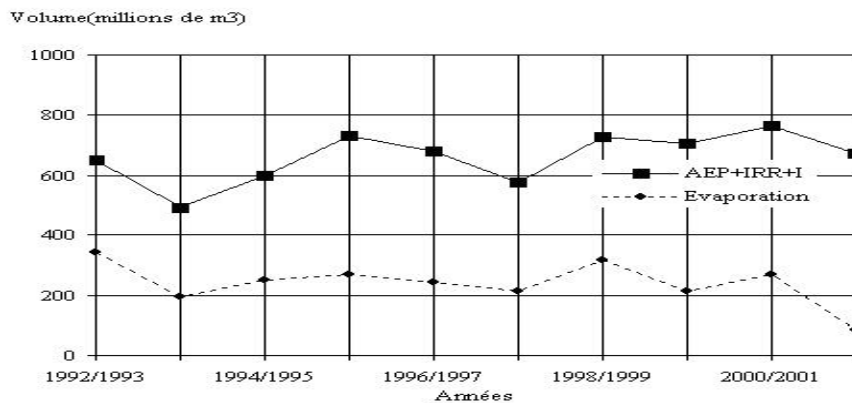


Figure.5. Evolution de l'évaporation dans les barrages algériens

La quantité évaporée représente la moitié du volume consommé par l'irrigation, l'alimentation en eau potable et l'industrie, ce qui est considérable. La valeur maximale de l'évaporation enregistrée a été de 350 millions de m<sup>3</sup> d'eau durant l'année 1992/1993, par contre la valeur minimale avoisine les 100 millions de m<sup>3</sup> en 2001/2002. La moyenne annuelle de l'évaporation est de 250 millions de m<sup>3</sup> pour les 39 barrages, soit une perte moyenne annuelle de 6,5 % de la capacité totale. Le volume d'eau total perdu durant dix années d'exploitation (1992-2002) avoisine la valeur de 2.5 milliards de m<sup>3</sup>.

### 1.3.3. Fuites dans les barrages

En réalité l'eau des fuites ne se perd pas, elle peut être récupérée et réutilisée pour l'agriculture et à la limite la laisser s'infiltrer pour réalimenter la nappe. Mais le grand problème réside dans la circulation des eaux dans les failles de la roche dont la section mouillée augmentera dans le temps suite au changement de températures et les variations de la vitesse de l'écoulement (variation du plan d'eau) qui engendreront l'érosion de la roche et avec le temps c'est le glissement au niveau des berges et l'ouvrage sera en danger.

Certains barrages enregistrent une perte annuelle par fuite avoisinant même la

valeur de 10% de leur capacité.

La figure 6 représentant l'évolution du volume de fuites de 22 barrages durant la période : 1992-2002. Il est intéressant de constater que le volume minimum perdu a été enregistré durant l'année 1993-1994, soit 20 millions de m<sup>3</sup>. Par contre durant l'année 1997-1998, plus de 75 millions de m<sup>3</sup> d'eau de perte par les fuites ont été enregistrés.

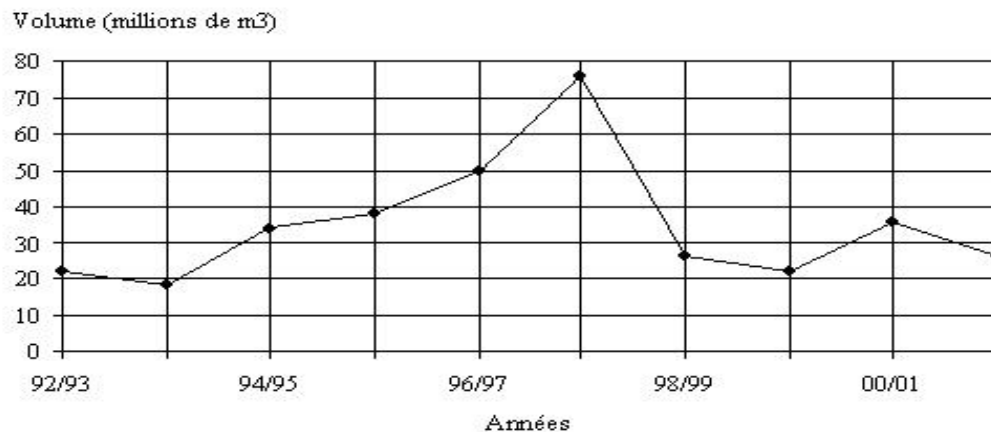


Figure.6. Variation des débits de fuites dans les barrages algériens (22 barrages)

Le volume total des fuites enregistré durant la période 1992-2002 avoisine les 350 millions de m<sup>3</sup>, alors que le volume moyen perdu annuellement est de 40 millions de m<sup>3</sup> d'eau. Ces mesures des débits de fuite sont effectuées par la méthode volumétrique. Les eaux perdues sont collectées à l'aide des réseaux de canaux depuis les résurgences et les sources de fuites jusqu'aux périmètres à irriguer.

#### 1.3.4. Eutrophisation des retenues de barrages

Ces dernières années les rejets des eaux usées d'origine urbaine et industrielle ont augmenté dans les oueds. Ceci constitue une menace pour la qualité des ressources en eau dans les barrages.

En plus de ces rejets, le dépôt des sédiments dans les retenues de barrages génère l'eutrophisation des eaux de retenues. L'eutrophisation est l'enrichissement d'une eau en sels minéraux (nitrates et phosphates notamment) entraînant des déséquilibres écologiques comme la prolifération de la végétation aquatique et l'appauvrissement en oxygène dissous.

Le processus de vieillissement passera une retenue d'un état de faible niveau nutritif (oligotrophique) à un état intermédiaire (mésotrophique), puis à un état



de haut niveau nutritif (eutrophique).

### **1.3.5. Intrusion des eaux marines dans les aquifères côtiers**

En Algérie, le phénomène a pris de l'ampleur ces vingt dernières années à cause de la sécheresse qui a frappé le nord algérien, associé aux pompages excessifs et anarchiques. Aujourd'hui, toutes les régions du littoral algérien (1200km) sont menacées par ce phénomène ; plusieurs lieux de contaminations des nappes ont été signalés le long du littoral. La région du centre n'a pas échappé à ce phénomène.

## **1.4. Stratégie pour augmenter le stockage de l'eau**

L'augmentation des besoins d'une région dans les trois grandes catégories (industrie, agriculture, particuliers) demande une planification innovatrice des ressources hydriques. Il est clair que l'Algérie enregistre d'un côté un manque énorme en ressources, au même moment où les besoins augmentent, et de l'autre côté le volume d'eau mobilisable est en diminution, et ceci est dû aux différents problèmes naturels ou humains qui touchent les sites susceptibles de capter les eaux.

Partant de ce constat, nous proposons une série de suggestions dans le but de sauvegarder nos ressources mobilisées actuellement, tout en tentant de les augmenter au maximum, dans la mesure du possible, qui aura pour effet la baisse du déficit et le relèvement du taux de satisfaction, en ce sens que, notre but est l'amélioration de la situation actuelle et future afin d'arriver au stade d'équilibre:

### **1.4.1. Entretien des barrages actuels et lutte contre l'envasement**

Pour prolonger la durée de vie des grands barrages, l'entretien de ces ouvrages est devenu aujourd'hui une nécessité pour les services d'hydraulique. Les barrages s'ensavent, l'eau des retenues s'évapore et se perd par infiltrations à travers les berges et les fondations. L'actualisation de nos données en 2002 a donné un volume de 32 millions de m<sup>3</sup> de vase déposée annuellement dans les 52 grands barrages algériens. Le volume de vase estimé est de 1 milliard de m<sup>3</sup> en 2004. Cette quantité sera de 1,1 milliards de m<sup>3</sup> en 2010 et 1,35 milliards de m<sup>3</sup> en 2020 pour le même nombre de barrages. Plusieurs barrages seront abandonnés si des dispositions nécessaires ne seront pas prises.

En plus de la diminution du volume utile des barrages, la stabilité de certains ouvrages est menacée par la forte poussée des vases. La rareté des sites



favorables à la réalisation de nouveaux barrages a poussé les services de l'hydraulique à entretenir les barrages en exploitation.

Plusieurs méthodes (curatives et préventives) de lutte contre l'envasement ont été appliquées depuis les années trente. Nous pouvons déterminer les principaux moyens techniques de lutte contre l'envasement utilisés actuellement dans les différents bassins versants et barrages algériens.

#### **1.4.1.1. Aménagement des bassins versants**

Dans le cadre de la protection des bassins versants, un programme spécial a été lancé par les services des forêts. Il s'agirait de traiter une superficie de 1,5 millions d'hectares d'ici l'an 2010. Soit un rythme de réalisation de 67000 ha/an.

Actuellement deux bassins versants sont en cours de traitement à titre expérimental afin de dégager une nouvelle approche qui puisse répondre aux objectifs d'aménagement intégré, il s'agit des bassins versants des oueds Mebtoul et Boussalem (setif).

#### **1.4.1.2. Réalisation des barrages de décantations**

La meilleure façon d'éviter l'envasement, c'est d'empêcher la vase d'arriver jusqu'au barrage, cela peut se faire par la création de retenues pour la décantation des apports solides, ce qui revient à construire un autre barrage en amont.

La réalisation du barrage de Boughezoul (Médéa) en amont de celui de Ghrib (Ain-Defla), bien qu'édifié essentiellement pour amortir les crues de oued Chellif, a permis de retenir depuis sa création un volume de près de 50 106 m<sup>3</sup> de vase qui, sans elle, seraient venus s'ajouter aux 150 106 m<sup>3</sup> qui se sont déposés dans celle de Ghrib (en l'an 2000). Le barrage de Boughezoul a ainsi réduit l'envasement du Ghrib de près de 18 %.

#### **1.4.1.3. Surélévation des barrages**

L'un des moyens de lutte utilisés en Algérie est la surélévation de la digue. Cette méthode consiste, lorsque le taux de comblement est avancé, à augmenter la hauteur de la digue d'une taille variable, permettant la constitution d'une réserve complémentaire pour compenser la perte du volume occupé par la vase.

Cette technique a été réalisée sur 04 barrages: Bakhada(Tiaret), K'sob (M'sila), Zardézas (Skikda) et Boughezoul. La surélévation des barrages permet

d'augmenter la capacité de la retenue et donc de compenser la valeur envasée.

La nouvelle situation ainsi créée ne peut qu'influencer l'évolution des dépôts des sédiments dans la retenue. Nous avons constaté que l'envasement a augmenté plus rapidement après cette surélévation, ce fait étant confirmé par l'examen du tableau 1, pour les quatre barrages cités ci dessus.

Tableau.3. Vitesses moyennes de sédimentation des barrages surélevés

Barrages	Vitesse de sédimentation ( $10^6 \text{ m}^3 / \text{an}$ )	
	Avant surélévation	Après surélévation
ZARDEZAS	0,30	0,70
K'SOB	0,25	0,29
BOUGHZOUL	0,34	0,50
BAKHADA	0,05	0,15

#### 1.4.1.4. La technique de chasse

La technique de chasse consiste à évacuer une quantité des sédiments par les pertuis de vidange à l'arrivée des crues. Elle est appliquée souvent au barrage de Beni Amrane (Boumerdes). Ce dernier d'une capacité de  $15,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  a été doté de six vannes de fond. Environ  $2,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de vase ont été évacués durant la période 1988- 1993. L'évacuation des sédiments par les pertuis de vidange n'est efficace que pour la zone proche des vannes.

L'efficacité des chasses opérées dans le temps au niveau du barrage n'a pas dépassé les 26 % du total des sédiments entrants . L'ouverture de la vanne de fond au barrage de Foug El Gherza (Biskra) a permis d'évacuer environ  $0,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de vase durant l'année 1989/1990 et une quantité de  $0,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de vase de 1990 à 1993 .

#### 1.4.1.5. Soutirage des courants de densité

La majorité des retenues en Algérie présentent les conditions favorables à l'apparition des courants de densité (forte concentration en sédiments fins et la forme de la retenue de type canal).

En effet, la forte concentration en sédiments dans les cours d'eau surtout en période de crues et la forme géométrique de la cuvette (de type canal) donnent naissance aux courants de densité à l'entrée d'une retenue et peuvent se propager jusqu'au pied du barrage. L'ouverture des vannes de fond au moment opportun peut évacuer une forte quantité en sédiment. Cette technique est utilisée dans les barrages d'Erraguene (Jijel), et de Oued El Fodda (Chelef) et d'Ighil Emda (Béjaia) dont une quantité importante évaluée à  $46 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  a ainsi été évacuée

en 46 ans d'exploitation (1954-2000).

#### 1.4.1.6. Dragage des barrages

La drague d'un poids total de 300 tonnes, est conçue pour refouler à une hauteur de 28 mètres, dans une conduite de 700 mm avec un débit maximum de mixture de 1600 l/s pour une profondeur de dragage de 3 à 16 m. Malgré le coût onéreux de l'opération de dragage qui revient environ à celui de la réalisation d'un nouveau barrage, cette technique devient indispensable pour les barrages dont la stabilité est en danger ou bien dans le cas où les sites pour la réalisation de nouveaux ouvrages deviennent rares.

Suite à l'accélération de l'envasement du barrage de Fergoug III (actuel) (Mascara), l'Algérie a acquit en 1989 une nouvelle drague suceuse refouleuse baptisée .

Les résultats obtenus par cette drague sont représentés dans le tableau 4.

Tableau.4. Résultats des travaux de la drague

Capacité initiale du barrage (1970)	$18.10^6 \text{ m}^3$
Capacité avant dévasement	$3,9.10^6 \text{ m}^3$
Volume de vase	$14,1.10^6 \text{ m}^3$
Volume dévasé (densité 1,6)	$6,5.10^6 \text{ m}^3$
Profondeur maximum de dévasement	$16.10^6 \text{ m}^3$
Quantité d'eau utilisée	$7.10^6 \text{ m}^3$

#### 1.4.2. La réalisation de nouveaux barrages en Algérie

Pour récupérer une partie des milliards de  $\text{m}^3$  d'eau qui se déversent dans la mer, la prospection des meilleurs sites et la réalisation de nouveaux barrages en Algérie s'avèrent indispensable. Depuis une vingtaine d'années l'Algérie a entrepris de développer un programme ambitieux de construction de grands barrages.

Durant les années quatre vingt, 19 barrages d'une capacité totale de 2 milliards de  $\text{m}^3$  ont été mis en exploitation à raison de 2 barrages en moyenne par année. Durant les années quatre vingt dix, 07 barrages d'une capacité totale de 650 millions de  $\text{m}^3$  ont été réceptionnés.

A la fin du mois de décembre 2002, l'Algérie disposait de 52 grands barrages totalisant une capacité de 5,2 milliards de  $\text{m}^3$ . Actuellement 29 barrages sont en construction, dont 17 ont une capacité supérieure à 10 millions de  $\text{m}^3$ , et 12 ont une capacité inférieure à 10 millions de  $\text{m}^3$ .

Avec ces barrages en construction, la capacité totale sera portée à 7,1 milliards de m<sup>3</sup>, et le volume régularisé à 3,4 milliards de m<sup>3</sup>/an, soit plus de 57% du volume mobilisable estimé à 6 milliards de m<sup>3</sup>. Les 43% restants des ressources en eau superficielle peuvent être mobilisés par d'autres barrages. Selon l'Agence Nationale des Barrages, 67 barrages et transferts sont en cours de lancement ou en étude. En 2005, le nombre de barrages achevés était de 66 avec une capacité de 7,65 milliards de m<sup>3</sup>. Cet ensemble d'ouvrages de mobilisation de plus de 100 grands barrages et de transfert et d'adduction des eaux de surface sera achevé à l'horizon 2010, il mobilisera plus de 10 milliards de m<sup>3</sup>.

### 1.4.3. Réalisation des petits barrages et retenues collinaires

Le manque de sites favorables à la réalisation de grands barrages, nous incite à réaliser des retenues collinaires. Ce sont des petits barrages de faible profondeur construits avec des digues en terres qui permettent une gestion locale de ce mode de stockage. L'Algérie dispose actuellement de plus de 61 petits barrages répartis sur les 04 bassins hydrographiques de l'Algérie du nord, comme le montre le tableau 3.

Tableau.5. Répartition des petits barrages dans l'Algérie du nord

Bassin hydrographique	Nombre	Capacité
Oranie Chott Chergui	16	30
Chellif Zahrez	6	3
Algerois Soummam HOdna	28	34
Constantinois Seybouse Mellegue	11	14

L'Algérie s'est engagée au début des années quatre vingt avec un programme ambitieux pour la réalisation d'un nombre considérable de retenues collinaires.

Malheureusement, cette expérience s'est soldée par un semi échec, puisque plusieurs retenues se sont envasées durant les premières années d'exploitation, d'autres ont été emportées par les premières crues.

Actuellement, l'Algérie a programmé la réalisation de plus de 500 retenues collinaires durant les 05 années à venir dans le but de conserver l'eau et le sol et même de minimiser l'arrivée des sédiments dans les grands barrages. Ces petits ouvrages économiques peuvent mobilisés plusieurs millions de m<sup>3</sup> des eaux superficielles qui seront destinées à l'irrigation.

Cependant, la réalisation d'un tel ouvrage nécessite une étude technique sérieuse très poussée de telle façon à éviter deux grands problèmes :

- • Envasement rapide de la retenue lors d'une crue ou deux
- • Destruction de la digue à l'arrivée d'une crue, suite à la non connaissance de la ligne de saturation dans la digue.

#### **1.4.4. Utilisation de la Recharge artificielle des nappes**

Plusieurs problèmes hydrauliques peuvent être solutionnés, si on a recours à la recharge artificielle des nappes.

La diminution dangereuse du niveau de la nappe de Mitidja suite à la surexploitation de son eau a même provoqué plusieurs cas d'affaissement des routes dans la région. Le pompage intensif de la nappe a engendré l'intrusion des eaux marines dans les aquifères côtiers de la plaine de Oued Nador. Le biseau salé ne cesse de se propager dans la nappe. Il est temps de généraliser cette méthode de stockage d'eau en Algérie, surtout qu'elle ne demande pas assez de moyens matériels.

Cependant, il faut d'abord faire une prospection des aquifères souterrains capables de stocker l'eau et de déterminer les endroits à la réalisation d'un tel ouvrage hydraulique. Il serait souhaitable dans le cas de la réalisation d'un barrage qu'il soit combiné avec la recharge artificielle des nappes.

La réalimentation artificielle des nappes peut être une solution alternative aux milliards de m<sup>3</sup> qui se déversent encore dans la mer et qui ne peuvent pas être mobilisées à travers la réalisation des barrages.

#### **1.4.5. Recyclage et réutilisation des eaux usées**

Actuellement, l'eau usée traitée provenant des stations d'épuration existantes, lorsque celles-ci sont opérationnelles, est rejetée dans les oueds, mais dans les régions où les besoins en eau ne sont pas satisfaits. Il serait donc illogique de continuer de déverser l'eau traitée dans les oueds. Actuellement le parc d'installation d'épuration se compose de 77 stations (secteur urbain 35, secteur industriel 34, secteur du tourisme 8).

Etant donnée la situation critique que vit l'Algérie en matière de ressources en eau, nous sommes dans l'obligation de trouver des solutions rapides à ces stations, car, si dans un passé non lointain, la ressource en eau non conventionnelle en Algérie était évoquée très timidement, aujourd'hui elle devient une solution alternative aux ressources conventionnelles qui se font de plus en plus rares.

En considérant les rejets en milieu urbain, de l'ordre de 75% des débits consommés, les volumes d'eaux usées rejetées à travers les réseaux d'assainissement ont été évalués à 350 millions de m<sup>3</sup> en 1979 et 660 millions de m<sup>3</sup> en 1985. Les prévisions de rejet d'eaux usées des agglomérations urbaines sont évaluées à près de 1300 millions de m<sup>3</sup> en 2020. Les eaux recyclées des quatre régions en 2020 se répartissent comme suit (tableau 4).

Tableau.6. Recyclage des eaux usées des 4 régions de l'Algérie

Régions Désignations	Oranie C. Chergui	Chélif Zahras	Algérois S. Hodna	Constantinois Sey.Mellègue	Total Algérie du Nord
Eaux usées épurées en (Mm <sup>3</sup> / an) Horizon 2020	90	90	230	140	<b>550</b>

#### 1.4.6. Dessalement de l'eau de mer

En matière de dessalement d'eau de mer et de déminéralisation, l'expérience Algérienne date des années 60. Vers la fin des années 90, il existait 43 unités de dessalement d'une capacité de traitement de près de 100.000 m<sup>3</sup> par jour. Ce débit est destiné pour une grande partie à l'industrie pétrolière d'ARZEW et de SKIKDA.

Des unités de déminéralisation d'eau saumâtre ont été réalisées à Abadla (1700m<sup>3</sup>/j), D'Ouenza (4000 m<sup>3</sup>/j), Ouled Djellal (3000 m<sup>3</sup>/ j) et celle de SONIC à Mostaganem (40000 m<sup>3</sup>/j). Quelques actions ont été engagées au sein du haut commissariat à la recherche concernant des projets de développement tels que :

- L'étude et la réalisation d'une unité de dessalement par osmose inverse d'une capacité de 200 m<sup>3</sup> /j.
- L'étude et la réalisation d'une unité de dessalement d'eau de mer par la technique multi flash, d'une capacité journalière de 480 m<sup>3</sup>.

Suite à la sécheresse de ces dernières années qui a provoqué un manque d'eau potable dans la majorité de communes, un programme d'urgence a été élaboré par le gouvernement pour palier au déficit des ressources en eau. Il s'agit de réaliser 21 stations de dessalement d'une production de 57500 m<sup>3</sup>/j réparties comme le montre la figure 6.

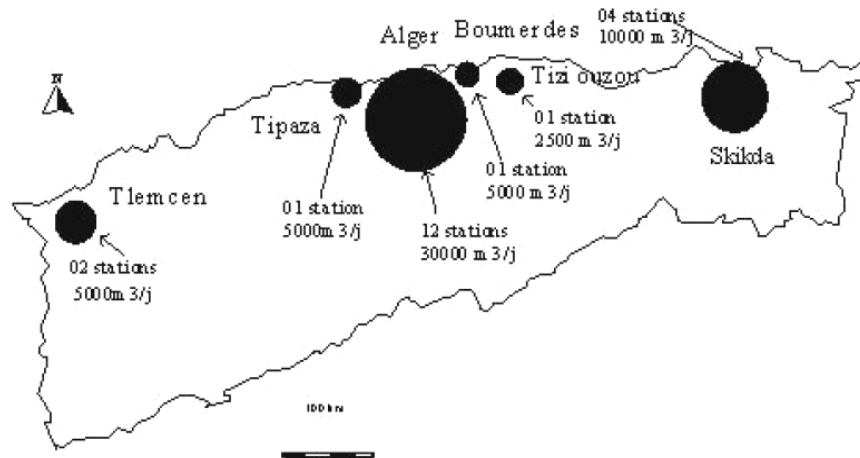


Figure.7. Répartition des stations de dessalement.

Le dessalement des eaux de mer reste une solution sûre, vu la sécheresse qui sévit ces dernières années dans notre pays. Seulement, il serait préférable que les unités de dessalement destinées à l'alimentation en eau potable de la population fonctionnent uniquement durant les périodes de crises et d'une longue sécheresse.

#### 1.4.7. Production de l'eau douce à partir de l'humidité atmosphérique

Les possibilités d'obtention de l'eau à partir de l'air sont impressionnantes. La formation de rosée peut être importante même en atmosphère relativement sèche, comme dans les déserts continentaux. La récupération de la vapeur d'eau atmosphérique qui n'a pas encore été exploitée à grande échelle pourrait donc devenir une réalité dans le futur. Aujourd'hui, la quantité d'eau récupérée reste faible, et l'objectif de plusieurs chercheurs réside dans la possibilité d'obtenir de l'eau même dans les régions sèches y compris les déserts. Selon certains experts, le littoral algérien contient une humidité spécifique moyenne de 15g/kg air sec durant le mois de juillet et peut donc constituer un site de production non négligeable. Il est possible de produire de l'eau à partir de l'atmosphère, mais il reste à l'extraire d'une façon économique.

#### 1.4.8. La lutte contre les fuites des différents réseaux

La lutte contre les fuites des différents réseaux s'effectue par une distribution des quantités d'eau de la manière la plus juste et la plus équitable possible, la lutte à toute épreuve contre le gaspillage et les pertes d'eau par une meilleure gestion et exploitation du réseau et la réhabilitation des réseaux, dont les qualités techniques ne répondent pas aux normes exigées actuellement, en sachant que



l'Algérie dispose d'un réseau de 40.000 km (A.E.P et A.E.R ) avec un taux de fuite d'environ 40%, ce qui représente un volume de perte considérable.

#### **1.4.9. La lutte contre l'intrusion des eaux marines dans les aquifères côtiers**

Contrairement à certains auteurs qui disent que l'intrusion des eaux marines dans les aquifères côtiers est un phénomène irréversible, ce problème peut être solutionné. La recharge artificielle de la nappe contaminée s'avère une technique sûre et peut repousser le biseau salé. Aucune étude sérieuse n'a été faite en Algérie.

On assiste ces vingt dernières années à une évolution spectaculaire des secteurs vulnérables à l'intrusion le long du littoral suite à la sécheresse, au pompage anarchique de la nappe et à l'extraction abusive du sable marin. Avant d'appliquer la recharge artificielle, il serait judicieux de tenir compte des recommandations suivantes:

- ✓ • Arrêter immédiatement les forages et puits fortement contaminés
- ✓ • Arrêter l'exploitation dans les secteurs vulnérables à l'intrusion
- ✓ • Généraliser la microirrigation ;
- ✓ • Programmer des campagnes de mesure de la piézométrie pour suivre les fluctuations du niveau de la nappe
- ✓ • Faire des analyses chimiques et géophysique pour suivre et localiser l'interface eau douce- eau salée
- ✓ • Etudier et modéliser la propagation du biseau salé

L'application de ces recommandations ralentit uniquement la propagation du biseau salé vers d'autres secteurs, il devient nécessaire de compléter ces recommandations par l'utilisation de la recharge artificielle de la nappe.



*Chapitre 02 :*  
*Principe de gestion et exploitation des systèmes hydrauliques*

## 2.1.Définition

Les systèmes et installations hydrauliques : barrages, stations d'épuration , stations de dessalement , stations de traitement, transferts d'eau potable... sont des ouvrages qui ont pour rôle essentiel de mobiliser, traiter et transporter l'eau, ressource vitale pour ses diverses utilisations dans l'industrie, l'agriculture ainsi que pour les usages domestiques. Et pour qu'un système hydraulique soit efficace, il faut qu'il réponde aux exigences en terme de sécurité tout en assurant son fonctionnement, sa fiabilité.

## 2.2.Outils de gestion et exploitation des ouvrages hydrauliques;

### 2.2.1. L'alimentation en eau potable (AEP)

Est l'ensemble des équipements, des services et des actions qui permettent, en partant d'une eau brute, de produire une eau conforme aux normes de potabilité en vigueur, distribuée ensuite aux consommateurs. On considère les étapes distinctes dans cette alimentation :

- Eau souterraine (prélèvements – captages Forage, réseau adduction, Station de reprise, réservoirs, réseau distribution)
- Eau de surface (Barrage, transfert, Station de traitement, Station de reprise, réservoirs, réseau distribution).

### 2.2.2. Systèmes d'assainissement

Littéralement « action d'assainir », l'assainissement est originellement l'ensemble des techniques et méthodes visant à traiter les eaux usées. Il comprend la collecte, le traitement et l'évacuation des déchets liquides, des déchets solides et des excréments. Des systèmes d'assainissement plus hygiéniques peuvent s'appuyer sur des solutions technologiques telles que les égouts ou les stations de traitement des eaux usées

- Réseau de collecte (séparatifs, unitaire, mixte)
- STEP (Boue activée, Lagunage, biodisques, lits bactériens....etc.)

### 2.2.3. L'irrigation

Est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production et permettre leur développement normal, en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique.

L'irrigation peut aussi avoir d'autres applications :

- ✓ l'apport d'éléments fertilisants soit au sol, soit, par aspersion, aux feuilles
- ✓ la lutte contre le gel, par aspersion d'eau sur le feuillage peut permettre de gagner quelques degrés de température précieux au moment des gelées printanières, voire dans certains cas par inondation.

Généralement on parle d'«**arrosage**» pour les petites surfaces (jardinage) réservant le terme d'«**irrigation**» pour les surfaces plus importantes (agriculture de plein champ).

- Réseau d'irrigation
- Périmètres d'irrigation

**Techniques d'irrigation:** Écoulement de surface, Asperseur, Micro-irrigation ou goutte-à-goutte, Submersion.

### **2.3.Structures de gestion et exploitation;**

L'organisation de la gestion de l'eau en Algérie est placée sous l'autorité directe ou sous la tutelle du ministère des Ressources en Eau (MRE). Depuis le transfert du secteur de l'irrigation qui relevait précédemment du ministère de l'Agriculture, le MRE est le principal responsable de la politique nationale de l'eau, politique dont il assure l'élaboration et la mise en œuvre. Sa compétence s'étend à l'ensemble des activités relatives à la recherche, l'exploitation, la production, le stockage, la distribution de l'eau pour tous les usages, ainsi qu'à l'évacuation et à l'épuration des eaux usées.

Le MRE veille par ailleurs, avec les ministères de l'environnement et de la santé, à la préservation de la qualité des ressources en eau et à leur protection contre les pollutions. C'est au sein d'un Conseil national consultatif des ressources en eau, comme le prévoit la Loi sur l'eau, que doivent s'organiser et se développer les relations de concertation et de coordination avec les autres administrations, les différents secteurs économiques et, plus généralement, tous les utilisateurs. Mais cette instance n'est, dans les faits, pas fonctionnelle.

**Au niveau national,** le MRE exerce ses prérogatives et missions en s'appuyant en particulier sur des établissements publics à compétence nationale dans les domaines : des études et de la maîtrise d'ouvrage (barrages, transferts, irrigation...), de la gestion et de l'exploitation des grands périmètres irrigués et des installations de distribution d'eau et d'assainissement.



Figure.8. Organisation des structures de gestion de l'eau en Algérie

**Au niveau local**, dans chaque wilaya, les attributions du MRE sont exercées par la Direction de l'Hydraulique de la Wilaya sous l'autorité administrative du Wali. Cette direction assure la conduite des projets locaux, l'assistance technique aux communes et veille à la protection et à la bonne gestion du domaine public hydraulique.

**Au niveau communal**, les municipalités ont la responsabilité explicite d'assurer l'alimentation en eau potable et l'assainissement des eaux usées. Elles assuraient jusque-là ces services, selon les cas, via leurs propres moyens humains, en les confiant à des régies ou en les déléguant à des établissements publics régionaux.

Le décret exécutif n°01-101 du 21 avril 2001 a complètement modifié la situation en transférant la gestion des services de l'eau de toutes les communes du pays à l'Algérienne des Eaux (ADE), établissement public sous tutelle directe du MRE. Cette centralisation de la gestion de l'eau potable succède à une série d'opérations de « centralisation-décentralisation » subies par ce secteur depuis 1970.

Une réforme similaire a été adoptée parallèlement pour les compétences en matière d'assainissement transférées progressivement à l'Office National de l'Assainissement (ONA).

Les restructurations importantes des systèmes d'organisation, successives et contradictoires, et les remises en cause d'options déjà bien engagées, sont certainement pour beaucoup dans la faiblesse des performances et les difficultés des services de distribution d'eau potable et d'assainissement.

### **2.3.1. L'Administration centralisée**

Le ministère des ressources en eau (MRE) : La direction des études et de l'aménagement hydraulique (DEAH), la direction de la mobilisation des ressources en eau (DMRE), la direction de l'alimentation en eau potable (DAEP), la direction de l'assainissement et de la protection de l'environnement (DAPE), la direction de l'hydraulique agricole (DHA), la direction de la planification et des affaires économiques (DPAE).

### **2.3.2. L'Administration décentralisée**

Elle est constituée de 48 Directions des ressources en eau de Wilaya (DREW) chargées de la maîtrise d'ouvrage des projets hydrauliques décentralisés, et la maîtrise d'œuvre des projets décentralisés au niveau communal.

Les DREW assurent la protection du domaine public hydraulique au moyen de la police des eaux ainsi que le suivi de l'application de la réglementation technique et des normes.

### **2.3.3. Les établissements publics sous tutelle**

Les établissements publics chargés de mettre en œuvre les programmes nationaux de développement des ressources en eau ainsi que l'exploitation des infrastructures réalisées par l'Etat ou pour son compte.

- L'Agence nationale des ressources hydrauliques (**ANRH**), ayant pour mission l'inventaire des ressources en eau et en sols irrigables.
- L'Agence nationale des barrages et transferts (**ANBT**), ayant pour domaine de compétences la mobilisation des ressources en eau superficielles par barrages et transferts ainsi que l'exploitation et l'entretien de ces ouvrages aux fins d'utilisation pour l'alimentation en eau potable et industrielle et pour l'irrigation.
- L'Algérienne des Eaux (**ADE**), chargée d'assurer la mise en œuvre de la politique nationale de l'eau potable. A ce titre, l'ADE est chargé de l'ensemble des activités de production, de traitement, de stockage,

d'adduction, et de distribution d'eau potable et industrielle ainsi que le renouvellement et le développement des infrastructures s'y rapportant.

- L'Office National de l'Assainissement (**ONA**) est chargé d'assurer la mise en œuvre de la politique nationale d'assainissement et de protection de l'environnement hydrique. A ce titre, l'ONA est chargé de l'ensemble des activités liées à la collecte, à l'épuration et à la valorisation des eaux usées ainsi que le renouvellement et le développement des infrastructures s'y rapportant.
- L'office national de réalisation et de gestion des infrastructures pour l'irrigation et le drainage (**ONID**), ayant pour domaine de compétences l'équipement et l'exploitation des grands périmètres d'irrigation.
- Les 05 Agences de bassins ayant pour mission de mettre en œuvre la politique de gestion intégrée de l'eau à l'échelle des grands bassins hydrographiques. Les comités de bassins hydrographiques rattachés aux **ABH** comprenant des représentants de l'Administration, des collectivités locales et des usagers de l'eau. Ces comités constituent les organes de concertation sur toutes les questions liées à l'eau à l'échelle régionale.

## **2.4. Techniques d'exploitation des réseaux et ouvrages hydrauliques (AEP)**

### **2.4.1. Composition d'un réseau AEP**

Un réseau d'AEP se compose de:

- ✓ La ressource en eau à partir d'un captage de source ou d'une prise en rivière
- ✓ Une station de traitement pour améliorer la qualité de l'eau
- ✓ Un réservoir de stockage
- ✓ Un réseau de conduites généralement en PEHD de différents diamètres. Sur ces conduites on trouve des vannes de sectionnement, des vannes de vidange et de purge, des ventouses ...etc.
- ✓ Les Bornes Fontaines et les Prises Privés (aussi appelés branchements individuels), tous équipés de compteurs.
- ✓ Des compteurs sont installés à la source et/ou au réservoir, et au départ de chaque branche de réseau. Ces compteurs servent à connaître la quantité d'eau prise au niveau de la ressource, et à vérifier qu'il n'y a pas de fuites, ou d'anomalies sur le réseau.

- ✓ En fonction de la topographie du terrain le fonctionnement peut être par gravité dans le cas où la source est située plus haut par rapport aux habitations à desservir. Dans le cas contraire il est nécessaire d'utiliser des pompes pour remonter l'eau sur un point haut.

#### 2.4.2. Fonctionnement hydraulique d'un réseau (quelques notions de base)

Il est préférable qu'un réseau fonctionne toujours en charge, c'est à dire que la section du tuyau soit entièrement remplie d'eau. Lorsque le réseau n'est pas en « charge », il y a de l'air qui circule dans le réseau, ce qui peut poser les problèmes suivants :

- Accumulation d'air dans les points haut
- Manque de pression et baisse de débit
- A coups dans la conduite

##### 2.4.2.1. Les pertes de charge et le dimensionnement des réseaux

L'eau qui circule dans les conduites génère des pertes de charges c'est à dire que le frottement de l'eau contre les parois du tuyau ralentit la vitesse d'écoulement de l'eau et par conséquent sa pression, donc le débit. Les pertes de charge dépendent du diamètre intérieur du tuyau, de la rugosité, et de la distance parcourue.

Pour cette raison il est nécessaire avant de réaliser des extensions de calculer les pertes de charges pour dimensionner les nouvelles conduites et vérifier que la conduite d'alimentation soit de diamètre suffisant.

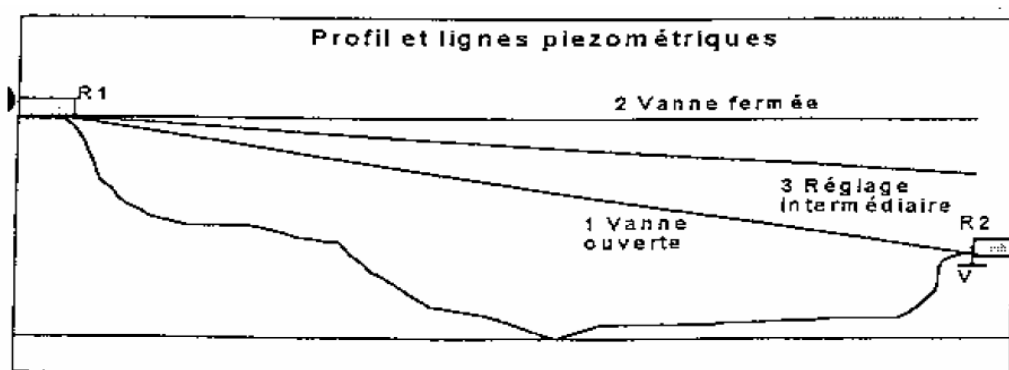


Figure .9. Ligne piézométrique dans un réseau d'AEP

La ligne piézométrique représente l'altitude que l'eau peut atteindre en chaque point du réseau.

- Lorsque la vanne d'arrivée en R2 est fermée (courbe n°2), l'eau est immobile dans le réseau, donc il n'y a pas de pertes de charge, donc la ligne piézométrique reste horizontale.
- Lorsque la vanne est un peu ouverte en R2 (cas de la courbe n°3), l'eau coule doucement, il y a des pertes de charges, donc la hauteur d'eau diminue lorsque l'on avance sur le réseau.
- Lorsque la vanne est totalement ouverte en R2 (courbe n°1), l'eau coule plus vite et les pertes de charge sont plus importantes, donc l'altitude que peut atteindre l'eau est moins importante.

#### 2.4.2.2. Les bulles d'air

Il y a toujours de l'air qui circule dans un réseau d'eau. Il y a toujours du gaz dissout dans l'eau, donc l'eau relâche du gaz. Même lorsque le réseau est en charge, l'eau libère du gaz qui remonte dans le tuyau et se retrouve piégé dans les points hauts du réseau. Lorsque l'air s'accumule dans un point haut, il bloque le passage de l'eau. D'où la nécessité :

- d'installer un organe de dégazage (ventouse, brise charge, citerne, vanne de purge) sur les points hauts pour permettre à l'air de sortir et de vérifier régulièrement leur fonctionnement.
- d'accentuer les points hauts dans le cas d'un tronçon de pente très uniforme pour faciliter la remontée de l'air vers l'organe de dégazage (ventouse ou autre).

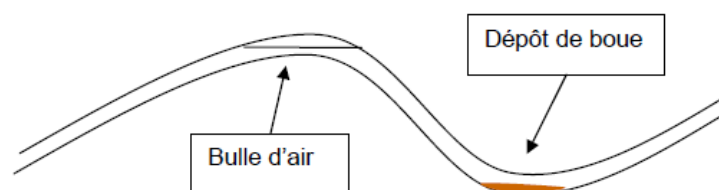


Figure .10. Bulles d'air et dépôt de boue dans un réseau d'AEP

#### 2.4.2.3. Les dépôts de boue

L'eau captée peut être chargée en limons, sables, surtout dans le cas de sources à débit variant fortement. Compte tenu du fait que les débits peuvent être nuls (la



nuit par exemple), il est préférable de prévoir un système de décantation pour réduire la quantité de sédiments qui entrent dans l'adduction.

On constate toujours une sédimentation des particules solides au niveau des points bas de la conduite. Ce dépôt a pour conséquence de bloquer le passage de l'eau dans les points bas, donc de réduire le débit disponible en aval.

Il est donc nécessaire de régulièrement nettoyer les points bas du réseau, en ouvrant les vidanges (ou purges) qui sont installées au niveau de ces points bas. Ces nettoyages doivent être faits au minimum une fois par an, lors de travaux, lors de vidange de réservoir (car il y a généralement des sédiments qui entrent dans le réseau lors de ces travaux).

#### **2.4.2.4. Les Coups de bélier :**

Les coups de bélier sont des ondes de surpression et de dépression liées à un changement brutal de l'écoulement dans la conduite. Ils sont provoqués par un blocage brusque de l'eau, comme par exemple lorsque l'on tourne rapidement une vanne  $\frac{1}{4}$  de tour. Il est très fortement recommandé d'éviter les coups de bélier qui peuvent provoquer des dégâts extrêmement importants.

C'est pourquoi il est préférable de prévoir des vannes à piston (au lieu des vannes  $\frac{1}{4}$  de tour) sur les points importants du réseau, et de les ouvrir / fermer très progressivement.

#### **2.4.3. Les compteurs d'eau**

Un compteur est un appareil de comptage mécanique, solide, qui peut fonctionner pendant 10 ou 20 ans. Le principal risque qui pourrait endommager le compteur est de prendre des coups. Pour éviter l'endommagement, il faut veiller à installer les compteurs en bordure de la cour, dans un endroit sécurisé.

##### **2.4.3.1. Nettoyage**

Il y a généralement un tamis à l'entrée du compteur, ou filtre pour les gros compteurs, pour retenir des particules (feuilles, cailloux...) qui seraient entrées dans le réseau.

Il n'y a pas de fréquence indicative de nettoyage du tamis ; ce nettoyage doit être fait lorsque l'abonné se plaint d'une baisse de débit ou lorsque de l'eau turbide a circulé dans le réseau. Parfois il arrive que la vitre s'encrasse, ou que la condensation empêche de lire le compteur.

Généralement, il suffit de taper doucement sur la vitre pour déplacer les gouttes de condensation et lire le compteur.

Toute opération sur le compteur doit être réalisée par l'exploitant ; l'abonné n'a pas le droit de manipuler le compteur.

#### **2.4.3.2. Durée de vie**

Avec le temps, et selon la qualité de l'eau, les mécanismes du compteur s'usent, se fatiguent, et les compteurs sous-comptent, c'est-à-dire que lorsque 100m<sup>3</sup> passent réellement à travers le compteur, le compteur indique une valeur inférieure (ex : 95m<sup>3</sup>). Mais il faut en général 10 ans avant d'observer une baisse importante du comptage.

Il peut être utile de vérifier à 10, 15 et 20 ans la précision du compteur pour voir s'il est nécessaire et économiquement intéressant (comparaison entre le coût du compteur et l'argent perdu par le sous-comptage sur une durée de plusieurs années).

#### **2.4.3.3. Vérification de la précision des compteurs**

On parle de tarage des compteurs. On peut le faire soit en installant en série, à la suite du compteur à contrôler, un 2ème compteur dont on est sûr de la précision. Soit en utilisant un récipient dont on connaît précisément le volume.

Pour vérifier que le compteur soit juste, il est important de lire précisément le volume indiqué par le compteur, jusqu'aux litres. Il faut donc également lire les chiffres indiqués par les aiguilles.

Les chiffres qui tournent en haut du compteur indiquent le nombre de mètres cubes qui sont passés à travers le compteur

Les 3 cadrans, avec les aiguilles rouges, situés en bas à droite du compteur, représentent respectivement de la gauche vers la droite :

- x 0,1 : les centaines de litres
- x 0,01 : les dizaines de litres
- x 0,001 : les litres

Quelle valeur noter lorsque l'aiguille est entre 2 chiffres : toujours noter le chiffre qui a été dépassé par l'aiguille, même si l'autre chiffre est plus proche de l'aiguille.

Relevé de l'index du  
compteur ci dessus :  
**0,947 m<sup>3</sup>**

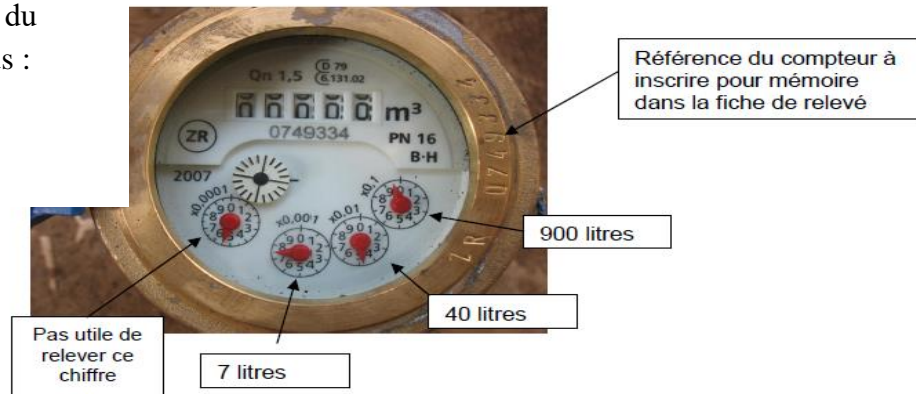


Figure .11. Relevé du compteur d'eau

#### 2.4.3.4. Les relevés de compteurs

- Pour le suivi de la consommation, il suffit de relever uniquement les m<sup>3</sup>, il n'est pas nécessaire de relever les dixièmes et centièmes de litre indiqués par les aiguilles
- Il est important de relever tous les compteurs d'un même réseau en l'espace de 24h ou 48 h maximum pour que les chiffres soient comparables entre eux, et qu'il soit possible de calculer les rendements du réseau sinon les calculs seront faussés
- Il est préférable de toujours relever les compteurs dans le même ordre, ainsi les décalages se reporteront d'un mois sur l'autre ; ça permettra de limiter les décalages entre les volumes entrants et sortants.

#### 2.4.3.5. Changement de compteur

Lors du remplacement d'un compteur cassé ou hors d'usage, il est important de noter sur la facture de l'abonné (par exemple en remarque en bas de la facture), en présence de l'abonné et avec signature de l'abonné : l'index de l'ancien compteur et l'index du nouveau compteur, afin de pouvoir calculer précisément la consommation.

#### 2.4.4. Entretien du réseau

Pour qu'un système d'adduction d'eau fonctionne correctement il est important qu'il soit entretenu régulièrement. Il existe trois types d'entretien :

##### 2.4.4.1. L'entretien préventif

Il permet de s'assurer que les structures et installations d'eau ne tombent pas en panne. Par exemple, en cas de pluie, il peut être utile de fermer la vanne d'entrée

du réservoir pour éviter que de la boue y entre (lorsqu'il n'y a pas de décanteur en amont du réservoir).

#### 2.4.4.2.L'entretien correctif

Il intervient lorsqu'il y a un problème au niveau de la production ou du réseau, par exemple lorsqu'on répare une petite fuite d'eau avant que celle ci ne s'aggrave. Ca permet d'éviter que le dégât ne prenne des proportions importantes.

#### 2.4.4.3.L'entretien d'urgence

Celui-ci vise à rétablir le Service de l'eau lors d'un arrêt total de la distribution; cette situation survient surtout en cas d'absence d'entretien préventif ou lors de rupture de canalisation.

#### 2.4.4.4.Cahier de suivi des activités :

Ce cahier sert à noter toutes les interventions faites sur le réseau. Il peut comporter les 3 colonnes de l'exemple suivant :

Tableau.7. Cahier de suivi d'intervention-Réseau d'AEP (exemple)

<i>Date</i>	<i>Lieu de l'intervention (Branche + lieu précis)</i>	<i>Description détaillée de l'intervention</i>
21/08/2011	05 Juillet, Djelfa	Réparation d'une fuite sur un collier de prise en charge de la distribution, PEHD, Ø 25
23/08/2011	Réservoir Chibout	Vidange, nettoyage, chloration et purge du réseau
25/08/2011	Cité Elqoweit bloc145	Relevés des compteurs, facturation et collecte

Toutes les activités de gestion du réseau, techniques ou financières, doivent être notées dans ce cahier.

Comme l'exploitant doit rendre compte de son travail, ce cahier lui servira de rapport technique. Il pourra le présenter même aux abonnés lors du bilan public.

Ce cahier aidera aussi l'exploitant à connaître les faiblesses du réseau. Par exemple, si des problèmes apparaissent plus souvent sur une des branches du réseau, il le verra facilement en regardant l'historique des interventions réalisées.

#### 2.4.4.5.Identification des fuites :

- **Suivi des relevés de compteur** : si il y a une grosse augmentation de consommation au niveau d'un compteur cela peut être dû à une fuite quand il n'y a pas eu de consommation exceptionnelle (ex : vidange).

Le suivi de la moyenne journalière de la consommation permet d'identifier les surconsommations, et par conséquent des fuites potentielles.

- **Observation et suivi du réseau** : si il y a des flaques d'eau anormales ou des traces d'humidités du sol qui persiste

- **Recherche de fuite** : A faire la nuit lorsqu'il n'y a pas de consommation.

1. mettre une personne au niveau du compteur en tête de branche
2. une autre personne qui va progressivement fermer les vannes de la branche les unes après les autres. Lorsque la vanne fermée va isoler la fuite, la personne qui suit le compteur d'entrée de la branche constatera un ralentissement du débit entrant dans la branche.

L'indication du compteur peut être confirmée par le bruit de la vanne. En rouvrant la vanne, s'il y a un fort sifflement cela indique que la fuite est en aval de la vanne.

#### 2.4.5. Le plan et l'inventaire du réseau

Le plan du réseau est indispensable pour suivre et entretenir le réseau. Par exemple, lorsqu'une fuite est identifiée, le plan permet de connaître le diamètre du tuyau ou des accessoires qui fuient. Il est donc possible d'aller chercher le matériel nécessaire à la réparation sans déterrer le tuyau, ce qui permet de gagner du temps.

Le plan est la mémoire du réseau, par exemple pour retrouver là où il passe s'il y a besoin de faire une extension. Si l'exploitant doit partir brusquement et n'a pas le temps de former quelqu'un, cette nouvelle personne pourra s'appuyer sur les documents écrits. Donc il est nécessaire d'actualiser le plan du réseau lorsqu'il y a une modification ; ex : installation d'une extension, ajout d'une vanne, changement d'un diamètre de tuyau.

Lorsque des travaux sont réalisés, il est utile de mettre des bornes en béton ou en pierre pour repérer les jonctions des tuyaux, où les points importants du réseau (là il y a des risques de fuites, là où le tuyau change de direction...), ainsi que les vannes afin de facilement savoir où passe le tuyau, et plus facilement retrouver ces points du réseau.

En complément du plan, l'inventaire du réseau permet d'avoir la liste de tous les éléments constitutifs du réseau. Cet inventaire permet à l'Etat d'avoir une description détaillé du patrimoine à gérer.

### 2.4.6. Suivi de la qualité de l'eau

Les principaux paramètres à suivre régulièrement au niveau de la qualité de l'eau sont :

✓ **La turbidité** : mesure la clarté de l'eau ; plus l'eau est trouble, plus l'eau est chargée en particules. Ces particules vont salir le réseau, peuvent endommager les compteurs, et sont source de contamination bactériologique.

✓ **Le chlore résiduel** : lorsque l'eau est traitée avec un produit chloré, le chlore résiduel correspond à la quantité de chlore actif qui reste présent dans l'eau après 30 min de temps de réaction entre l'eau et le chlore injecté. Le chlore résiduel assure une protection de l'eau contre l'entrée de microbe dans l'eau, mais ce chlore disparaît progressivement en fonction de la distance parcourue, du temps et de la matière organique présente dans l'eau ; donc il y a en général peu de chlore résiduel en bout de réseau.

✓ **La bactériologie** : cette mesure permet d'identifier si il y a un risque de présence de microbes dans l'eau ; l'indicateur utilisé est généralement le Coliforme thermotolérant.

D'après le code des eaux, si l'eau contient des organismes parasites ou pathogènes, elle ne peut pas être considérée comme potable.

### 2.4.7. Suivi du système de pompage

Un système de pompage a besoin d'énergie qui peut être fournie par le réseau électrique, un groupe électrogène ou des panneaux solaires.

Le fonctionnement d'un système de pompage augmente de manière importante l'investissement qui doit être réalisé et le prix de revient de l'eau est plus élevé étant donné le prix de l'énergie, de l'entretien mécanique, des matériels installés et le renouvellement des équipements.

Le système de pompage est indispensable pour produire l'eau nécessaire aux habitants. Par conséquent il est très important de le suivre pour veiller à sa pérennité. Sur ce type d'installation, la maintenance préventive est capitale.

Les principaux indicateurs à suivre sont les suivants :

**2.4.7.1. Débit horaire = Volume produit (m<sup>3</sup>) / Temps de marche de la pompe (h)**

Le débit horaire est représentatif de la productivité de la pompe. Si la hauteur d'eau au dessus de la pompe ne varie pas, le débit horaire doit rester constant d'un mois sur l'autre.

Si le débit horaire varie d'un mois sur l'autre, cela peut indiquer un dysfonctionnement du système de pompage, soit au niveau de la source d'énergie, soit au niveau de la pompe.

Dans ce cas il faut faire appel aux personnes compétentes pour diagnostiquer le problème et trouver une solution avant que ça ne soit trop grave. L'importance de la variation est souvent proportionnelle à l'importance du problème. Si après quelques années de fonctionnement, le débit horaire baisse légèrement mois après mois, cela peut être lié à l'usure normale.

#### **2.4.7.2. Rendement électrique de la pompe = Energie consommée (kWh) / Volume produit (m<sup>3</sup>)**

Si la pompe est alimentée par un réseau électrique, la quantité d'électricité consommée par le pompage est proportionnelle à la quantité d'eau produite. Donc le rendement électrique de la pompe doit être stable dans le temps, mois après mois.

Comme précédemment, si le rendement varie, cela peut indiquer un dysfonctionnement du système de pompage, soit au niveau du système électrique, soit au niveau de la pompe.

Dans ce cas il faut faire appel aux personnes compétentes pour diagnostiquer le problème et trouver une solution avant que ça ne soit trop grave. En général, une augmentation du rendement électrique correspond à une baisse de puissance de la pompe.

#### **2.4.7.3. Consommation horaire du groupe = Litre de gasoil (l) / nbre d'heure de fonctionnement (h)**

La consommation horaire du groupe est représentative du bon fonctionnement et de l'usure mécanique du groupe. Il augmente lorsque la mécanique du groupe faiblit. En cas de consommation anormale, il est nécessaire de faire appel à un électromécanicien pour régler le problème.

#### **2.4.7.4. Rendement du groupe électrogène = Litre de gasoil (l) / Volume produit (m<sup>3</sup>).**



Comme le rendement électrique, le rendement du groupe électrogène permet de détecter un dysfonctionnement du système de pompage : soit du groupe, soit de la pompe.

Par ailleurs, les rendements ( $\text{kWh/m}^3$  ou  $\text{L/m}^3$ ) participent au calcul du coût de revient de l'eau. Le rendement permet de connaître directement le coût de l'énergie nécessaire pour produire  $1\text{m}^3$  d'eau.

## **2.5. Techniques d'exploitation des réseaux d'assainissement**

### **2.5.1. Composition d'un réseau d'assainissement:**

L'infrastructure du réseau d'assainissement comprend l'ensemble des collecteurs, des regards de visite et des ouvrages spéciaux qui, afin d'assurer leurs bons fonctionnements, doivent être contrôlés et entretenus de manière à intervenir dans des délais qui correspondent aux exigences.

La législation souligne la nécessité de procéder à l'entretien des réseaux afin d'atteindre les objectifs de protection de l'environnement notamment.

### **2.5.2. Directives techniques pour l'exploitation**

#### **2.5.2.1. Canalisations**

##### **2.5.2.1.1. Problèmes possibles**

Les problèmes pouvant être rencontrés sont des dépôts en tout genre, des concrétions calcaires et autres, des accumulations de graisse, des pénétrations de racines, ainsi que des infiltrations et exfiltrations dues à des problèmes constructifs.

##### **2.5.2.1.2. Tâches d'entretien et d'exploitation**

Elles sont déterminées en fonction des constats effectués au moyen des inspections par les regards de visite ou par l'inspection par caméra.

##### **2.5.2.1.3. Programme général d'exploitation**

Indépendamment de la base de la périodicité des tâches d'exploitation, il y a lieu de citer d'autres critères déterminants, par exemple :

- ✓ L'état du collecteur, le type de matériaux des tuyaux ainsi que la qualité d'exécution ;
- ✓ L'âge du collecteur et sa section ;
- ✓ La situation du collecteur dans des zones de protection des eaux ;
- ✓ Le réseau est totalement en séparatif ;



- ✓ Le potentiel d'encrassement lié à la nature des eaux collectées.
- ✓ L'évaluation est effectuée pour chaque secteur en fonction notamment des raccordements de petits réseaux sur le principal.

#### **2.5.2.1.4. Contrôle visuel des collecteurs**

Le contrôle visuel de l'écoulement s'effectue depuis la partie supérieure du regard de visite après avoir ouvert le couvercle.

#### **2.5.2.1.5. Curage**

Le curage est divisé en fonction de secteurs caractéristiques qui sont équilibrés et coordonnés avec les inspections par caméra vidéo.

Les protocoles sont établis par l'entreprise spécialisée conformément aux instructions de l'exploitant. Sont mentionnés notamment le n° du regard, le matériel utilisé, son degré de salissure et la nature des matériaux extraits.

L'exploitant possède un cahier de « curage » détaillé des différents lots et secteurs du réseau, qu'il peut utiliser de suite. Les distances entre regards, diamètre et nature des tuyaux y figurent.

#### **2.5.2.1.6. Inspections par caméra**

Le plan d'inspection TV doit être précédé d'un curage préalable. Toutefois, lors de la détection de problèmes particuliers, l'exploitant peut décider de visionner - sans curage - de manière à détecter l'origine du problème et faciliter ainsi les moyens à utiliser pour le résoudre.

L'entreprise spécialisée remet un rapport d'inspection dont le contenu doit répondre aux normes. Un DVD est joint au rapport papier détaillé.

Comme pour le curage, l'exploitant possède un cahier « inspection-caméra » des différents lots et secteurs du réseau qu'il peut utiliser de suite. Les distances entre regards, diamètre et nature des tuyaux y figurent.

### **2.5.2.2. Regards de visite**

#### **2.5.2.2.1. Problèmes possibles**

Les problèmes qui peuvent se présenter sont par exemple :

- ✓ Couvertures en mauvais état ou non réglés à la surface attenante ;
- ✓ Revêtement de surface autour du plateau détérioré ;
- ✓ Accès au regard, coulis de bitume autour du bouchon, matériaux entreposés sur le regard ;

✓ Mauvais état du fût en béton, infiltration, dépôt au radier.

#### **2.5.2.2.2. Tâches d'entretien et d'exploitation**

Indépendamment du contrôle visuel, les dégagements des regards sont effectués de suite et les travaux à effectuer sont mentionnés sur la fiche.

#### **2.5.2.2.3. Intervalles**

Les regards avec confluence de canalisations font l'objet d'une attention particulière et les contrôles seront plus fréquents.

#### **2.5.2.2.4. Remarques particulières**

Les problèmes rencontrés sont en général de nature constructive. L'exploitant informe le propriétaire afin qu'il décide des mesures nécessaires à prendre.

*Chapitre 03 :*  
*Paramètres hydrauliques des écoulements*

### 3.1. Introduction

Un indicateur permet de mesurer et piloter un processus ou un système par rapport à un objectif. Prendre des décisions et des actions correctives pour atteindre les objectifs et les améliorations tracés. « *Si vous ne pouvez pas mesurer quelque chose, comment savez-vous que vous l'avez amélioré* »

### 3.2. Fiabilité des Réseaux

#### 3.2.1. Indices de fiabilités hydrauliques

##### 3.2.1.1. Indice de criticité hydraulique

Cet indice permet de comparer la quantité d'eau desservie dans l'ensemble du réseau avant et après l'indisponibilité d'une conduite donnée. Afin de calculer l'Indice de Criticité Hydraulique (ICH) d'une conduite  $i$ , il est nécessaire de calculer les pressions et les demandes aux niveaux de tous les nœuds de

$$ICH_j = \frac{\sum_{\text{Noeuds } i} (Demande_i - Consommation_i)}{\sum_{\text{Noeuds } i} Demande}$$

consommation en fonction des paliers susmentionnés :

##### 3.2.1.2. Indice de déficience aux nœuds

Cet indice (IDN) traduit l'impact de l'indisponibilité d'une conduite donnée sur la desserte en eau des abonnés. Il permet de recenser l'ensemble des nœuds de consommation où la desserte n'est pas assurée. On suppose qu'au-dessous d'une certaine pression inférieure à  $P$  (Inf  $P$ ) la desserte en eau n'est plus assurée. Pour chaque conduite élaguée, un calcul de pression est effectué à l'aide de Epanet 2, puis une comparaison avec la pression Inf  $P$  est effectuée. Si la pression mesurée aux nœuds de consommation est inférieure à la pression, alors le nœud considéré ne sera pas desservi tant que la conduite est indisponible. Cette procédure permet d'identifier l'ensemble des nœuds non

$$IDN_i = \frac{\text{Nombre de nœuds non desservis}}{\text{Nombre total de nœuds constituant le réseau}}$$

desservis. Une fois ces nœuds identifiés, pour chaque conduite élaguée nous calculons le rapport entre le nombre de nœuds non desservis et le nombre de nœuds total constituant le réseau. Le calcul se fait comme suit :

#### 3.2.2. Le rendement

Le rendement de réseau est un indicateur simple et très utilisé qui permet d'apprécier la qualité d'un réseau. Il représente le rapport entre la quantité d'eau

utilisée par les abonnés et la quantité d'eau introduite dans le réseau. Il existe de nombreuses définitions du rendement qui dépendent des volumes pris en compte pour son calcul. Dans notre analyse, il s'agit plus précisément du rendement dit primaire. Pour un service de distribution, l'essentiel est de définir précisément les termes utilisés et d'en suivre l'évolution d'une année sur l'autre.

### 3.2.2.1. Rendement primaire

Le rendement primaire (RP) est le rendement le plus simple à calculer, il ne tient pas compte des volumes utilisés non comptabilisés.

$$RP = \frac{\text{Volume d'eau consommé par les abonnés}}{\text{Volume mis en distribution}}$$

### 3.2.2.2. Rendement net

Le rendement net (RN) est le rendement, parfois appelé rendement technique, traduit bien la notion d'efficacité du réseau, puisqu'il compare la totalité de l'eau utilisée avec celle introduite dans le réseau. Pour le calcul du

$$RN = \frac{\text{Volume d'eau consommé comptabilisé}}{\text{Volume mis en distribution}} * 100$$

volume consommé, il faut additionner le volume consommé comptabilisé et le volume consommé non comptabilisé.

### 3.2.2.3. L'indice linéaire de perte des réseaux d'eau potable

Le rendement n'étant pas un indicateur toujours pertinent pour apprécier l'état d'un réseau, l'analyse peut être confortée par le calcul de l'Indice Linéaire de Perte (ILP).

L'ILP permet de mesurer les volumes d'eau perdus par jour pour 1 Km de

$$ILP = \frac{\text{Volume des pertes}}{\text{Longueur des conduites hors branchement}}$$

réseau.

### 3.2.2.4. L'indice linéaire de perte primaire

On ne tient pas compte des volumes utilisés non comptabilisés.

$$ILP_{\text{primaire}} = \frac{\text{Volume annuel mis en distribution} - \text{volume annuel comptabilisé}}{\text{Linéaire de réseau} * 365}$$

### 3.2.2.5. L'indice linéaire de perte net

$$ILP_{\text{net}} = \frac{\text{Volume annuel mis en distribution} - \text{volume annuel consommé}}{\text{Linéaire de réseau} * 365}$$

### 3.2.2.6. Indice linéaire de consommation

$$ILC = \frac{\text{Volume consommé}}{\text{Longueur des conduites hors branchement}}$$

### 3.2.2.7. Indice linéaire de production

$$ILP = \frac{\text{Volume produit}}{\text{Longueur des conduites hors branchement}}$$

Un réseau d'eau est considéré comme fiable si son rendement est élevé et vice versa. L'augmentation du rendement d'un réseau passe obligatoirement par la réparation des fuites et dans le cas échéant par sa réhabilitation.

En fin la recherche des fuites semble une étape essentielle dans la maintenance des réseaux.

## 3.3. Méthodes et techniques de détection des fuites dans les réseaux d'eau potable

Au cours de cette dernière décennie, les méthodes de détections des fuites d'eau ont été passablement modifiées, d'une part grâce à l'apparition de nouveaux appareils et, d'autres parts, par le choix des techniques qui réduisent la part de travail de nuit qui entraînait des frais élevés du personnel.

### 3.3.1. La technique du gaz traceur

Cette technique consiste à injecter dans une partie isolée d'une conduite un gaz non toxique, plus léger que l'air et insoluble dans l'eau (l'hydrogène). Le gaz s'échappe par l'ouverture de la fuite, puis atteint la surface en s'infiltrant à travers le sol et la chaussée. On repère la fuite en balayant la surface du sol située juste au-dessus de la conduite au moyen d'un détecteur de gaz très sensible.

### 3.3.2. La thermographie

Le principe d'utilisation de la thermographie pour la détection des fuites est quand l'eau échappe d'une conduite souterraine. Cette eau modifie les caractéristiques thermiques du sol environnant (création d'une zone d'adsorption thermique plus efficace que le sol sec environnant). Les anomalies thermiques produites au-dessus de la conduite sont décelées par des caméras infrarouges portatives.

### 3.3.3. Le géo radar

Les radars permettent de repérer les fuites de deux façons.

- Ils détectent les vides créés dans le sol par l'eau qui fuit et circule autour de la conduite.
- Ils détectent les segments des conduites qui semblent plus profonds qui sont à cause de l'augmentation de la valeur de la constante diélectrique du sol gorgé d'eau, aux alentours de la fuite. Les ondes du géo radar sont partiellement réfléchies vers la surface du sol lorsqu'elles rencontrent une anomalie dans les propriétés diélectriques (un vide ou une conduite). En balayant la surface du sol, on obtient la taille et la forme de l'objet sur l'écran du radar.

### 3.3.4. Méthode acoustique

La méthode acoustique de contrôle des pertes est une technique d'auscultation simple, ne demandant qu'un appareillage réduite. Cette technique exige cependant beaucoup d'expérience et une oreille exercée de la part de l'opérateur.

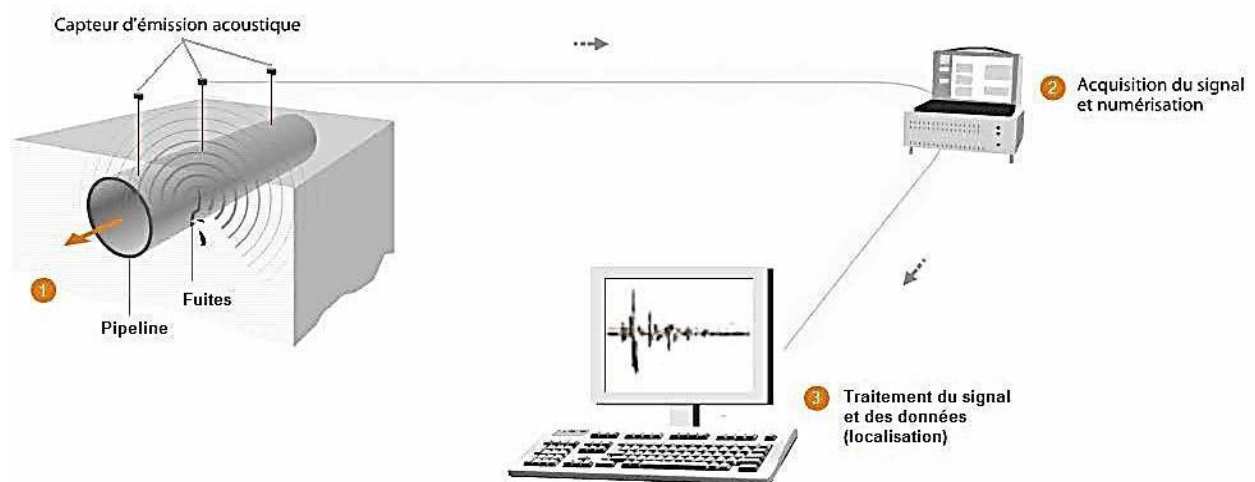


Figure.12. Principe de la détection des fuites

La technique est utilisée avec succès dans les zones comprenant beaucoup de branchements et de vannes. Toutes les pertes ne peuvent toutefois pas être décelées en raison du très grand nombre de possibilités de fuites. Une fuite peut également être « masquée » par le bruit d'une autre fuite. Cette méthode est applicable à tous les réseaux métalliques. Elle est plus particulièrement recommandée pour les réseaux dont la pression de service est supérieure à 3 bars.

### 3.3.5. Quantifications

La méthode de quantification, nécessite l'utilisation d'un camion de diagnostic équipé de matériels et appel à un travail de sectorisation. Son principe est basé sur l'enregistrement des variations des débits et des pressions sur un tronçon ou un secteur, alimenté uniquement à travers le camion de diagnostic, et parfaitement isolé du reste du réseau. Le travail s'effectue dans une tranche horaire comprise entre minuit et cinq heures du matin. La condition principale d'application de la méthode est que le réseau soit ramifié. Tout réseau maillé peut être transformé en réseau ramifié par une fermeture successive des vannes, pour isoler les tronçons un à un.

#### 3.3.5.1. Les appareils d'auscultation :

Ce sont des tiges d'écoute ; des aquaphones et des géophones, ou microphones au sol. Ces appareils sont soit mécaniques, soit électroniques. Ils utilisent des mécanismes ou des matériaux sensibles (comme les éléments piézoélectriques) pour capter les vibrations ou les bruits émis par les fuites. Les appareils électroniques modernes sont munis d'amplificateurs de signaux et de filtres antiparasites pour mettre en relief le signal produit par la fuite. Le mode d'emploi des appareils d'auscultation est généralement simple mais leur efficacité dépend de l'expérience de l'opérateur.

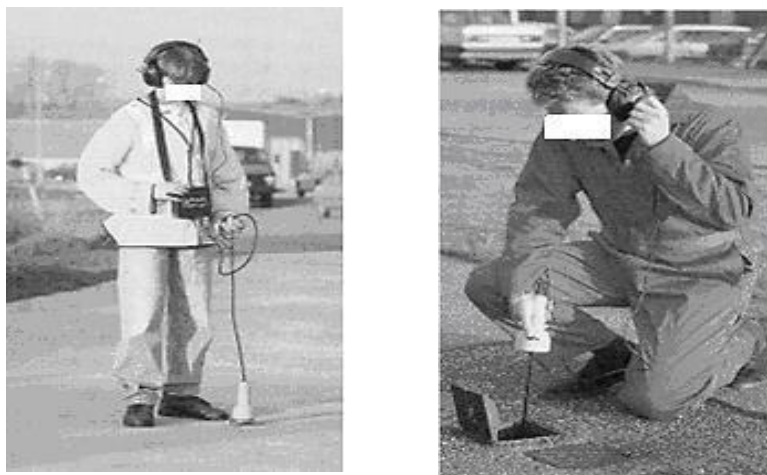


Figure.13. Appareils d'auscultation ; les tiges d'écoute (à gauche) et microphones (à droite)

#### 3.3.5.2. La corrélation acoustique

L'objectif de la corrélation acoustique est de déterminer avec précision la position exacte d'une fuite. Le corrélateur utilise comme principe la



ressemblance entre deux signaux résultant du bruit de fuite. Il détermine alors la différence des temps de propagation du bruit grâce à deux capteurs placés aux deux extrémités de la canalisation, ce qui permet de localiser la fuite.

### 3.3.5.3. Les corrélateurs de bruits de fuites

Ce sont des appareils portatifs à microprocesseurs qui repèrent précisément et automatiquement les fuites par la méthode de la corrélation croisée. On mesure dans ce cas le signal acoustique émis par une fuite au moyen de capteurs de vibrations ou d'hydrophones disposés sur deux points de contact avec la conduite (généralement des bouches d'incendie ou des vannes), ce qui permet de déterminer l'emplacement de la fuite présumée.

Les signaux produits par les fuites sont transmis, sans fil, des capteurs au corrélateur. Dans la plupart des cas, la fuite ne se trouve pas à égale distance des points de mesure.

Temps mis par le signal 1 pour arriver :  $T_1 = \frac{L_1}{V}$

Où  $V$  représente la vitesse de propagation du son dans la conduite. Le temps mis

$$T_2 = \frac{L_2}{V}$$

par le signal 2 afin d'arriver est :

Décalage du signal 2 par rapport au signal 1 :

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \frac{L_2 - L_1}{V}$$

$$L_2 = D - L_1$$

$$\Delta T = \frac{D - 2L_1}{V}$$

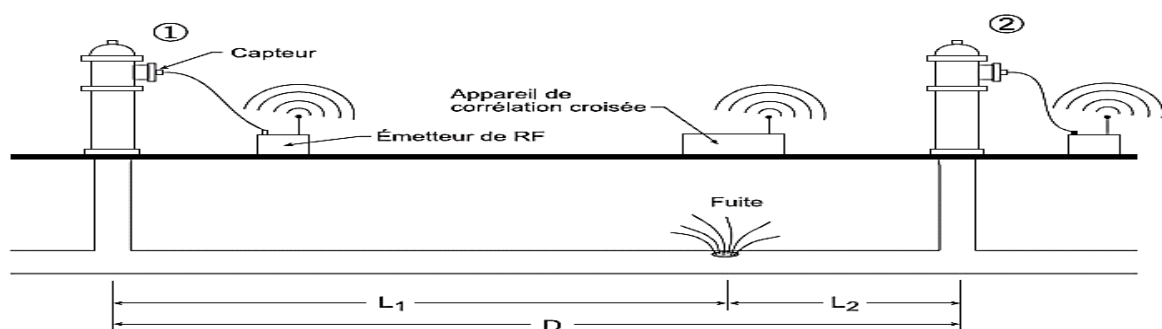


Figure.14. La corrélation par bruit des fuites

*Chapitre 04 :*  
*Contrôle De Pollution*

### 4.1.Introduction

Les eaux potables sont toutes les eaux qui, soit en l'état, soit après traitement, sont destinées à la boisson, à la cuisson, à la préparation d'aliments ou à d'autres usages domestiques, qu'elles soient fournies par un réseau de distribution, à partir d'un camion-citerne, en bouteilles ou en conteneurs, y compris les eaux de source.

### 4.2.Caractéristiques

L'eau est inodore, incolore et sans saveur. Elle présente la propriété de s'évaporer en présence de chaleur et de se condenser en présence de froid. Cette propriété lui permet de passer d'un état à l'autre (gazeux, liquide et solide).

A température ambiante, l'eau se retrouve à l'état liquide. Sa densité étant plus élevée que celle de l'air, elle se déplace du haut vers le bas. Le réchauffement du climat provoque l'évaporation des étendues d'eau superficielles et l'évaporation des végétaux. L'eau est ainsi à l'état gazeux et s'élève dans l'air car la vapeur d'eau a une densité plus faible que celle de l'air. Le passage dans les régions froides de l'atmosphère condense la vapeur en liquide. De même le liquide est condensé en solide (les glaciers, la grêle, la neige).

Elle s'infiltre dans tous les espaces, traverse les éléments solides perméables et prend la forme du récipient dans lequel on la contient. Elle a la particularité de dissoudre des éléments jusqu'à un point de saturation. Cette particularité permet le lessivage et c'est ainsi que de nombreuses particules sont acheminées par l'eau et rejoignent toutes les étendues d'eau aussi bien superficielles que souterraines.

Ainsi l'eau à l'état pur ou  $H_2O$ , n'existe pas naturellement. L'eau entraîne sur son passage des éléments dont elle se charge pour constituer des eaux minérales de différentes natures. Nous retrouvons les eaux soufrées riches en soufre ou d'autres plus riches en magnésium par exemple.

Toutes ces caractéristiques contribuent au maintien de la vie et au renouvellement des ressources hydriques par le cycle de l'eau.

### 4.3.Les ressources en eau

Il existe principalement deux types de ressources naturelles hydriques :

- Les eaux superficielles que sont les cours d'eau, les lacs, les étangs, les mers. Elles sont exploitées par barrages au niveau des cours d'eau

- Les eaux souterraines que sont les sources appelées aussi rivières souterraines et les nappes phréatiques.

Il existe d'autres ressources dites non conventionnelles telles que:

- Les eaux de mers et les eaux saumâtres
- Les eaux usées.

#### **4.4. Usage de l'eau**

L'eau est un élément nécessaire à la vie. Elle est un élément indispensable au développement et l'histoire nous montre que les plus grandes civilisations se sont édifiées au bord des cours d'eau.

Avec le développement des technologies et les besoins croissants de l'Homme, diverses utilisations sont faites de cette ressource :

##### **4.4.1. Usage domestique**

On estime à 120 l/J 0 220L/J les besoins en eau de l'homme. 12l/j pour la consommation humaine, 40l/j pour l'hygiène corporelle, de 75l à 155l/J pour l'entretien des foyers (nettoyage et vaisselles)

##### **4.4.2. Usage industriel**

A titre d'exemple citons qu'il faut :

- 30 à 40 l pour 1 Kg de ciment sec
- 10 à 20 l d'eau pour 1 litre d'essence.
- 80 à 120 l d'eau pour 1 Kg de sucre
- 200 à 300 l d'eau pour un Kg de papier

Nous estimons que l'industrie consomme 23% des ressources d'eau douce.

##### **4.4.3. Usage agricole**

À l'échelle mondiale, l'agriculture utilise 70% des ressources d'eau douce.

##### **4.4.4. Usage pour l'urbanisation**

Le secteur du bâtiment est aussi consommateur d'eau. Généralement cette ressource n'est pas comptabilisée dans les coûts des constructions.

#### **4.5. Causes de la rareté de l'eau**

Indispensable à la vie, l'eau douce est en train de devenir un bien rare et précieux. Aussi, la lutte contre la pollution et le gaspillage, le changement de

modèle agricole deviennent-ils des impératifs majeurs. Dans notre pays, l'eau s'est raréfié en raison du climat, mais d'autres facteurs y ont contribué :

#### **4.5.1. La surexploitation :**

Pendant longtemps l'exploitation de cette ressource s'est faite sans aucune planification ce qui a poussé à un usage excessif.

Le gaspillage : par définition cela implique tout écoulement d'eau non justifié tel que les robinets ouverts, les fuites dans les foyers, les industries et dans le réseau urbain. Ainsi un robinet qui fuit lentement c'est 2 à 90 m<sup>3</sup>/an, une déchirure dans un branchement c'est une perte de 100 m<sup>3</sup>/an. Une mauvaise méthode d'irrigation c'est une perte en eau de 100 à des milliers de m<sup>3</sup>/an.

#### **4.5.2. Environnement**

La ressource en eau se raréfie en raison d'une consommation croissante et de la dégradation de l'environnement (rejets industriels, pollution chimique, eaux usées). L'agriculture doit encore faire sa révolution environnementale et considérablement freiner les rejets de nitrates et de pesticides.

La présence de nitrates est due à un excès d'engrais azotés, ainsi qu'à diverses autres causes : décomposition de matière organique, urine des animaux... Ces nitrates, emportés par la pluie, polluent les nappes phréatiques. Autre fléau, les pesticides. On les retrouve dans les eaux de rivières, de pluie, les eaux souterraines. La contamination des nappes souterraines est le signe d'une dégradation profonde.

#### **4.5.3. Le déboisement et la dégradation du paysage naturel :**

Les forêts et boisement ont pour utilité la production d'oxygène par la photosynthèse et l'adoucissement du climat. Les forêts sont des ressources pour l'industrie du bois. Elles constituent un biotope (habitat) pour de nombreuses espèces animales qui sont aussi une ressource alimentaire pour l'homme. Mais elles ont surtout un rôle dans l'infiltration de l'eau dans le sol car elles agissent comme des amortisseurs pour les pluies torrentielles. Elles ont aussi un rôle dans le maintien du sol et empêchent l'érosion. Le déboisement massif contribue à l'érosion et à la perte de la nappe d'eau souterraine.

Les dunes sont une barrière pour le sel marin et servent à protéger la qualité de l'eau souterraine. L'enlèvement massif du sable a entraîné une remontée du sel et son infiltration dans les nappes souterraines. Ainsi l'agriculture côtière s'est trouvée menacée et a peu à peu diminué, pour disparaître de certaines régions.

#### 4.5.4. Les mauvaises techniques d'irrigation

L'irrigation avec excès apporte aussi du sel en excès qui s'accumule dans le sol et qui contribue à la perte de l'eau. Le sel attire l'eau de la nappe par capillarité qui s'évapore. Ainsi, le niveau de la nappe descend.

#### 4.6. Cause de la perte de la qualité de l'eau

Les rejets domestiques et industriels dans les cours d'eau affectent la qualité de cette ressource. Le dépôt des déchets au bord des cours d'eau favorise la contamination. Elle est générée par deux types d'eau usée : les eaux usées urbaines et les eaux usées industrielles.

##### 4.6.1. Les eaux usées urbaines

Elles proviennent des ménages. Elles sont constituées de matières organiques et de faible concentration de matières chimiques (essentiellement les détergents). Le rejet des eaux usées dans le milieu récepteur est une pratique ancestrale, mais actuellement avec l'augmentation de la charge de la pollution, les milieux naturels ne peuvent plus épurer les eaux usées.

##### 4.6.2. Les eaux usées industrielles

Qui elles-mêmes se subdivisent en deux catégories :

###### 4.6.2.1. Les eaux usées toxiques:

Provenant de l'industrie à forte utilisation de produits chimiques et toxiques (tannerie, aciérie, cimenteries etc...).

###### 4.6.2.2. Les eaux usées biodégradables:

Provenant de l'industrie agroalimentaire. Elles sont assimilées aux eaux usées urbaines. (Limonaderie, biscuiterie, textiles naturels, conserveries etc...)

Le rejet des eaux usées dans les milieux naturels tels que la mer, les lacs, les terres agricoles, a pour conséquence la perte des ressources en eau.

Les rejets atmosphériques sont aussi véhiculés par l'eau car ils se mélangent aux pluies qui en s'infiltrant dans les nappes ou les étendues d'eau contaminent ces ressources qui deviennent inutilisables.

Les eaux chargées de pollution arrivent au niveau des barrages et provoquent l'envasement.

Le cas des pollutions accidentelles doit être souligné. Avec la vétusté des réseaux d'assainissement, on observe souvent des cassures au niveau des conduites et les eaux usées se mélangent à l'eau potable.

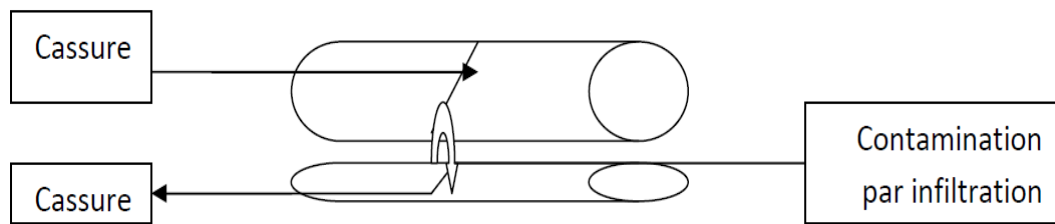


Figure.15. Contamination de l'eau potable par Infiltration des eaux usées

#### 4.7. Conséquences

Le manque d'eau incite les agriculteurs à utiliser des eaux usées brutes pour l'irrigation. Ce qui a pour effet de contaminer les cultures.

A cause de la pénurie d'eau, les ménages stockent cette ressource souvent dans des mauvaises conditions. Les maladies épidémiques se déclarent souvent ainsi.

La contamination des nappes et autres ressources par des bactéries, virus et matières chimiques porte atteinte à la santé publique. La consommation d'eau polluée par des produits chimiques ou toxiques provoque un empoisonnement. Des expériences sur des animaux de laboratoire ont montré des mutations génétiques dues à des contaminations. Nous pouvons prévoir ces effets à long terme sur les générations futures.

Le rejet en mer contamine la faune et flore marine. Deux effets sont alors observés. D'une part il y a diminution des ressources halieutiques et la production de la pêche diminue. D'autre part, les poissons sont contaminés et en les consommant, l'homme s'expose à des maladies.

La contamination de l'eau et sa rareté a des conséquences sur la santé publique.

##### 4.7.1. Les risques sanitaires :

La pollution de l'eau provoque différents types de maladies :

##### 4.7.1.1. Les maladies à transmission hydrique.

Elles sont provoquées par une contamination de l'eau potable par les eaux usées, à la suite de perforation des canalisations, aussi par la consommation des cultures irriguées par des eaux usées. L'eau et les cultures véhiculent des germes

pathogènes qui entraînent des maladies comme la fièvre typhoïde, le choléra etc. En Algérie, 4 principales maladies à transmission hydriques sont surveillées:

Tableau 08. Les maladies à transmission hydrique

Maladie	Fièvre typhoïde	Choléra	Hépatite viral	Dysenterie
Germe responsable	Salmonelle (eau, Viande avariée, œufs, poissons, produits laitiers)	Vibron cholérique (eau)	Virus (eau)	Amibe, un parasite retrouvé dans l'eau et les légumes (salade, tomates)

#### 4.7.1.2. Les maladies dermatologiques :

Le contact avec des eaux de baignade contaminées provoque des maladies de la peau qui peuvent être ensuite transmises à d'autres personnes par simple contact. La baignade dans des zones polluées met aussi en dangers le reste de la population. Le staphylocoque doré vit très bien dans l'eau salée. Il provoque de furoncles (gros boutons avec du pus). La personne malade est contagieuse si son pus est en contact avec une personne présentant une blessure ou des aliments. Une personne avec des furoncles ne doit pas manipuler de la nourriture destinée à d'autres personnes ou mettre des vêtements de quelqu'un d'autre.

#### 4.7.1.3. Les maladies non contagieuses :

La consommation d'une eau ou d'un aliment (légumes, viandes poisson) pollués par des matières chimiques (nitrates, nitrites) ou des métaux lourds (cadmium, plomb, mercure, zinc, chrome etc.) provoque des maladies telles que le cancer, les ulcères, les allergies, des troubles de croissance chez les enfants.

### 4.8. Protection de l'eau

Au vu de cet état, il est devenu indispensable de protéger cette ressource et le législateur a édité des textes en ce sens.

#### 4.8.1. Limitation et réglementation de son utilisation :

La réglementation précise que l'eau et du domaine public et que même en propriété, l'utilisation de cette ressource est soumise à autorisation. Elle impose une tarification.



### 4.8.2. Protection des ressources

Des périmètres de protection autour des captages doivent être élaborés pour interdire ou réglementer des installations. D'autres parts, l'établissement de cartes de vulnérabilité à la pollution est nécessaire afin de planifier des installations selon la nature du sol.

### 4.8.3. Surveillance de la pollution

Le gestionnaire chargé de distribuer l'eau est responsable de sa qualité : En ce sens des plannings de prélèvements et de contrôle de la qualité est établi en fonction de la nature de l'agglomération, de sa population, des ressources et des activités. Par exemple dans une zone où il y'a une forte activité industrielle et où la ressource risque une contamination, le contrôle doit être très fréquent (au moins 1/jour). Par contre dans une zone où l'activité industrielle est absente ou minime, et si la ressource est locale, c'est à dire que l'eau n'est pas amenée d'une autre région, on peut se limiter à des analyses peu fréquentes. Il est aussi tenu compte des saisons. En périodes de risques les contrôles sont fréquents et en périodes de non risque, ils sont espacés. Trois types de contrôle de qualité de l'eau sont indispensables pour qu'on puisse dire qu'une eau est potable : contrôle bactériologique et de désinfection, contrôle organoleptique et contrôle physico-chimique.

#### 4.8.3.1. Contrôle physico-chimique

Il consiste à mesurer les paramètres physiques (la température, et la turbidité) et les paramètres physico-chimiques (la conductivité, le pH, le potentiel redox, l'oxygène dissous etc..) pour avoir des informations sur les éléments qui constituent une eau.

##### 4.8.3.1.1. La température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau. La température doit être mesurée in situ. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement un thermomètre intégré.

##### 4.8.3.1.2. La conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux

électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. La procédure est facile, et permet d'obtenir une information très utile pour caractériser l'eau à 25°C :

1 Siemens (S) = 1000 millisiemens (mS) = 1000000 micro siemens ( $\mu$ S).

Tableau.09. Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité électrique

$\chi = 0.005 \mu\text{S/cm}$	eau déminéralisée
$10 < \chi < 80 \mu\text{S/cm}$	eau de pluie
$30 < \chi < 100 \mu\text{S/cm}$	eau peu minéralisée, domaine granitique
$300 < \chi < 500 \mu\text{S/cm}$	eau moyennement minéralisée, domaines des roches carbonatées (karst)
$500 < \chi < 1000 \mu\text{S/cm}$	eau très minéralisée, saumâtre ou saline
$\chi > 30000 \mu\text{S/cm}$	eau de mer

#### 4.8.3.1.3. Le PH

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions  $\text{H}^+$  de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14,7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau :

Tableau.10. Classification des eaux d'après leur PH

pH < 5	- acidité forte, pH <sub>coca cola</sub> = 3, pH <sub>jus d'orange</sub> = 5 - présence d'acide minéral ou organique dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	neutralité approchée, majorité des eaux de surfaces
5.5 < pH < 8	eaux souterraines
pH > 8	alcalinité

#### 4.8.3.1.4. La turbidité

Elle permet de préciser les informations visuelles de la couleur de l'eau. La turbidité est causée par les particules en suspension dans l'eau (débris

organiques, argiles, organismes microscopiques...). Elle se mesure sur le terrain à l'aide d'un tube plastique transparent.

Unités : 1 NTU (Nephelometric Turbidity Unit)

Les classes de turbidités usuelles sont les suivantes :

Tableau.11. Qualité des eaux en fonction de la turbidité

NTU < 5	eau incolore
5 < NTU < 30	eau légèrement colorée
NTU > 50	eau colorée
NTU > 200	eau de surface "Africaine"

#### 4.8.3.1.5. Oxygène dissous

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que la pression partielle d'oxygène dans le liquide et l'air soit en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau : la saturation en  $O_2$  diminue lorsque la température et l'altitude augmente.

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse.

#### 4.8.3.1.6. La dureté de l'eau :

La dureté de l'eau ou titre hydrotimétrique (TH). Sa mesure exprime la concentration en sels dissous de dureté et de magnésium. On distingue deux types de dureté : dureté permanente et dureté carbonatée qui se après l'ébullition de l'eau et qui correspond aux sulfates et chlorure de Mg et Ca. La dureté temporaire c'est la dureté provoquée par les hydrogénocarbonates des Ca et Mg.

#### 4.8.3.1.7. L'alcalinité :

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'ions hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates. Elle se détermine par acidimétrie et se caractérise par 2 paramètres.

Le Titre Alcalimétrique (TA) qui correspond à la première neutralisation des ions carbonates, c'est la mesure de la teneur en  $OH^-$  et  $CO_3^{2-}$ .

On considère que la réaction est terminée lorsque le pH du milieu a atteint

8,3. La quantité de protons nécessaire à la réalisation de cette réaction dans un litre d'eau est appelée le Titre Alcalimétrique. La quantité de protons nécessaire à la réalisation de cette réaction dans une litre d'eau appelée le titre alcalimétrique.

#### **4.8.3.2. Contrôle organoleptiques**

Ces paramètres concernent la couleur, la transparence, la saveur et l'odeur de l'eau. Cependant ces critères n'ont pas de valeur sanitaire directe. Une eau peut être trouble, colorée ou avoir une odeur particulière et néanmoins être consommable.

#### **4.8.3.3. Contrôle bactériologique**

Le contrôle bactériologique consiste à contrôler les bactéries coliformes totales, notamment les bactéries coliformes fécales ou Escherichia Coli, et les bactéries hétéro-trophes aérobies et anaérobies facultatives (BHAA). Il est important de noter qu'au moins 50 % des échantillons doivent être prélevés aux extrémités du système de distribution afin de mesurer les BHAA.

#### **4.8.4. Prévention de la pollution :**

La protection de l'eau implique l'épuration des rejets urbains et industriels avant leur déversement en milieu naturel. Pour chaque type d'eau usée, il existe un type de station d'épuration.

*Chapitre 05 :*  
*Diagnostic Des Systèmes Hydrauliques*

### 5.1.Introduction:

Le diagnostic de réseau a pour but de déceler les anomalies, les analyser et l'interpréter en but d'étudier le réseau d'assainissement. On doit donc décéder les origines des problèmes observés.

Le diagnostic est une étape préalable obligatoire à réaliser pour les travaux de réhabilitation.

Pour ce faire, différentes opération sont réalisées, puis confrontées entre elles :

- ✓ La recherche d'informations pour la connaissance du réseau et de son fonctionnement (visites, bibliographie, entretiens avec les exploitants...) ;
- ✓ La campagne de mesures de débit et de pollution pour approfondir et/ou compléter la connaissance ;
- ✓ Les études détaillées des secteurs problématiques ;

### 5.2.Diagnostic préalable du réseau:

La réussite d'un projet de restructuration d'un réseau d'eaux usées suppose:

- ✓ une maîtrise préalable des difficultés de fonctionnement et leurs causes.
- ✓ Identifier les défaillances qui font que le réseau ne joue pas de façon optimale son rôle qui est l'évacuation des eaux usées loin des concessions sans provoquer des problèmes à l'environnement.

### 5.3.Avantage du diagnostic :

Le diagnostic présente de nombreux avantages et les informations obtenues pour cette étude sont indispensables en vue de :

- Mieux connaître le fonctionnement réel du réseau afin d'optimiser le fonctionnement du système (réseau de collecte +station d'épuration).
- Envisager les actions ultérieures sur le réseau (travaux, méthodes de gestion) ;

### 5.4.Rôle du diagnostic :

- Hiérarchiser les réparations du réseau existant de la zone étudiée ;
- Proposer un programme de réhabilitation ;
- Préparer, en fonction des capacités de la collectivité, un programme de remise en conformité du système de collecte;
- Prévoir la gestion du système, afin de le maintenir en conformité ;

### 5.5. Phases principales d'une étude de diagnostic:

La démarche à suivre consiste à appliquer d'une manière plus ou moins fine, l'ensemble des techniques d'études disponibles, à travers une méthodologie dont les principales sont les suivantes :

#### 5.5.1. Consistance de diagnostic :

L'étude de diagnostic comprend :

- ✓ Le point de la connaissance physique du système d'assainissement,
- ✓ Une analyse du fonctionnement hydraulique des réseaux ;
- ✓ La détermination des flux polluants collectés et des flux rejetés directement dans le milieu naturel en temps sec d'une part, et en temps de pluie d'autre part ;
- ✓ Une évaluation quantitative de l'impact des rejets dans le milieu naturel ;

#### 5.5.2. Données de Base :

Plus les renseignements à disposition seront nombreux et précis, plus le diagnostic pourra être fiable. Pour cela on doit collecter toutes les données concernant ;

- ✓ L'historique du réseau ;
- ✓ La description des contraintes du site ;
- ✓ La nature des éléments constitutifs du réseau ;
- ✓ Les détails sur la géométrie de l'ouvrage ;
- ✓ Un état détaillé du réseau ;
- ✓ Anomalies de fonctionnement connus ;

#### 5.5.3. Méthodologie de diagnostic :

La méthodologie détaillée des investigations peut comporter cinq volets principaux :

- ✓ Recueil des données disponibles et interprétations :
  - Structure et plans des réseaux ;
  - Fonctionnement du système de collecte/épuration des eaux usées ;
- ✓ Mesures de volumes et de flux de pollution par bassins versants de collecte des eaux usées; Mesures de débit; Mesures de charges polluantes; Exploitation des enregistrements; Réseau de collecte des

eaux pluviales-branchements non conformes; Etude des rejets industriels; Evaluation de l'impact du système d'assainissement sur le milieu naturel ;

- ✓ Localisation précise des anomalies.
- ✓ Synthèse du diagnostic de la situation actuelle.
- ✓ Elaboration du schéma directeur d'assainissement:
  - Réseau de collecte et de transfert des eaux usées ;
  - Système d'assainissement global ;

#### **5.5.4. Présentation des conclusions de l'étude :**

- Un rapport complet présentant dans le détail les investigations effectuées au cours de l'étude ainsi que ses conclusions et propositions. Tous les rapports (plans, croquis, résultats de mesures, analyse...) sont joints ;
- Un rapport synthétique permettant de présenter au maître d'ouvrage les conclusions de l'étude et le programme chiffré de travaux qui en découle.

Cette phase d'étude représente un pas très important, car elle nous apporte les renseignements nécessaires de tout ce qui concerne le fonctionnement des réseaux et des ouvrages annexes.

#### **5.6.L'enquête de diagnostic :**

Le diagnostic est une phase très importante pour la restructuration d'un réseau des eaux usées. Il permet, à travers une analyse, de remarquer les difficultés auxquels le réseau est confronté.

L'étude diagnostique ponctuelle est certes un bon moyen de repérage des dysfonctionnements, mais l'instrumentation permanente des réseaux et de la station d'épuration reste un moyen d'alerte continu qu'il est nécessaire de considérer et de développer.

##### **5.6.1. Anomalies et Dysfonctionnements du réseau :**

Si on a une mauvaise évacuation des eaux dans les conduites qui fait que les propriétés hydrauliques ne sont pas vérifiées dans le réseau.

Dans ce cas nous constatons les problèmes suivants :

- ✓ Regards remplis des grains de sable ;



- ✓ Fermeture de trous de tampons pour certains regards;
- Dépôts importants de déchets solides dans les regards et ensablement des canalisations
- Exploitation défaillante par manque de moyens des services d'assainissement et de voirie des communes ;
- plusieurs regards immergés dans le sable ;

### 5.6.2. Démarches à entreprendre

Donc pour bien gérer le réseau, on doit passer par les étapes suivantes :

Organisation de l'entretien des réseaux, Connaissance du réseau ; Surveillance du réseau ; Travaux d'entretien courant ; Travaux spécifiques ; Détection des fuites ; Détection des eaux Parasitaires ; Operations de nettoyage ; Les risques liés aux travaux dans les réseaux d'assainissement ; Réhabilitation des réseaux ;

#### 5.6.2.1. Organisation et l'entretien des réseaux

L'organisation et l'entretien des réseaux doivent être fondés sur une parfaite connaissance du réseau dans tous ses éléments constitutifs et dans son fonctionnement.

#### 5.6.2.2. Connaissance du réseau

La première condition pour une exploitation rationnelle du système d'assainissement est de connaître :

- Le tracé exact de celui-ci.
- Toutes les caractéristiques hydrauliques (débit, vitesse...etc.).
- Toutes les caractéristiques topographiques (pente, côte...etc.).

#### 5.6.2.3. Surveillance du réseau d'assainissement :

- La sécurité du personnel.
- La maintenance du réseau.
- La protection du milieu urbain et de l'environnement.

#### 5.6.2.4. Travaux d'entretien courant

##### 5.6.2.4.1. Curages journaliers :

La solution idéale des curages journaliers des canalisations d'égout, afin d'éviter les dépôts de boue et les fermentations et de pouvoir envoyer l'effluent frais à la station d'épuration, consiste en l'occurrence en l'auto curage de celle-ci.

#### **5.6.2.4.2. Possibilité d'obturation**

Il peut y arriver que des travaux d'entretien courant nécessitent d'obturer, provisoirement, la canalisation. À cet effet, il peut être fait emploi des travaux d'étanchéités.

#### **5.6.2.4.3. Travaux périodiques divers**

Les travaux périodiques divers intéressants :

- Les canalisations ;
- La station de relevage.

#### **5.6.2.5. Travaux spécifiques :**

##### **5.6.2.5.1. Désodorisation**

Le réseau d'égouts est un milieu favorable à la formation de bactéries qui dégagent des mauvaises odeurs, pour y remédier il faut bien aérer le réseau ou injecter de l'oxygène liquide.

##### **5.6.2.5.2. Lutte contre la corrosion de l'H<sub>2</sub>S**

Les eaux d'égout du fait même de leur composition constituent un milieu favorable au développement bactérien, ce dernier étant du type soit aérobie (avec présence d'oxygène dissous) soit anaérobie (absence d'oxygène dissous).

La fermentation anaérobie est une cause de dégagement de mauvaises odeurs (hydrogène sulfuré) et de corrosion (action de l'acide sulfurique formé par l'oxygène biochimique des sulfures avec l'oxygène atmosphérique).

##### **5.6.2.6. Détection des fuites**

- Les fissures au niveau des collecteurs ou au niveau des regards.
- Les joints qui ne remplissent plus leur rôle.

##### **5.6.2.7. Détection des eaux parasites**

- Visites sur terrain et mesures instantanées ;
- Mesures en continu ;
- Control par injection de colorant ;

- Inspection télévisée (ITV) ;

#### **5.6.2.8. Operations de nettoyage**

Le nettoyage des canalisations d'égouts peut s'effectuer au moyen de l'eau sous pression de 1 à 4 bars, à l'aide d'engins comportant une citerne à eau (hydrocureur).

## Références bibliographiques

1. Rerau, "Restructuration des collecteurs visitables tome 1 et 2" Lavoisier Paris 2002 et 2004.
2. M. Satin et B. Selmi, "Guide technique de l'assainissement".
3. F. Valiron, "Gestion des eaux: Alimentation en eau – assainissement", 1989.
4. C. Maksimovic et J.A.Tejada- Cuibert, "Les nouvelles frontières de la gestion urbaines de l'eau", 2001.
5. Remini B., Hallouche W., 2003. Les barrages du Maghreb face au phénomène de l'envasement, Revue VECTEUR Environnement (Canada). Novembre, Vol 36 no 6, pp. 27-30.

**C**e manuel de base s'adresse aux étudiants de fin de cycle de Licence qui abordent la gestion des ressources hydriques et plus particulièrement des spécialistes en hydraulique et en sciences de l'eau qu'aux techniciens et ingénieurs confrontés à des problèmes de potentialité et des contraintes de gestion de la ressource en eau.

Ce document pédagogique a pour double objectif: d'une part, d'accompagner chaque étudiant dans une démarche scientifique d'apprentissage et d'acquisition de connaissances et d'autre part, d'initier une démarche originale favorisant la sensibilisation des étudiants quant à la gestion optimale de l'eau, dans un contexte de développement durable et mettre en place un état d'esprit et de conscience, qui leurs amène à acquérir des reflexes de vie et devenir ainsi, un acteur dans une société comme la notre .



**Salah KAREF**, est Maître de conférences (A) à l'université de Djelfa et membre du Laboratoire de Modélisation Optimisation et Simulation des Systèmes Complexes Réels, Université de Djelfa. Après avoir obtenu les diplômes d'Ingénieur d'Etat en Traitement des Eaux à l'UMBB de Boumerdes en 1993, de Magister en Sciences de l'eau et Développement Durable de l'UZA de Djelfa en 2012 et de Doctorat en Sciences en Hydraulique de l'ENP d'Alger en 2017, et en fin l'Habilitation Universitaire en 2019 de l'Université de Biskra, Dr. KAREF a entamé depuis 2013 une carrière d'enseignant en prenant à sa charge l'enseignement de plusieurs modules, particulièrement de Traitement et Epuration des Eaux, Traitement des eaux conventionnelles et non conventionnelles et de Gestion des Ressources hydriques.  
[s.karef@univ-djelfa.dz](mailto:s.karef@univ-djelfa.dz)