

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## **Mémoire de Master**

**Présenté à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma**

**Faculté des Sciences et de la Technologie**

**Département de : Génie Civil & Hydraulique**

**Filière : Hydraulique**

**Spécialité : Hydraulique Urbaine**

Présentée par :

**HARTEM NESSRINE**

---

---

**Thème : Etude des pertes d'eau dans les réseaux d'eau  
potable (cas réseau de la commune de Bendjerrah)**

---

---

**Sous la direction de : Mme DORBANI Meriem**

---

**Septembre 2020**

---



## Remerciements

*Au terme de cette étude, je tiens en premier lieu à remercier Dieu qui m'a facilité le travail et ma donné de la volonté, du courage et de la patience pour arriver à mener à bien ce travail.*

*Je tiens tout d'abord à exprimer mes remerciements les plus sincères à mon encadreuse Madame **DORBANI MERJEM**, pour m'avoir conseillée, encouragée et soutenue tout au long du mémoire avec patience et disponibilité, et pour la confiance qu'elle ma accordée « MERCI ».*

*Je tiens également à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'examiner mon travail.*

*Je voudrais remercier encore mes enseignants du département d'Hydraulique de l'université de Guelma, et mes collègues de la promotion Hydraulique 2015.*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, à tous ceux qui m'ont encouragé, merci.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A ma très chère mère « RATIBA » pour sa tendresse,  
son amour, ses sacrifices et son encouragement  
durant toute ma vie pour que je puisse réussir, que  
dieu me la garde.*

*A mes chères sœurs : RAHMA, NOUR, NIHEL*

*A mon frère : MOHAMED*

*A ma meilleure amie : Tahani*

*Et, à tous ceux qui m'ont aidé et encouragé tout au  
long de mes études.*

*Merci !*

*HARTEM Nessrine*

## Sommaire

Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Résumé	
Introduction	

### Chapitre I : Présentation des Réseaux d’Alimentation en Eau Potable

I-1-	Introduction.....	01
I-2-	Le système d’alimentation en eau potable.....	01
I-3-	Les ressources en eau.....	02
I-3-1-	Les eaux souterraines.....	02
I-3-2-	Captage des eaux souterraines.....	02
I-3-3-	Les eaux de surface.....	03
a-	La qualité des eaux de surface.....	03
b-	La quantité des eaux de surface.....	04
I-3-4-	Captage des eaux de surfaces.....	04
a-	Inconvénients.....	04
b-	Avantage.....	04
I-3-5-	Autres ressources.....	05
I-4-	Usine de traitement.....	06
I-5-	L’adduction.....	07
❖	Adduction gravitaire.....	07
❖	Adduction par refoulement.....	07
❖	Adduction mixte.....	08
I-6-	Accumulation (stockage).....	08
I-7-	Le réseau de distribution.....	09
I-7-1-	Type des réseaux de distribution.....	10
❖	Réseau ramifié.....	10
❖	Les réseaux maillés.....	11
❖	Réseau étagé.....	12
❖	Réseau à alimentations distinctes.....	13
I-7-2-	Structure du réseau de distribution.....	13
➤	Les conduites.....	13
➤	Les Pompes.....	13
➤	Les vannes.....	13
➤	Les nœuds.....	13
I-7-3	La pression dans le réseau.....	14
A-	Pression de service.....	14
B-	Valeurs de pression de service.....	14
I-8-	Problèmes pouvant être rencontrés dans un réseau d’AEP.....	15
I-9-	Gestion des réseaux.....	15
I-9-1-	Gestion classique.....	15
I-9-2-	Gestion informatisée des réseaux.....	16
I-10-	Conclusion.....	16

**Chapitre II : Dysfonctionnement, Défaillance, fiabilité des réseaux d'eau  
et problématique des fuites**

II-1-	Introduction.....	17
II-2-	Le Dysfonctionnement des réseaux d'eau.....	17
II-2-1-	Le Vieillissement d'un réseau d'eau.....	17
II-2-1-1-	Définition du vieillissement d'une conduite d'eau potable.....	17
II-2-1-2-	Mauvais fonctionnement hydraulique du réseau engendré par le vieillissement d'une conduite.....	18
❖	Chute de pression .....	18
❖	Fuites diffuses.....	18
❖	Ruptures.....	18
II-2-1-3-	Domages divers engendrés par le vieillissement d'une conduite.....	19
a-	Détérioration de la qualité d'eau.....	19
❖	Fuites diffuses.....	19
❖	Ruptures.....	19
II-2-2-	Évaluation du vieillissement d'une conduite.....	19
II-2-2-1-	La qualité de l'eau.....	19
II-2-2-2-	La diminution de la capacité de transport.....	20
II-3-	Défaillances.....	20
II-3-1-	Définition.....	20
II-3-2-	Les différents types de défaillances.....	20
II-3-2-1-	Les fuites.....	20
❖	Effets des fuites.....	20
II-3-2-2-	Les pertes.....	21
❖	Les pertes techniques.....	21
❖	Les pertes administratives.....	21
II-3-2-3-	Les casses (ruptures).....	21
❖	Les causes des ruptures.....	21
❖	Les effets des ruptures.....	22
II-3-2-4-	Dégradation de la qualité de l'eau .....	22
II-3-2-5-	Les interruptions .....	22
II-4-	La fiabilité d'un réseau d'eau.....	22
II-4-1-	Indices de fiabilités hydrauliques.....	22
II-4-1-1-	Indice de criticité hydraulique.....	22
II-4-1-2-	Indice de déficience aux nœuds.....	23
II-4-2-	Le rendement.....	23
II-4-2-1-	Rendement primaire.....	23
II-4-2-2-	Rendement net.....	23
II-4-2-3-	L'indice linéaire de perte des réseaux d'eau potable.....	24
II-4-2-4-	L'indice linéaire de perte primaire.....	24
II-4-2-5-	L'indice linéaire de perte net.....	24
II-4-2-6-	Indice linéaire de consommation.....	24
II-4-2-7-	Indice linéaire de production.....	24
II-5-	La problématique des fuites.....	25
II-5-1-	Type des fuites.....	25
II-5-1-1-	Les fuites diffuses.....	25
II-5-1-2-	Les ruptures (défaillances) ou les fuites apparentes.....	26
II-5-2-	Cause des fuites.....	28
II-5-2-1-	Les différentes contraintes qui agissent sur une canalisation.....	29
II-5-2-2-	Les éléments influençant l'apparition des fuites.....	29
a-	Les éléments propres à la canalisation.....	29

❖	Le diamètre.....	30
❖	Le matériau.....	30
❖	Le type des joints.....	30
❖	La corrosion interne.....	30
b-	Les éléments extérieurs aux réseaux.....	31
❖	La corrosion externe.....	31
❖	Les mouvements de sol et le trafic.....	31
❖	Les charges du terrain.....	32
c-	Les éléments liés à l'exploitation des réseaux.....	32
II-5-3-	Les manifestations des fuites.....	33
II-5-4-	La recherche des fuites.....	33
II-5-4-1-	La détection des canalisations.....	33
II-5-4-2	Recherche des fuites.....	33
II-5-4-3-	Méthodes de recherches des fuites.....	33
❖	La technique du gaz traceur.....	34
❖	La thermographie.....	34
❖	Le géoradar.....	34
❖	Méthode acoustique.....	34
❖	Quantifications.....	35
II-6-	Entretien des réseaux d'A.E.P.....	37
II-6-1-	Entretien des réservoirs.....	37
II-6-2-	Entretien des adductions et du réseau de distribution.....	38
II-6-2-1-	Surveillance et entretien.....	38
II-6-2-2-	Actions de réduction des pertes en eau.....	38
II-7-	Conclusion.....	39

### **Chapitre III : Les pertes d'eau dans les réseaux d'alimentation en eau potable**

III-1-	Introduction.....	40
III-2-	Pertes.....	40
❖	Les pertes administratives concernent.....	40
❖	Les pertes physiques concernent.....	41
III-3-	La problématique des pertes.....	41
III-4-	Les différents types de pertes.....	44
III-4-1-	Les pertes réelles.....	44
III-4-2-	Les pertes apparentes.....	45
III-5-	Les volumes d'eau prélevés sans comptage.....	46
III-6-	Les pertes d'eau résultant des défauts d'enregistrement.....	47
III-7-	Principaux cas de fraudes détectées.....	48
III-8-	Pertes d'eau par les fuites.....	50
III-8-1-	Le cas général.....	51
III-8-2-	Fuites à partir du Robinet.....	53
❖	Fuites de robinetterie.....	53
❖	Fuites de chasse d'eau.....	53
III-8-3-	Hydraulique des fuites.....	55
III-8-4-	Formulation de l'influence de la pression sur les pertes.....	56
III-9-	La détection des fuites.....	61
III-9-1-	La prélocalisation des fuites.....	61
a-	Les mesures de nuit.....	61
b-	Le camion de quantification.....	61
c-	Les enregistreurs de bruits.....	61

III-9-2-	La localisation précise des fuites.....	61
a-	Les amplificateurs mécaniques.....	61
b-	Les amplificateurs électroniques.....	62
c-	La corrélation acoustique.....	63
III-9-3-	Le gaz traceur.....	64
III-10-	Conclusion.....	65

#### **Chapitre IV : Diagnostic du réseau d'eau potable de la commune de Bendjerrah et Estimation des pertes**

IV-1-	Diagnostic du réseau de Bendjerrah.....	66
IV-1-1-	Introduction.....	66
IV-1-2-	Problèmes inhérents au réseau d'AEP de Bendjerrah.....	67
❖	Qualité de données disponibles assez médiocre.....	67
❖	Absence de maillage conséquent.....	67
IV-1-3-	Situation géographique, administrative et voies de communication.....	68
IV-1-4-	Données démographiques.....	69
IV-1-5-	Densité de la région.....	70
IV-1-6-	Inventaire des équipements publics.....	71
IV-1-7-	Patrimoine hydraulique.....	71
IV-1-8-	Description du réseau.....	72
IV-1-8-1-	Adduction de production.....	73
IV-1-8-2-	La source d'alimentation.....	74
IV-1-8-3-	Réservoirs de stockage.....	75
IV-1-8-4-	Réseau de distribution.....	78
IV-2	Estimation de pertes.....	81
IV-2-1-	Introduction.....	81
IV-2-2-	Pertes.....	81
IV-2-3-	Estimation des pertes par bilan : production – consommation.....	82
IV-2-3-1-	La production.....	82
A-	Définition.....	82
IV-2-3-2-	La distribution.....	84
A-	Définition.....	84
IV-2-3-3-	La consommation.....	88
A-	Définition.....	88
B-	Nombre d'abonné de la commune de Bendjerrah.....	89
C-	Les volumes totaux facturés.....	89
IV-2-4-	Le comptage.....	90
a-	Les compteurs de production.....	90
b-	Les compteurs de distribution.....	90
b-1	Les compteurs des abonnés.....	91
IV-2-5-	Les pertes d'eau potable.....	91
IV-2-5-1-	Les pertes d'eau au niveau d'adduction.....	91
IV-2-5-2-	Les pertes d'eau au niveau de distribution.....	93
IV-2-5-3-	Les volumes totaux perdus d'eaux.....	95
IV-2-5-4-	Pourcentage des pertes totales d'eaux.....	95
IV-2-5-5-	Interprétation.....	96
IV-2-6-	Le rendement.....	96
IV-2-6-1-	Définition.....	96
IV-2-6-2-	Le rendement primaire RP.....	97
IV-2-6-3-	Rendement net.....	98
IV-2-6-4-	La densité d'abonnés.....	99

---

IV-2-7-	Calcul des indices.....	99
A-	Indice linéaire des pertes ILP.....	99
➤	L'indice linéaire de perte primaire.....	100
➤	L'indice linéaire de perte net.....	100
B-	Indice linéaire de consommation ILC.....	101
C-	Indice linéaire de production ILProd.....	101
IV-3-	L'équilibre d'eau (Bilan d'eau).....	102
IV-3-1-	Terminologie d'équilibre d'eau.....	104
IV-3-2-	Calcul d'un équilibre d'eau.....	105
IV-4-	Actions stratégiques pour la réduction des pertes dans un réseau de distribution.....	111
IV-4-1-	Action 1 : Rapidité et la qualité des réparations.....	111
a-	Rapidité des réparations.....	111
b-	Qualité des réparations.....	112
IV-4-2-	Action 2: Recherche active des fuites.....	112
IV-4-3-	Action 3 : Gestion du patrimoine.....	112
a-	Réalisation de campagnes de mesure ponctuelles.....	112
b-	Renouvellement et réhabilitation du réseau.....	112
IV-4-4-	Action 4 : Gestion de la pression.....	112
IV-5-	Conclusion.....	114
	Conclusion générale.....	115
	Références bibliographiques	

## Liste des figures

### Chapitre I : Présentation des Réseaux d’Alimentation en Eau Potable

Figure I-1	schéma général d’alimentation en eau potable.....	01
Figure I-2	captage des eaux souterraines.....	03
Figure I-3	prise d’eau en rivière.....	05
Figure I-4	Prise d’eau en lac ou en réservoir.....	05
Figure I-5	Les étapes de traitement des eaux de surface.....	06
Figure I-6	Réservoir d’eau potable.....	09
Figure I-7	Réseau ramifié.....	10
Figure I-8	Une casse dans un réseau ramifié.....	11
Figure I-9	Réseau maillé.....	11
Figure I-10	Une casse dans un réseau maillé.....	12
Figure I-11	Réseau étagé.....	12

### Chapitre II : Dysfonctionnement, Défaillance, fiabilité des réseaux d’eau et problématique des fuites

Figure II-1	Vieillessement des canalisations.....	18
Figure II-2	Différents types de ruptures des conduites d’eau potable (Fissure longitudinale).....	26
Figure II-3-a	Différents types de ruptures des conduites d’eau potable (Fissure autour de la tulipe et joint)	27
Figure II-3-b	Différents types de ruptures des conduites d’eau potable (Fissure transversale).....	27
Figure II-3-c	Différents types de ruptures des conduites d’eau potable (Fissure longitudinale).....	27
Figure II-3-d	Différents types de ruptures des conduites d’eau potable (Fissure autour de la tulipe et joint).....	27
Figure II-4	Causes de l’affaiblissement d’une conduite d’eau potable.....	28
Figure II-5	Contraintes subies par une conduite d’eau potable.....	29
Figure II-6	Principe de la détection.....	35
Figure II-7	Appareils d’auscultation ; les tiges d’écoute (à gauche) et microphones (à droite).....	36
Figure II-8	La corrélation par bruit de fuites.....	37

### Chapitre III : Les pertes d’eau dans les réseaux d’alimentation en eau potable

Figure III-1	Taux de pertes dans les réseaux d’AEP dans différents Pays.....	42
Figure III-2	Les pertes réelles.....	45
Figure III-3	Les pertes apparentes.....	46
Figure III-4	fuites liées à la gestion et au gaspillage.....	48
Figure III-5	composants du volume d’entrée de système de distribution.....	50
Figure III-6	fuite : cas général.....	51
Figure III-7	Facteurs d’influence du volume de fuite.....	52
Figure III-8	Approximation géométrique d’une goutte d’eau.....	54
Figure III-9	interaction entre la pression et les fuites pour différentes valeurs de $\alpha$ .....	57
Figure III-10	amplificateurs mécaniques.....	62
Figure III-11	amplificateur électronique.....	62

Figure III-12	Corrélation acoustique.....	63
Figure III-13	La corrélation par bruit de fuites.....	64
Figure III-14	Le gaz traceur.....	64

#### **Chapitre IV : Diagnostic du réseau d'eau potable de la commune de Bendjerrahet Estimation des pertes**

Figure IV-1	Situation de la commune de BENDJERRAH.....	68
Figure IV-2	Photo satellitaire de la commune de Bendjerrah.....	69
Figure IV-3	tracé et profil en long sommaires de la conduite de refoulement.....	73
Figure IV-4	Taux linéaire par diamètres.....	79
Figure IV-5	Taux linéaire en matériaux.....	79
Figure IV-6	réseau projetée de Bendjerrah sous Arc Gis.....	80
Figure IV-7	Evolution mensuelle des volumes produits pour la commune de Bendjerrah.....	84
Figure IV-8	Evolution de la moyenne des volumes mensuels produits.....	85
Figure IV-9	Evolution de la moyenne journalière des volumes produits pour lacommune de Bendjerrah.....	85
Figure IV-10	Evolution mensuelle des volumes mis en distribution.....	87
Figure IV-11	Evolution de la moyenne des volumes mensuels mis en distribution pour la commune de Bendjerrah.....	88
Figure IV-12	Evolution de la moyenne journalière des volumes produits pour la commune de Bendjerrah.....	88
Figure IV-13	Evolution du nombre d'abonné de la commune de Bendjerrah.....	89
Figure IV-14	Evolution des volumes totaux facturés de la commune de Bendjerrah..	90
Figure IV-15	Evolution des pertes en eau au niveau de l'adduction de la commune de Bendjerrah.....	92
Figure IV-16	Evolution du pourcentage des pertes en eau au niveau d'adduction de la commune de Bendjerrah.....	93
Figure IV-17	Evolution des pertes en eau au niveau de la distribution de la commune de Bendjerrah.....	94
Figure IV-18	Evolution du pourcentage des pertes en eau au niveau de distribution de la commune de Bendjerrah.....	94
Figure IV-19	Evolution des volumes totaux perdus de la commune de Bendjerrah...	95
Figure IV-20	Evolution du pourcentage des pertes totales d'eaux de la commune de Bendjerrah.....	96
Figure IV-21	Evolution du rendement primaire du réseau de la commune de Bendjerrah.....	97
Figure IV-22	Evolution du rendement net du réseau de la commune de Bendjerrah.....	98
Figure IV-23	Diagramme d'économie d'eau.....	113
Figure IV-24	Diagramme de réductiondu volume des fuites/la pression.....	113
Figure IV-25	diagramme de réduction du volume.....	

## Liste des Tableaux

### Chapitre III : Les pertes d'eau dans les réseaux d'alimentation en eau potable

Tableau III-1	Cause des fuites dans les réseaux .....	44
Tableau III-2	Débit de fuite en fonction du diamètre de l'ouverture .....	59
Tableau III-3	Débit de fuite a partir d'une ouverture de 6mm pour différentes pression et différents matériaux.....	59
Tableau III-4	Quantités perdues obtenues pour une pression de 5 bar .....	60

### Chapitre IV : Diagnostic du réseau d'eau potable de la commune de Bendjerrahet Estimation des pertes

Tableau IV-1	Projection de la population de la commune de Bendjerrah – RGPH : 2008 – 2015.....	70
Tableau IV-2	Inventaire des équipements .....	71
Tableau IV-3	Récapitulatif du patrimoine eau potable de la commune de Bendjerrah.	72
Tableau IV-4	Fiche technique de la station de pompage – SP1.....	75
Tableau IV-5	Fiche technique des réservoirs R3 x 500.....	76
Tableau IV-6	Fiche technique du réservoir R200.....	77
Tableau IV-7	Constitution physique du système global d'AEP .....	78
Tableau IV-8	Les volumes d'eau produits pour la commune de Bendjerrah (Source ADE Guelma ; Département d'exploitation et maintenance).....	83
Tableau IV-9	Moyenne des volumes totaux produits pour la commune de Bendjerrah .....	84
Tableau IV-10	les volumes mis en distribution (Source ADE Guelma ; Département d'exploitation et maintenance).....	86
Tableau IV-11	Moyenne des volumes mis en distribution .....	87
Tableau IV-12	Nombre d'abonné d'eau potable de la ville commune de Bendjerrah .....	89
Tableau IV-13	Volumes totaux facturés de la commune de Bendjerrah.....	90
Tableau IV-14	Volumes d'eau perdus au niveau de l'adduction de la commune de Bendjerrah.....	91
Tableau IV-15	Pourcentage des pertes en eau de la commune de Bendjerrah (Adduction).....	92
Tableau IV-16	Volumes d'eau perdus au niveau de la distribution de la commune de Bendjerrah .....	93
Tableau IV-17	Pourcentage des pertes en eau de la commune de Bendjerrah (Adduction).....	94
Tableau IV-18	Les volumes totaux perdus d'eaux en m <sup>3</sup> de la commune de Bendjerrah .....	95
Tableau IV-19	Evolution du pourcentage des pertes totales d'eau de la commune de Bendjerrah .....	95
Tableau IV-20	Rendements primaire .....	97
Tableau IV-21	Evaluation du rendement primaire .....	98
Tableau IV-22	Rendements net .....	98
Tableau IV-23	Densités d'abonnés .....	99
Tableau IV-24	Indice linéaire des pertes primaire .....	100
Tableau IV-25	Valeurs de référence de l'ILP primaire (calculé hors branchement).....	100
Tableau IV-26	Indice linéaire des pertes net.....	101
Tableau IV-27	Indice linéaire de consommation.....	101

Tableau IV-28	Indice linéaire de production.....	101
Tableau IV-29	Tableau récapitulatif des calculs.....	102
Tableau IV-30	bilan d'eau selon IWA.....	104
Tableau IV-31	les étapes de calcul du bilan d'eau réalisé par le logiciel d'audit AWWA WLCC Année 2016.....	107
Tableau IV-32	les étapes de calcul du bilan d'eau réalisé par le logiciel d'audit AWWA WLCC Année 2017.....	108
Tableau IV-33	les étapes de calcul du bilan d'eau réalisé par le logiciel d'audit AWWA WLCC Année 2018.....	109
Tableau IV-34	les étapes de calcul du bilan d'eau réalisé par le logiciel d'audit AWWA WLCC Année 2019.....	110
Tableau IV-35	Récapitulatif des calculs obtenus à partir du logiciel AWWA WLCC.....	111

## Résumé :

La maîtrise de la gestion de l'eau a toujours été considérée en Algérie comme un objectif prioritaire du développement du pays. La réduction des pertes d'eau dans les réseaux de distribution peut contribuer à la préservation d'une ressource rare. Le faible nombre de compteurs et la distribution intermittente rendent difficile la quantification des fuites.

Pour comprendre les raisons de la perte d'eau un audit ou une évaluation du volume d'eau perdue, des caractéristiques physiques du réseau et de la pratique opérationnelle actuelle a été entrepris. Dans la plupart des systèmes la plus grande quantité est une perte physique, en d'autres termes fuite. C'est à ce type de pertes qu'on s'intéresse le plus dans le cadre de ce travail.

Une étude préliminaire a été menée ; on s'intéressé a une évaluation des indices de performances du réseau de la commune de Bendjerrah. En outre un logiciel d'audit **AWWA WLCC** (Bilan d'eau) a été effectué. D'autre part, une démarche d'évaluation et d'analyse de la fiabilité des systèmes de distribution basée sur la connaissance des paramètres et indicateurs techniques de performance

---

### ملخص

لطالما اعتُبر التحكم في إدارة المياه في الجزائر هدفاً ذا أولوية لتنمية البلاد. يمكن أن يساعد الحد من فقدان المياه في شبكات التوزيع في الحفاظ على الموارد النادرة. إن قلة عدد العدادات والتوزيع المتقطع يجعل من الصعب تحديد كمية التسريبات. لفهم أسباب فقد المياه، تم إجراء مراجعة أو تقييم لحجم المياه المفقودة، والخصائص الفيزيائية للشبكة والممارسات التشغيلية الحالية. في معظم الأنظمة يكون أكبر قدر هو الخسارة المادية، أي التسرب. هذه الأنواع من الخسائر هي أكثر ما يهتما في هذا العمل.

تم إجراء دراسة أولية؛ كنا مهتمين بتقييم مؤشرات أداء شبكة بلدية بنجراح. بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء برنامج تدقيق **AWWA WLCC (Water Balance)** من ناحية أخرى عملية لتقييم وتحليل موثوقية أنظمة التوزيع بناءً على معرفة معايير ومؤشرات الأداء الفني..

---

### Abstract:

Mastering water management has always been considered in Algeria as a priority objective of the country's development. Reducing water losses in distribution networks can contribute to the preservation of a scarce resource. The low number of meters and intermittent distribution make it difficult to quantify leaks.

To understand the reasons for water loss an audit or assessment of the volume of water lost, the physical characteristics of the network and current operational practice has been undertaken. In most systems the largest amount is a physical loss, in other words leakage. It is this type of loss that is of most interest in this work.

A preliminary study has been carried out; we are interested in an evaluation of the performance indexes of the network of the Bendjerrah commune. In addition, an **AWWA WLCC (Water Balance Sheet)** audit software was carried out. On the other hand, an evaluation and analysis approach of the reliability of the distribution systems based on the knowledge of the technical performance parameters and indicators was carried out.

A decorative rectangular border with intricate floral and scrollwork patterns, framing the central text.

# Introduction générale

## **Introduction générale**

L'eau est un bien précieux et le sera certainement encore plus au cours des années à venir. La protection des eaux est donc un véritable défi pour l'ensemble des collectivités locales et centrales de notre pays. Depuis plusieurs décennies, la croissance démographique induit une forte augmentation de la consommation d'eau pour ses différents usages, notamment pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation. Face à cette consommation croissante, la gestion des eaux souterraines et des eaux superficielles constitue un domaine particulièrement sensible.

L'eau a toujours été un enjeu majeur à travers le monde, mais les problématiques liées à cette ressource ont cependant évolué avec le temps. Dans un premier temps, les efforts se sont portés sur la distribution de l'eau à tous les habitants. Avec l'expansion des villes mais aussi des zones rurales, les réseaux de distribution d'eau potable se sont fortement agrandis.

La préoccupation des collectivités et des gestionnaires d'eau fut ensuite centrée sur la qualité de l'eau : la consommation domestique d'eau ne doit pas faire encourir un risque sanitaire.

Enfin, le problème actuel est la protection de la ressource, l'eau douce est une ressource limitée. "La protection de la ressource du point de vue qualitatif comme quantitatif constitue donc un enjeu majeur des ministères en vue d'assurer une production pérenne d'eau potable".

La maîtrise de la gestion de l'eau a toujours été considérée en Algérie comme un objectif prioritaire du développement du pays. La gestion des ressources hydriques, de façon générale, se heurte pour l'heure à trois catégories de problèmes : les exploitations qui dépassent le régime de renouvellement naturel de la ressource, les pollutions diffuses ou ponctuelles souvent durables, et les situations de pénuries saisonnières.

Le réseau d'alimentation en eau potable constitue un patrimoine sur lequel les gestionnaires doivent agir pour adapter le service proposé aux attentes des abonnés, de plus en plus inquiets et exigeants, et aux contraintes réglementaires, de plus en plus fortes. Mettre à niveau le fonctionnement de l'infrastructure demande d'intervenir sur ses composants. Les conduites de distribution d'eau, qui représentent en grande valeur des réseaux se trouvent donc au centre d'une problématique de gestion technique dont les enjeux stratégiques, financiers et fonctionnels sont très importants.

La Connaissance et maîtrise des pertes dans les réseaux d'eau potable, la maîtrise de la ressource en eau est un enjeu majeur, tant sur le plan qualitatif que quantitatif.

La perte d'eau se produit dans tous les systèmes, c'est seulement le volume qui varie et il reflète la capacité d'une utilité de contrôler son réseau. Pour comprendre les raisons pour lesquelles, comment et où l'eau est perdue, les gestionnaires doivent effectuer une évaluation des caractéristiques physiques du réseau et de la pratique opérationnelle courante. Dans beaucoup de cas le problème de la perte d'eau est provoqué par l'infrastructure pauvre, la mauvaise pratique de gestion, les caractéristiques de réseau, les pratiques opérationnelles, les technologies, les qualifications et les influences sociales et culturelles.

La réduction des volumes de pertes en eau sur le réseau représente, pour le service de l'eau, un enjeu. En effet, une stratégie de gestion des pertes efficace permet de réduire le volume prélevé sur la ressource, de réaliser les économies d'énergie liées à la production et à l'élévation du volume perdu, ou encore de limiter les risques de déstabilisation des sols liés à la persistance de fuites dans certaines zones sensibles.

Cependant les calculs des pertes sur les réseaux d'eau potable, comme pour les autres indicateurs de performance, nécessitent de connaître la consommation de tout un secteur hydraulique et donc d'équiper en télérelevé l'intégralité des compteurs d'eau de ce secteur. L'équipement exhaustif des compteurs d'eau peut s'avérer trop long dans certains cas voire trop coûteux dans d'autres. Il est ainsi important de pouvoir calculer précisément la consommation globale en s'affranchissant de ces contraintes, soit en planifiant l'équipement progressif des compteurs, soit en identifiant un échantillon stratégique de compteurs à équiper.

La maîtrise des pertes en eau résulte de la mise en œuvre conjointe de travaux de renouvellement du réseau (patrimoine canalisations et branchements) et d'actions d'exploitation telles que la recherche de fuite ou la gestion des pressions.

La recherche des fuites d'eau dans les réseaux AEP, mais aussi chez les particuliers dans une moindre mesure, est un sujet dont l'importance va croître

En effet, dans un contexte de développement économique soutenu et donc d'augmentation progressive des besoins en eau potable, conjointement à l'apparition de nouvelles contraintes pour l'exploitation des ressources existantes et/ou potentielles, la réduction des pertes des volumes non comptabilisés représente un enjeu considérable pour la commune, en vue de pérenniser la gestion des réseaux de distribution aussi bien au centre de Bendjerrah qu'au niveau des zones éparses et limiter les prélèvements illicites. De ce fait, la demande progressive en eau potable représente également un enjeu économique important pour l'A.P.C en charge de la gestion du réseau et soucieuse d'optimiser ses investissements.

Le but de cette étude est de diagnostiquer le réseau d'AEP existant de la commune de Bendjerrah et calculer les pertes d'eau potable dans ce réseau pour développer des solutions pour diminuer au maximum des pertes d'eau potable et améliorer la qualité et la quantité de l'eau dirigé pour les citoyens.

A decorative border with intricate floral and scrollwork patterns, framing the central text.

# **Chapitre I**

## *Présentation des Réseaux d'Alimentation en Eau potable*

## Chapitre I :

### Présentation des Réseaux d'Alimentation en Eau Potable

#### I-1- Introduction :

L'eau est un bien naturel et économique. Elle constitue un patrimoine qui doit être géré avec l'objectif de protéger l'intérêt de toute la collectivité. La conquête de l'eau a de tout temps été au centre des préoccupations de l'homme. Ce dernier a consenti des efforts pour inventer, puis améliorer des moyens pour amener l'eau aux consommateurs. Ces moyens d'amener l'eau sont les réseaux de distribution.

Le distributeur d'eau potable a toujours le souci de couvrir les besoins des consommateurs, en quantité et qualité suffisantes. Il a aussi le souci de veiller à la bonne gestion et à la perfection de toutes les infrastructures concourant l'approvisionnement en eau.

Dans ce chapitre, nous présenterons les différents maillons constituant un réseau d'Alimentation en Eau Potable (A.E.P).

#### I-2- Le système d'alimentation en eau potable :

L'éloignement des points d'eau constitue un problème pour l'approvisionnement en eau potable des populations. Or parfois, il est nécessaire de parcourir plusieurs kilomètres pour avoir accès à une source d'eau améliorée. Il est donc nécessaire de mettre un système d'alimentation en eau potable afin d'acheminer l'eau depuis le point de départ de la ressource jusqu'aux habitations (branchements particuliers ou bornes fontaines).

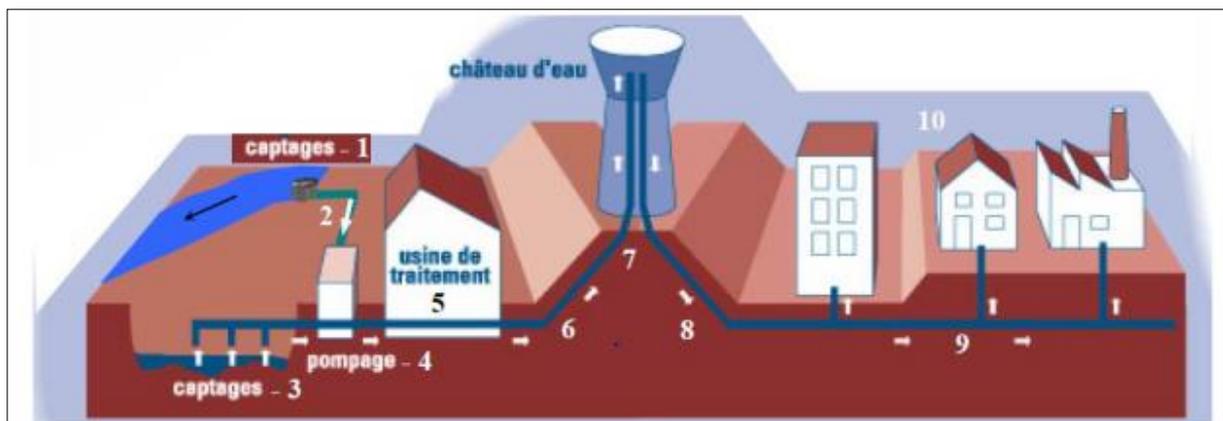


Figure I-1 : schéma général d'alimentation en eau potable

Un système d'alimentation en eau potable (AEP) est composé d'un ensemble d'infrastructure et d'installations nécessaires à satisfaire tous les besoins en eau potable d'une zone urbaine et industrielle.

Le système (AEP) comporte différents composants dont les constructions et les installations affectées au captage (1,3), au traitement (5), au transport (2, 6, 8), au stockage (7) et aux distributions d'eau potable chez les différents consommateurs (10), (figure I-1).

### **I-3- Les ressources en eau :**

On recherche toujours la meilleure qualité disponible et ce, en fonction du coût de revient, par exemple : si l'acheminement d'une eau éloignée de très bonne qualité coûte plus cher que le traitement d'une eau de moins bonne qualité à proximité, on choisit cette dernière solution.

Les qualités essentielles d'une eau de consommation sont celles d'une eau :

- **Salubre**: c'est-à-dire saine et qui contribue à la santé.
- **Potable** : soit propre à être bue, fraîche, incolore, inodore, aérée, légèrement minéralisée et exempte des matières organiques.

En fonction de la stabilité de la source d'approvisionnement et de la fiabilité du système de captage, on peut classer les sources d'approvisionnement :

- **Eau souterraine** (nappe libre, nappe captive, nappe semi-captive, eau de source), permanent, sûre.
- **Eau de surface** (lac, rivière, barrage, mer...), facilité de d'accès et de rétention et sûreté de débit.

#### **I-3-1- Les eaux souterraines :**

##### ✓ **L'aquifère :**

Un aquifère est un corps de roche perméable comportant une zone saturée, suffisamment conducteur d'eau souterraine pour permettre à l'eau l'écoulement significatif et l'exploitation d'une quantité d'eau appelée *Nappe souterraine*.

##### ✓ **Nappe souterraine :**

Une nappe souterraine est l'ensemble des eaux souterraines contenues dans l'aquifère dont toutes les parties sont en liaison hydraulique.

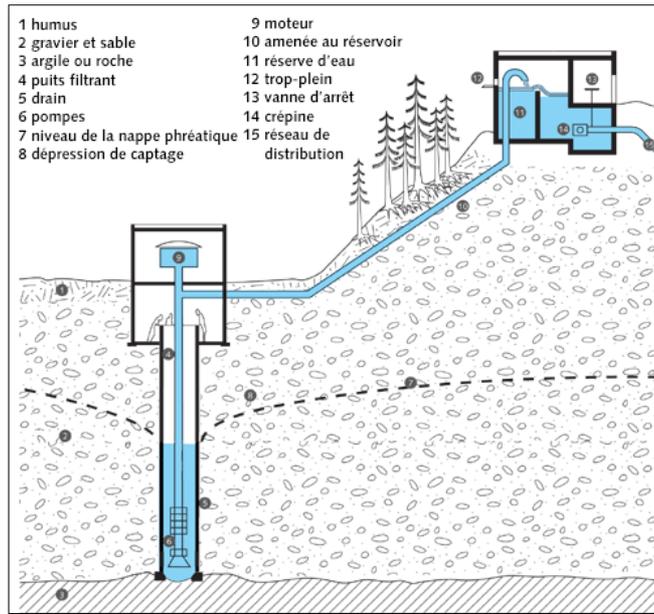
Ce type de réservoir peut être exploité et peut approvisionner les réseaux de distribution d'eau potable. Les forages et les puits sont les moyens les plus répandus pour le captage des eaux souterraines en maintenant ces eaux à l'abri des contaminations notamment à l'approche de la surface du sol.

#### **I-3-2- Captage des eaux souterraines :**

En l'absence d'eau de surface en quantité suffisante et de qualité acceptable, on doit tenter d'utiliser les eaux souterraines. Ces eaux sont captées :

- Soit à leurs sources ;
- Soit au cœur même de la nappe ;

- Soit dans le gisement pour les eaux circulant en terrains fissurés.



**Figure I- 2 : captage des eaux souterraines**

Parfois, on sera amené, à capter les eaux circulant à grande profondeur. Les procédés de captage varient selon configuration du site. Toutefois, nous observons toujours le principe d'aller chercher l'eau assez loin dans son site géologique et de conduire les travaux de captage de façon que l'eau au cours de sa remontée au jour, soit maintenue à l'abri des contaminations notamment à l'approche de la surface du sol. On évalue les quantités d'eau en présence à l'aide de forages permettant d'attribuer les débits équivalents à ceux requis par le projet d'alimentation en eau potable (AEP).

Les eaux souterraines sont en général limpides, mais leurs caractéristiques physico-chimiques varient en fonction du site, on doit, dans chaque cas, faire une étude pour déterminer quel traitement sera nécessaire pour rendre l'eau potable.

### **I-3-3- Les eaux de surface :**

#### **a) - La qualité des eaux de surface :**

En règle générale, la qualité de l'eau de surface est moindre que celle des eaux souterraines. En effet, elles sont soumises à la possibilité d'une dégradation naturelle causée par :

- Le transport solide
- Les minéraux dissous, bien que l'eau soit moins dure que les eaux souterraines
- La matière organique naturelle

En rivière, la qualité est en général meilleure à l'amont que l'aval. A l'amont, l'eau peut être plus turbide ce qui est facile à contrôler en raison de l'origine minérale de cette turbidité. Par contre, surtout en région montagneuse, elle est plus pure et froide. En aval, le contact avec des zones habitées et exploitées favorise les risques de pollution.

En lac ou réservoir, la turbidité est faible car la décantation y est favorisée. Par contre la possibilité de stratification thermique, chimique et biologique rend la qualité variable sur un cycle annuel.

En résumé, les eaux de surface sont plus exposées à la dégradation naturelle et à la pollution liée aux activités humaines. Pour cette raison, il sera généralement nécessaire de prévoir un traitement sous forme de filtration et de désinfection.

**b) - La quantité des eaux de surface :**

La quantité disponible est variable ou constante selon le cycle hydrologique en fonction du débit que l'on veut prélever. L'étude des quantités disponibles doit se faire en tenant compte des paramètres suivants :

- Météorologie
- Hydrologie
- Géologie
- Topographie
- Exploitation humaine des ressources

Contrairement au cas des eaux souterraines, le domaine d'étude est clairement défini ; c'est le **bassin versant** : Il est déterminé par la topographie des lieux, les pentes déterminent le volume d'emmagasinement du bassin et en combinaison avec le régime du débit, la formation du réseau hydrographique. Les faibles pentes favorisent la rétention des eaux de surface. En fonction de la nature des sols, l'infiltration joue un rôle important.

**I-3-4- Captage des eaux de surfaces :**

Le captage des eaux de surface comporte les inconvénients et les avantages suivants :

**a) - Inconvénients :**

- Température variable
- Composition chimique variable
- Contamination et pollution
- Vulnérabilité aux sécheresses

**b) - Avantages :**

- Possibilité de rétention, sureté de débit
- Facilite de captage

En cours d'eau, on situe les prises d'eau (figure I-3), de façon à assurer la stabilité de la qualité et des rejets de matières polluantes. En zone estuarienne, on doit se préoccuper des inversions de courant.

En régime hivernal, il faut se préoccuper du frasil. Puisque le frasil a tendance à se générer dans les zones turbulentes de l'écoulement, on préférera placer la prise d'eau loin de ces zones. Malgré tout, le risque d'ingestion de frasil persiste et les dangers de colmatage des grilles est bien réel. Il faut prévoir des dispositifs de déglçage. Les plus courants sont :

- Le chauffage électrique des parties submergées.
- L'injection d'eau plus chaude provenant de l'eau souterraine par exemple.
- La formation de rideaux de bulles d'air

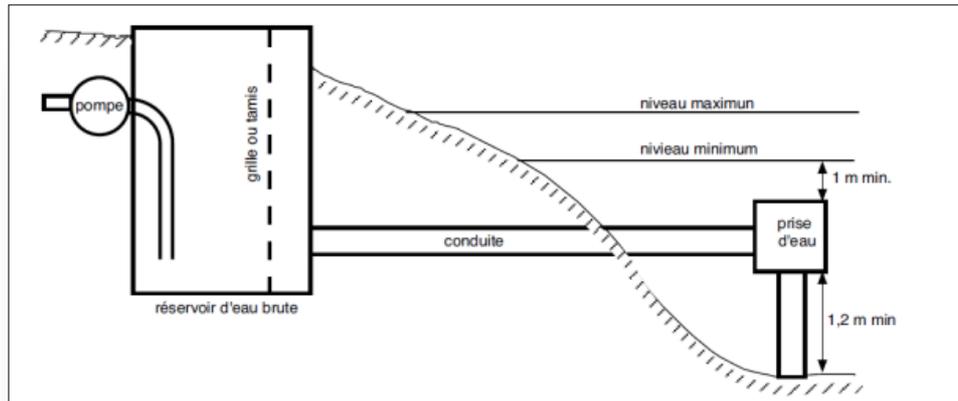


Figure I-3 : prise d'eau en rivière

En lac et en réservoir, la prise d'eau doit tenir compte des possibilités de stratification causée par la variation de la densité en fonction de la température.

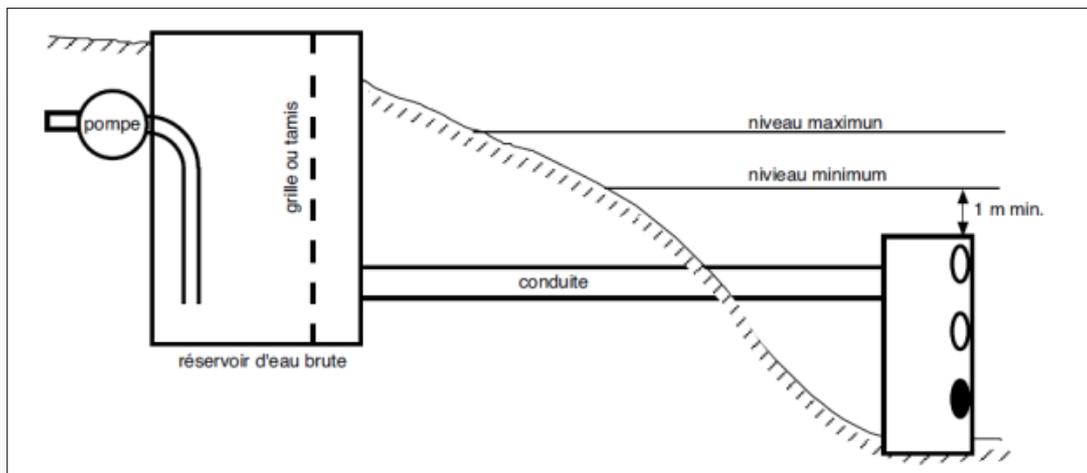


Figure I-4 : Prise d'eau en lac ou en réservoir

### I-3-5- Autres ressources :

Mentionnons les processus de dessalement de l'eau de mer. Les différentes techniques, consommant de fortes quantités d'énergie, sont :

- La distillation

- L'électrolyse
- Les résines échangeuses d'ions
- Les membranes osmotiques.

Les pays du Golfe persique, notamment l'Arabie Saoudite, utilisent ces techniques, faute de sources d'eau douce suffisantes.

#### I-4- Usine de traitement :

Selon la qualité de la source d'approvisionnement en eau, on peut devoir soumettre l'eau à un **traitement** plus ou moins élaboré. Ainsi, par exemple, dans le cas d'une eau souterraine de bonne qualité, une désinfection seule peut produire une eau de consommation qui satisfait aux normes en vigueur ; en revanche, une eau de lac ou de rivière exige un traitement plus complet.

Tout d'abord, toute utilisation d'eau de surface nécessite, avant son captage, une étude aussi complète que possible et, cela, aux différentes époques de l'année. La composition de l'eau sera, surtout, examinée du point de vue turbidité, pouvoir colmatant, degré hydrotimétrique, pH, teneur en matières organiques et en Escherichia Coli.

L'étude portera également sur les affluents amont qui alimentent la rivière, le barrage ou le lac. Ces observations sont indispensables pour définir correctement le mode de traitement à préconiser.

Le **traitement** de l'eau brute se passe généralement en trois étapes :

- **La clarification** : il s'agit de débarrasser l'eau des particules colloïdales en utilisant un massif filtrant.
- **La stérilisation** : son objectif est de rendre l'eau bactériologiquement pure. Pour ceci, on utilise des oxydants tels que le chlore et l'ozone.
- **L'affinage** : permet d'éliminer les micropolluants (corps dissous).

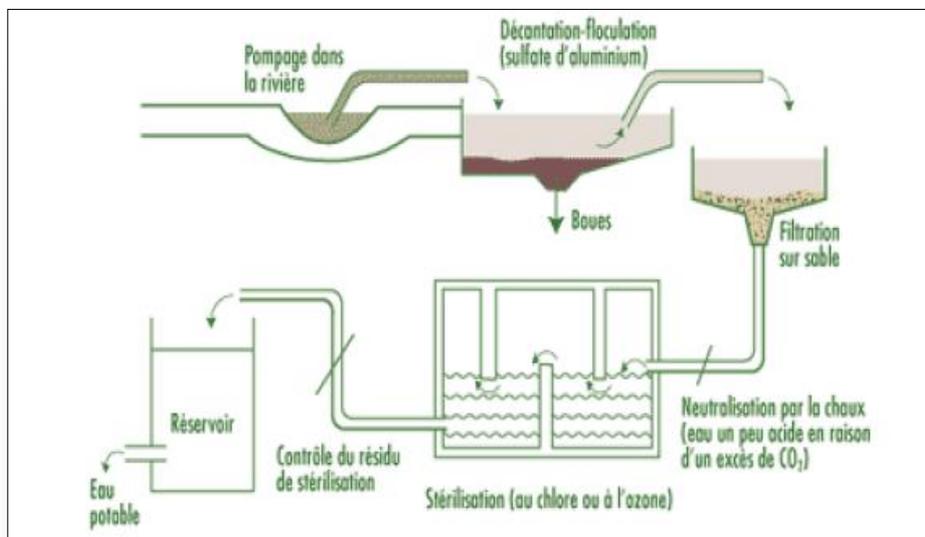


Figure I-5 : Les étapes de traitement des eaux de surface.

**I-5- L'adduction :**

L'**adduction** d'eau regroupe les techniques permettant d'amener l'eau depuis sa source à travers un réseau de conduites vers les lieux de consommation.

La conduite d'**adduction** relie la prise d'eau au réservoir de stockage. C'est une conduite d'un gros diamètre car elle est destinée à transporter un débit très important. Pour faire face aux contraintes imposées par le terrain et le relief, on doit accompagner la conduite d'adduction par divers ouvrages :

- ✓ Ventouses aux points hauts du tracé pour l'évacuation d'air,
- ✓ Vidanges aux points bas du tracé,
- ✓ Brises charge pour éviter la surpression et la sous-pression dans la conduite. Plusieurs types de dispositifs sont utilisés :
  - Volants d'inertie.
  - Soupapes de décharge %.
  - Réservoirs d'air.
  - Cheminées d'équilibre.

Ouvrages de protection contre la corrosion de la conduite.

En fonction de la position de la source d'eau, on distingue deux types d'adduction :

**❖ Adduction gravitaire :**

L'écoulement de l'eau est causé par la différence des niveaux hydrauliques : l'altitude de la source est supérieure à celle du point de consommation, et se déplace donc grâce à la force de gravité d'où son nom.

L'**adduction gravitaire** s'effectue, soit par aqueduc, soit par conduite forcée. Avec les aqueducs, il est fait appel à l'écoulement libre de l'eau, c'est-à-dire sans pression, grâce à la pente, ordinairement uniforme sur tout le parcours, que l'on aura étudié pour pouvoir faire transiter le débit voulu.

Dans les conduites forcées, l'écoulement se fait sous pression. Dans ce cas les pertes de charges seront plus importantes que dans un aqueduc à faible pente présentant le même diamètre, quand le plan d'eau correspond au passage du débit maximal.

**❖ Adduction par refoulement :**

Quand la source se trouve à un niveau bas par rapport au point d'arrivée, l'acheminement de l'eau d'un point à l'autre se fait à l'aide de pompes.

Les eaux du captage sont relevées par une station de pompage dans cette conduite de refoulement.

❖ **Adduction mixte** :

C'est une adduction où la conduite par refoulement se transforme en conduite gravitaire ou l'inverse. Le relais entre les deux types de conduites est assuré par un réservoir appelé réservoir tampon.

Le choix de la conduite d'adduction doit tenir compte de certains impératifs que l'on se forcera dans la mesure du possible de respecter

- Le tracé doit être le plus court possible ;
- Aux points hauts du tracé, peuvent se conformés des contentements d'air difficile à évacuer où des ventouses seront exigés ainsi apparait la nécessité d'éviter autant que possible les contres pentes ;
- Eviter les profils horizontaux, qui peuvent perturber le régime d'écoulement ;
- Il serait préférable de suivre les accotements des routes, pour faciliter les travaux ainsi que l'acheminement des matériaux.
- 

**I-6- Accumulation (stockage)** :

Pour pouvoir satisfaire à tout moment, la demande en eau potable des abonnés, on crée des réservoirs qui permettent de gérer les pointes de consommation.

Le **réservoir** de stockage est un bassin qui se remplit au cours des faibles consommations et qui se vide pendant les périodes de fortes consommations journalières. Le réservoir présente deux utilités (technique et économique) par les multiples fonctions qu'il remplit :

- **Fonctions techniques** : il permet :
  - La régulation du débit pour tous les ouvrages qui se situent en amont et en aval de lui.
  - La régulation de la pression dans le réseau de distribution.
  - L'assurance de la continuité de l'approvisionnement en cas de panne dans les ouvrages situés dans la partie amont.
  - La participation au traitement (utilisation de réactifs).
- **Fonctions économiques** : il permet :
  - La réduction des investissements sur tous les autres ouvrages du réseau d'A.E.P.
  - La réduction des coûts de l'énergie.

Lors de la conception des réservoirs, on est amené à faire plusieurs choix concernant le type de réservoir, son emplacement, sa capacité, son altitude son équipement.

La capacité d'un réservoir dépend du mode d'exploitation des ouvrages de la partie amont et de la variabilité de la demande.

Pour l'emplacement d'un réservoir, selon que l'agglomération est située en plaine ou en terrain accidenté, il peut être soit enterré, soit semi-enterré, soit surélevé.

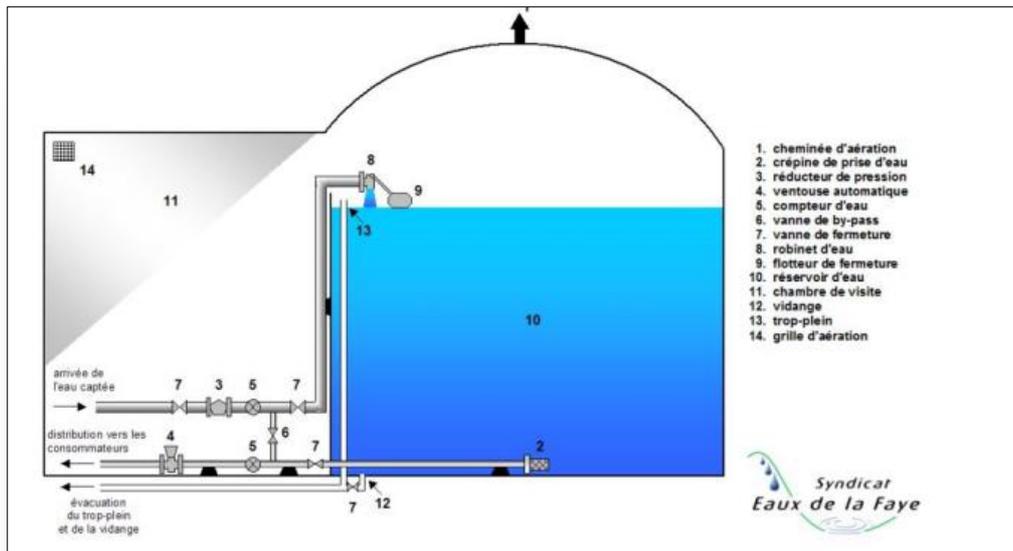


Figure I-6 : Réservoir d'eau potable.

### I-7- Le réseau de distribution :

Du réservoir de stockage sort une conduite principale de gros diamètre. Celle-ci, en se prolongeant le long des rues de l'agglomération forme un ensemble de conduites maîtresses.

Sur chacune de ces dernières, sont branchées des conduites de diamètres moindres dites conduites secondaires, tertiaires, etc.

L'ensemble de toutes ces différentes canalisations avec l'ensemble des équipements qui les accompagnent forment le réseau de distribution. C'est l'infrastructure la plus importante du réseau global, car il s'étend sur toute la surface de l'agglomération.

Pour que les performances d'un réseau de distribution soient satisfaisantes, ce réseau doit être en mesure de fournir, à des pressions compatibles avec les hauteurs des immeubles, les débits et les volumes d'eau requis, et ce en tout temps lors de la durée de sa vie. C'est pourquoi lors de la conception d'un réseau, il est important d'identifier et prendre en compte les situations les plus critiques afin que le réseau dans de telles situations se comporte de façon satisfaisante. On peut citer les situations suivantes :

- Consommation de pointe horaire
- Consommation journalière maximale durant un ou plusieurs incendient
- Consommation journalière maximale en cas de casse d'une conduite secondaire ou principale
- Situations particulières

On s'assure ainsi qu'un réservoir d'équilibre peut être rempli durant la période prévue à cette fin, notamment la nuit, lorsque la consommation est minimale, etc...

**I-7-1- Types des réseaux de distribution :**

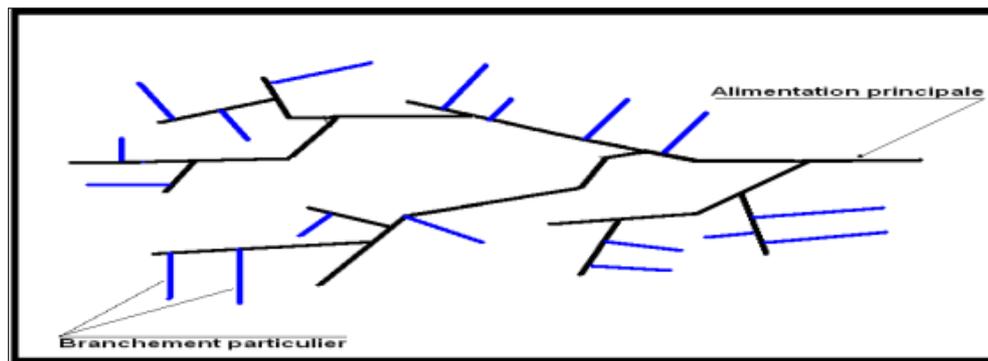
Suivant la structure et l'importance de l'agglomération on distingue les différents types de réseau de distribution dont :

- ✓Réseau ramifié.
- ✓Réseau maillé.
- ✓Réseau étagé.

Leur classification se fait en se basant sur la topographie du terrain (terrain accidentés, différence d'altitude importante) et l'occupation du sol. Ces réseaux peuvent être alimentés à partir d'un ou plusieurs réservoirs.

**❖Réseau ramifié :**

Le réseau **ramifié** est constitué par une conduite principale et des conduites secondaires branchées tout le long de la conduite principale. C'est un réseau arborescent (ramifié) qui n'assure aucune distribution de retour. Il suffit qu'une panne se produise sur la conduite principale, toute la population à l'aval sera privée d'eau.



**Figure I-7 : Réseau ramifié.**

Dans le réseau **ramifié** les conduites ne comportent aucune alimentation en retour, présente l'avantage d'être économique, mais il manque de sécurité et de souplesse en cas de rupture : un accident sur la conduite principale prive d'eau tous les abonnés d'aval.

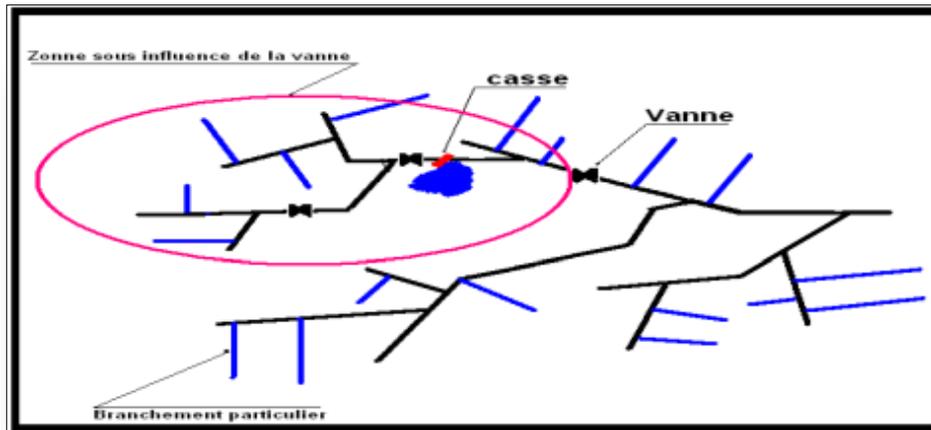


Figure I-8 : Une casse dans un réseau ramifié.

### ❖ Les réseaux maillés :

Un réseau **maillé** est constitué d'une série des tronçons disposés de telle manière qu'il soit possible de décrire une ou plusieurs boucles fermées, on suivant son tracées ; contrairement au réseau ramifié.

Le réseau **maillé** assure une distribution de retour en cas de panne d'un tronçon. Ils sont utilisés généralement dans les zones urbanisées et tendent à se généraliser dans les agglomérations rurales sous forme associées à des réseaux ramifiés (Limitation de nombres de maille en conservant certaine ramification. Bien que son cout soit élevé ; il reste préférable au réseau ramifié car : dans le cas d'une fuite dans une conduite on peut la réparer sans faire couper l'alimentation de la ville. Ce réseau présente les avantages suivants :

- Une alimentation de retour.
- Isolation du tronçon accidenté par une simple manœuvre de robinet.

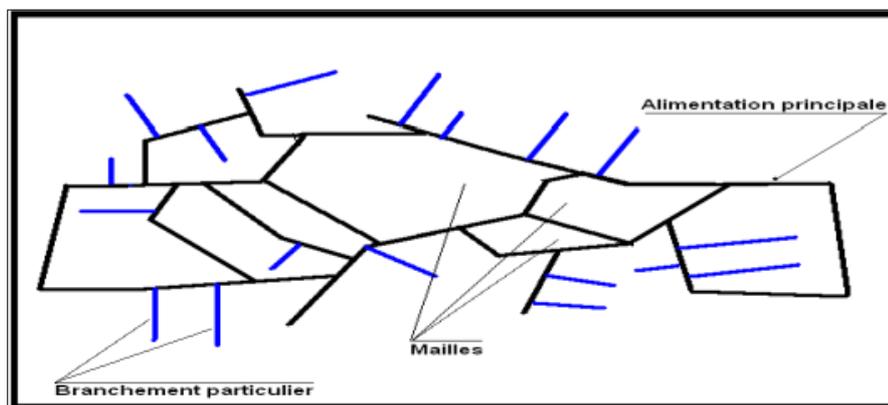


Figure I-9 : Réseau maillé

Le réseau **maillé** permet, au contraire du réseau ramifié, une alimentation en retour, donc d'éviter l'inconvénient du réseau ramifié. Une simple manœuvre de robinets permet d'isoler le

tronçon accidenté et de poursuivre néanmoins l'alimentation des abonnés d'aval. Il est bien entendu, plus coûteux d'établissement, mais, en raison de la sécurité qu'il procure, il doit être toujours préféré au réseau ramifié.

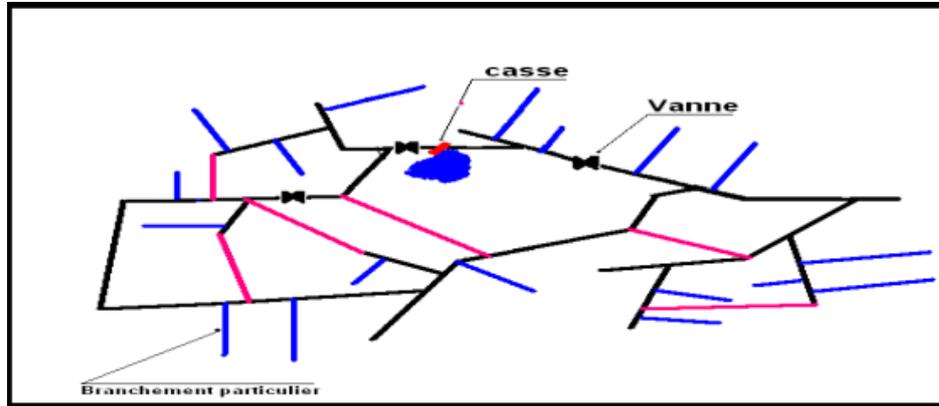


Figure I-10 : Une casse dans un réseau maillé.

❖ Réseau étagé :

Conseiller dans le cas d'agglomération présentant des différences de niveaux importantes.

Le réseau étagé est caractérisé par les différences de niveau très important; ce qui fait la distribution de l'eau par le réservoir donne des fortes pressions au point le plus bas (norme de pression ne sont pas respectées). En effet ce système nécessite une installation d'un réservoir intermédiaire alimenter par le premier qui permet de régularisés la pression dans le réseau.

Avec le réseau étagé, il est possible, de constituer des réseaux indépendants avec une pression limitée aux environs de 40 mètres d'eau.

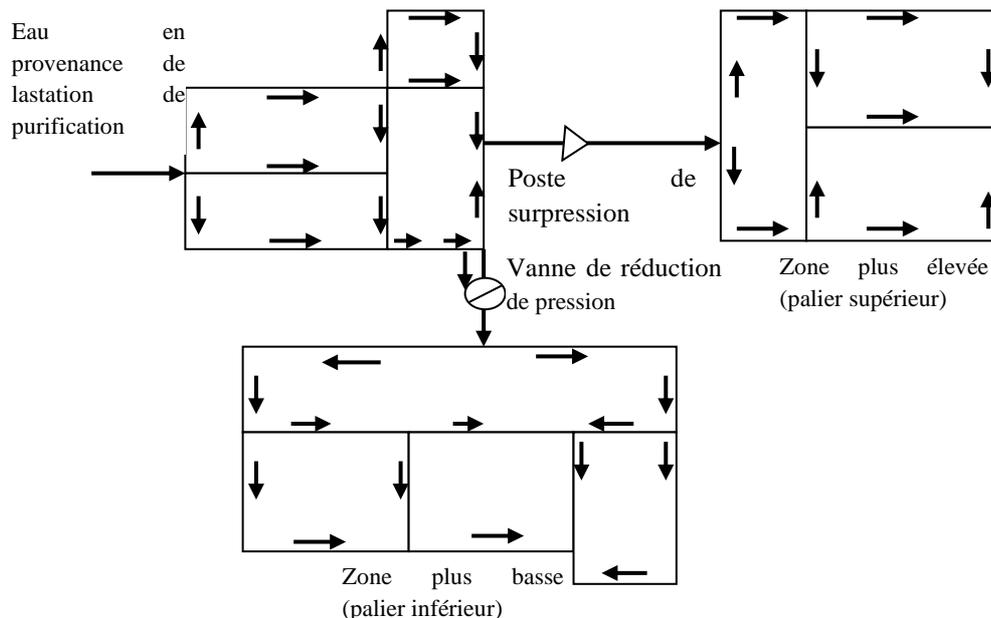


Figure I-11 : Réseau étagé.

**❖ Réseau à alimentations distinctes :**

Les réseaux à alimentations distinctes distribuent, l'un, l'eau potable destinée à tous les besoins domestiques, et l'autre, l'eau non potable réservée aux usages industriels et aux lavages et arrosage des rues et plantations. Ces réseaux ne se justifient que dans les installations extrêmement importantes. A notre connaissance, seul Paris, dispose d'un réseau à double alimentation.

**I-7-2- Structure du réseau de distribution :**

La structure du réseau d'AEP dépend de la localisation des abonnés, de leur importance et du niveau de demande à assurer. La structure traduit les dimensions des conduites, la capacité des réservoirs, le nombre de pompes et la puissance fournie.

Ces caractéristiques sont détaillées dans ce qui suit :

**➤ Les conduites :**

Les conduites permettent l'acheminement de l'eau d'un point à un autre point du réseau. Une conduite est un segment de tuyau ou canalisation délimitée par deux points de consommation d'eau appelés *nœuds*. Chaque conduite est caractérisée par :

- Un **nœud** initial et un **nœud** final.
- Une longueur donnée  $L$ .
- Un diamètre  $d$ .
- Un coefficient de rugosité  $C$  traduisant la perte de charge.
- Un état : ouvert, fermé.

**➤ Les pompes :**

Une **pompe** est un dispositif permettant de fournir de l'énergie au liquide. Le fonctionnement de la pompe est relié généralement à un réservoir. Le démarrage et l'arrêt de la pompe sont fonction du niveau du réservoir ou de plages horaires spécifiques.

La **pompe** devra compenser les dissipations d'énergie dans les conduites tant d'aspiration que de refoulement ; dénommées *pertes de charge* elles sont couramment évaluées en hauteur d'eau exprimée en mètre.

**➤ Les vannes :**

Certaines conduites de longueur fictive comporte des vannes qui permettent de limiter la pression ou le débit en des points précis du réseau. Les vannes sont caractérisées par :

- Les nœuds d'entrée et de sortie ;
- Le diamètre ;
- Le diamètre de la consigne de fonctionnement et l'état de la vanne ;
- Coefficient de perte de charge singulière.

**➤ Les nœuds :**

Les **nœuds** représentent des points de jonction entre les conduites. Ils correspondent à des points d'entrée ou de sortie d'eau. Il existe deux catégories de nœuds :

- **Les nœuds à débit fixe:**

Ces **nœuds** se caractérisent par une cote au sol connue et un débit connu (demande), l'inconnue est la pression au nœud qui doit être calculée. Ils correspondent à des points de consommation dans le réseau. Ces nœuds peuvent décrire la consommation d'un ou de plusieurs abonnés de même type.

- **Les nœuds à charge fixe :**

Ce sont des nœuds où la charge est fixée ou dont la cote piézométrique de l'eau est connue. Il peut s'agir d'un réservoir dont le niveau d'eau varie en fonction du temps au sol ou sur tour, d'un poteau à incendie ou d'une bache de pompage dont le niveau reste inchangé.

### **I-7-3- La pression dans le réseau :**

Le réseau doit être calculé de telle sorte que l'eau parvienne aux consommateurs avec une pression minimale. L'eau doit en effet atteindre les étages supérieurs des habitations et permettre l'utilisation efficace des appareils ménagers (chauffe-bain, machine à laver). Une pression minimale de **150kpa** est alors recommandée.

En vue de la bonne tenue des canalisations, et notamment de leurs joints, il y a lieu d'éviter des pressions supérieures à **500kpa** qui risquent d'apporter des désordres (fuites) et certains bruits désagréables dans les installations intérieures des abonnés.

#### **A) - Pression de service :**

- C'est la pression minimale à laquelle l'eau est fournie à l'utilisateur pour un confort d'utilisation. Elle est fixée suivant les normes en vigueur par le gestionnaire du service d'eau.
- Elle permet à l'utilisateur d'opérer des prélèvements d'eau depuis la canalisation, sans efforts particuliers.
- Le projecteur doit concevoir le réseau AEP de manière à assurer au minimum la pression de service à tous les nœuds et en situation de pointe.

#### **B) - Valeurs de pression de service :**

- Valeur contractuelle en AEP simplifiés :  **$P_{ser} = 5$**  (m.c.e).
- Valeur pour les AEP classiques :  **$P_{ser} = 10$  à  $20$**  (m.c.e).
- La vitesse d'écoulement **V** doit être comprise entre une valeur minimale et maximale
- **$V_{min}$**  permet de garantir l'auto curage (éviter les dépôts).
- **$V_{max}$**  est liée à l'érosion du matériau de revêtement de la conduite : c'est une donnée fournie par constructeur.

**I-8- Problèmes pouvant être rencontrés dans un réseau d’AEP :**

Plusieurs problèmes de différentes origines peuvent survenir dans un réseau d’AEP ; des fuites, les branchements illicites, les erreurs de comptage, les problèmes environnementaux, pénétration de contaminants, chute de pression, des ruptures ou casses sur les conduites et leurs accessoires, les interruptions. A ces problèmes s’ajoutent des problèmes de gestion du réseau.

Ces différents problèmes causent le mécontentement des consommateurs qui réagissent en déposant des plaintes sur les différents services (quantité insuffisante, qualité médiocre, interruption de l’alimentation, etc.) au niveau des services concernés. Les différents problèmes survenant dans un réseau d’alimentation en eau potable peuvent être classés en trois grandes catégories :

- Problèmes induisant les ruptures et les casses.
- Problèmes induisant les fuites.
- Problèmes induisant la dégradation de la qualité de l’eau.

**I-9- Gestion des réseaux :****I-9-1- Gestion classique :**

La gestion d’un réseau d’AEP a pour principale mission d’assurer les fonctions de production, stockage et distribution. La gestion classique des réseaux présente beaucoup d’inconvénients. Les supports cartographiques sur lesquels sont portés les objets représentant les réseaux sont difficilement manipulables. Cette gestion est également très limitée, les informations caractérisant les réseaux représentés sont portées sur le support en même temps que les objets graphiques eux-mêmes. Ceci peut provoquer une surcharge du support pouvant rendre illisibles certaines informations.

Cette gestion présente les problèmes suivants :

- L’archivage des documents cartographiques et les fiches techniques du réseau.
- La perte de temps pour la recherche d’une information bien déterminée.
- La difficulté de la mise à jour.
- La facilité de perdre des informations à cause de la mémorisation et l’archivage.

**I-9-2- Gestion informatisée des réseaux :**

La complexité des réseaux d’eau potable et la difficulté éprouvée par les gestionnaires de prévoir les phénomènes hydrauliques qui s’y déroulent, fait de la gestion informatisée une opération indispensable, rendue possible grâce aux progrès de l’informatique.

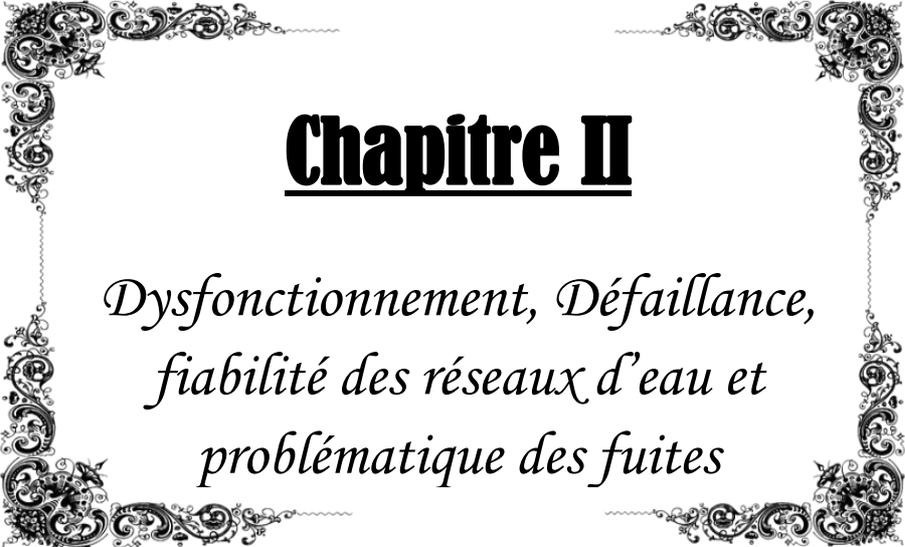
Elle permet en effet :

- D’améliorer la connaissance des réseaux faisant l’objet d’une telle étude ;
- De détecter et de comprendre les désordres pouvant se produire sur le réseau : on peut par exemple localiser les zones où la pression est anormale et en déduire la présence de fuites ou l’existence d’éléments inconnus, s’apercevoir que les temps théoriques de fonctionnement de pompes sont bien inférieurs aux temps mesurés ou découvrir d’autres indices qui témoignent de dysfonctionnement ;
- De simuler sur une période d’au moins une journée le comportement du réseau afin d’en optimiser les ressources, les capacités de stockage, les pompages ;
- D’étudier l’impact de nouvelles consommations ou d’éventuels incidents, de prévoir et adapter les installations pour faire face à de nouvelles contraintes ou à des situations de crises ;
- De dimensionner les extensions, les renforcements ou les aménagements nécessaires pour satisfaire les nouveaux besoins.

**I-10- Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons décrit d’une manière générale un réseau d’alimentation en eau potable et un ensemble de notions permettant de comprendre le fonctionnement du réseau.

L’eau étant captée, pompée ; traitée ; stockée et distribuée ; le coût sera très élevé ; il faut bien la protéger et la prendre comme une richesse nationale ; qui a une grande importance sur l’avenir.



## **Chapitre II**

*Dysfonctionnement, Défaillance,  
fiabilité des réseaux d'eau et  
problématique des fuites*

## **Chapitre II :**

### **Dysfonctionnement, Défaillance, fiabilité des réseaux d'eau et problématique des fuites**

#### **II-1- Introduction :**

Le rôle d'un gestionnaire du réseau d'eau potable c'est fournir aux usagers l'eau en quantité suffisante et de meilleure qualité possible ; pour cela il dispose d'installations visible en surface ; comme les stations de traitement, les réservoirs ainsi que des réseaux de canalisations qui sont enfouis dans le sol. Ces installations, une fois construites font l'objet de dégradations dues au temps ou à la corrosion et doivent être surveillées, contrôlées, et entretenues. Le temps et l'action des différents phénomènes (le sol corrosif, contrainte mécaniques, surpression, etc.) contribuent à la dégradation des canalisations d'un réseau et de ces accessoires. L'augmentation du nombre des interventions, des casses observées sur le réseau, ainsi qu'une dégradation de la qualité de l'eau transportée représente des indicateurs du vieillissement du réseau.

Ce chapitre comporte trois points principaux. Nous allons d'abord parler du dysfonctionnement des réseaux d'eau, décrire les différentes défaillances susceptibles de se manifester dans un réseau d'A.E.P, leurs causes et leurs effets.

Le second point portera sur la fiabilité hydraulique et l'entretien des réseaux d'A.E.P. Enfin, le dernier point aura pour objet l'illustration des différentes techniques de réhabilitation des conduites d'eau potable.

#### **II-2- Le Dysfonctionnement des réseaux d'eau :**

##### **II-2-1- Le Vieillissement d'un réseau d'eau :**

###### **II-2-1-1- Définition du vieillissement d'une conduite d'eau potable :**

Le vieillissement d'une conduite correspond à sa dégradation dans le temps, celle-ci donnant lieu, soit à certains dommages, soit au mauvais fonctionnement hydraulique du réseau.



**Figure II-1 : Vieillessement des canalisations**

### **II-2-1-2- Mauvais fonctionnement hydraulique du réseau engendré par le vieillissement d'une conduite**

#### **❖ Chute de pression :**

Une conduite en service aura un diamètre diminué à cause de l'entartrage ou des protubérances dues à la corrosion.

#### **❖ Fuites diffuses :**

Dues aux détériorations des joints ou à la corrosion des tuyaux. Une forte augmentation de leur nombre peut avoir une incidence directe sur le réseau et diminuer le rendement.

#### **❖ Ruptures :**

Dues à l'action combinée de la corrosion sur la conduite et du mouvement de sol (vibration, séisme, travaux divers). Une rupture peut entraîner une intervention sur le réseau de plusieurs heures, pendant laquelle les abonnés sont éventuellement privés d'eau ou bien subissent une chute de pression.

Chacune de ces détériorations engendre en outre certains dommages qui sont :

- Des pertes d'eau, d'où une augmentation de la production ;
- Des pertes en énergie (augmentation du temps de pompage) ;
- Des interventions sur le réseau.

### **II-2-1-3- Dommmages divers engendrés par le vieillissement d'une conduite :**

#### **a)- Détérioration de la qualité d'eau :**

On peut distinguer deux types de dommages liés à la dégradation de la qualité de l'eau. Le premier est celui qui engendre la non potabilité de l'eau. Il faut alors élaborer un nouveau traitement rendant cette eau potable. Le deuxième concerne l'augmentation du nombre de plaintes des abonnés dû à une apparence négative de l'eau (**odeur, couleur, goût**). Ceci entraîne alors une baisse d'image de marque de service exploitant.

#### ❖ **Fuites diffuses** :

Ces fuites peuvent déstabiliser la conduite en érodant le lit de pose, d'où rupture au niveau des points fragiles du tuyau.

#### ❖ **Ruptures** :

Elles peuvent avoir des incidences indirectes :

- **Inondation** : D'où coupure de trafic sur la chaussée concernée, ou dommage chez un particulier.
- **Coupure d'eau** : Donc dommages causés notamment aux industries ou aux centres de santé.
- **Plaintes des abonnés** : Chacun de ces dommages engendre des coûts indirects, qui peuvent être souvent nettement supérieurs aux coûts directs de main d'œuvre pour effectuer la réparation.

### **II-2-2- Évaluation du vieillissement d'une conduite :**

#### **II-2-2-1- La qualité de l'eau :**

Le phénomène de vieillissement ne peut être quantifié directement, mais à partir des phénomènes par lesquels il se manifeste. La mesure de la dégradation de la qualité de l'eau peut permettre de caractériser l'état de la ou des conduites proche du point de mesure ou de l'endroit où a eu lieu de plainte d'un abonné. Elle peut renseigner sur l'état de corrosion de la conduite pour ce qui concerne les conduites métalliques. On a par exemple le phénomène d'eau rouge, qui correspond à l'oxydation d'ions ferreux en ions ferriques principalement dans les eaux douces, acides ou désaérées.

### **II-2-2-2- La diminution de la capacité de transport :**

Cette valeur correspond à la diminution du diamètre interne de la conduite ou à l'augmentation de la rugosité. Ceci est engendré par l'entartrage calcaire sur les conduites non revêtues d'un revêtement interne. La diminution de la capacité de transport se manifeste :

- ✓ Soit par la mise en évidence de l'augmentation des pertes de charges sur le réseau ou sur une partie, cette augmentation est non induite par l'augmentation de la consommation.
- ✓ Soit par la modélisation hydraulique du réseau.
- ✓ Soit par une comparaison entre des observations (pas assez de pression ou débit au niveau des habitations) et les débits théoriques entendus en certains points du réseau.
- ✓ Soit à partir d'échantillons de canalisations prélevés directement sur le réseau, et l'analyse de ces échantillons. Cependant ces relevés demeurent ponctuels et leurs interprétations sont difficilement généralisables.

### **II-3- Défaillances :**

#### **II-3-1- Définition :**

On appelle défaillance toute détérioration pouvant provoquer ou accentuer le risque de dysfonctionnement du réseau (ou de l'un de ses éléments), ou la diminution de son rendement.

#### **II-3-2- Les différents types de défaillances :**

##### **II-3-2-1- Les fuites :**

Ce sont des pertes physiques de quelques quantités d'eau, mais qui n'empêchent pas le fonctionnement normal du réseau. Les fuites sont généralement localisées dans les joints, les vannes, les raccordements, les points de jonction entre deux éléments ou dans le corps même de la conduite.

##### **❖ Effets des fuites :**

- Risque de dégradation de la qualité de l'eau suite à l'introduction d'eau polluée.
- Perturbation de la circulation suite aux inondations.
- Risque de retour d'eau.

### **II-3-2-2- Les pertes :**

Dans un réseau, on distingue deux types de pertes et leurs causes sont diverses:

#### **❖ Les pertes techniques :**

Elles sont dues :

- Au débordement des réservoirs dues soit mauvais fonctionnement du flotteur ou de la vanne de vidange.
- Aux fuites sur conduites et branchements particuliers engendrées par les casses et leurs différentes causes.
- Aux fuites sur robinets, vannes et colliers dues à un mauvais serrage des joints, des presses étoupent des vannes et des colliers de prise.

#### **❖ Les pertes administratives :**

Ce sont les eaux consommées mais non comptabilisées. On citera :

- La consommation des organismes publics.
- La défectuosité ou l'insensibilité des compteurs.
- Absence de compteurs chez les abonnés.
- Pertes par branchements illicites.

### **II-3-2-3- Les casses (ruptures) :**

Une rupture ou une casse est définie comme étant une détérioration induisant un arrêt momentané de l'alimentation en eau et qui nécessite une intervention sur le réseau.

#### **❖ Les causes des ruptures :**

- Mouvement du sol.
- Coup de bélier.
- Travaux de chantier.
- Trafic routier intense.
- Conditions de pose.
- Etc.

❖ **Les effets des ruptures :**

- Fuites et leurs conséquences.
- Risque d'introduction d'eau polluée.
- Interruption de l'alimentation en eau des abonnés.
- Etc.

**II-3-2-4- Dégradation de la qualité de l'eau :**

De la source jusqu'à son arrivée aux usagers, l'eau peut subir de très nombreuses modifications de sa qualité intrinsèque.

Une bonne connaissance des facteurs qui peuvent influencer la qualité de l'eau dans le réseau est indispensable pour les services d'exploitation afin d'anticiper et d'éviter des problèmes potentiels tels que les risques sanitaires.

Les facteurs susceptibles de provoquer la dégradation de la qualité de l'eau sont:

- Les facteurs biologiques :
- Les facteurs physico-chimiques : le PH, les chlorures, les nitrates, le Plomb, la température.
- Facteurs liés à la conception et à la gestion du réseau

**II-3-2-5- Les interruptions :**

Une interruption est un arrêt momentané de l'alimentation en eau dans la durée réservée à la distribution. Cet arrêt dû soit au dysfonctionnement de quelques ouvrages hydrauliques (pompe, réservoir ...etc.), soit à une réparation d'une fuite, soit à une action ayant pour but d'éviter un danger qui menace la population (inondation, dégradation de la qualité de l'eau), soit à un sabotage sur le réseau.

**II-4- La fiabilité d'un réseau d'eau :**

**II-4-1- Indices de fiabilités hydrauliques :**

**II-4-1-1- 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 consommation en fonction des paliers susmentionnés.

---

**II-4-1-2- 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.

$$\text{IDN} = \frac{\text{Nombre de noeuds non desservis}}{\text{Nombre total de noeuds constituant le réseau}} \dots\dots\dots (\text{II-1})$$

**II-4-2- Le rendement :**

Le rendement du 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 l'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.

**II-4-2-1- Rendement primaire :**

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

$$\text{RP} = \frac{\text{Volume d'eau consommé par les abonnés}}{\text{Volume mis en distribution}} \dots\dots\dots (\text{II-2})$$

**II-4-2-2- 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 volume consommé, il faut additionner le volume consommé comptabilisé et le volume consommé non comptabilisé.

$$\text{RN} = \frac{\text{Volume d'eau consommé comptabilisé}}{\text{Volume mis en distribution}} \cdot 100 \dots\dots\dots (\text{II-3})$$

---

**II-4-2-3- 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 réseau.

$$\text{ILP} = \frac{\text{Volume des pertes}}{\text{Longueur des conduites hors branchement}} \dots\dots\dots (\text{II-4})$$

**II-4-2-4- L'indice linéaire de perte primaire :**

On ne tient pas compte des volumes utilisés non comptabilisés.

$$\text{ILP}_{\text{primaire}} = \frac{\text{Volume annuel mis en distribution} - \text{Volume annuel comptabilisé}}{\text{Linéaire du réseau} * 365} \dots\dots\dots (\text{II-5})$$

**II-4-2-5- L'indice linéaire de perte net :**

$$\text{ILP}_{\text{net}} = \frac{\text{Volume annuel mis en distribution} - \text{Volume annuel consommé}}{\text{Linéaire du réseau} * 365} \dots\dots\dots (\text{II-6})$$

**II-4-2-6- Indice linéaire de consommation :**

$$\text{ILC} = \frac{\text{Volume consommé}}{\text{Longuer des conduites hors branchement}} \dots\dots\dots (\text{II-7})$$

**II-4-2-7- Indice linéaire de production :**

$$\text{ILP} = \frac{\text{Volume Produit}}{\text{Longuer des conduites hors branchement}} \dots\dots\dots (\text{II-8})$$

**Nota :** Un réseau d'eau est considéré comme fiable si son rendement est élevé et vis 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.

## **II-5- La problématique des fuites :**

Les fuites engendrent des pertes qui peuvent être de deux types:

- Les pertes au niveau d'adduction qui surviennent dans le cas où il y a des transferts d'eau très importants, entre la production et la mise en distribution. L'absence de comptage tant à l'amont qu'à l'aval ne permet pas d'évaluer ces pertes.
- Les pertes en distribution qui correspondent à la différence entre le volume d'eau distribué et le volume d'eau consommé. Elles sont due aux :
  - Fuites au niveau des joints,
  - Fuites aux différentes prises de branchement,
  - Fuites sur branchements ;
  - Cassures des conduites ;
  - Erreurs de comptage ;
  - Eaux piratées (branchements illicites).

### **II-5-1- Types des fuites :**

L'EPA (Environmental Protection Agency) a regroupé et utilisées des données sur les fuites ou ruptures dans plusieurs services Américains. Les données recueillies ne sont pas toujours basées sur les mêmes définitions concernant les fuites.

La limite entre rupture et fuite n'est pas toujours bien définie ; **une rupture** est une fuite, mais **une fuite** n'est pas obligatoirement une rupture, ces fuites peuvent être visibles ou non. Elles sont classées en deux types :

- **Les fuites diffuses**
- **Les ruptures (défaillances) ou les fuites apparentes.**

#### **II-5-1-1- Les fuites diffuses :**

Les **fuites diffuses** sont mises en évidence lors des mesures bien spécifiques ou lorsque la tranchée d'une conduite est ouverte. Elles n'entraînent pas en général de réparations sur la conduite. Ce sont elles qui en général abaissent le rendement d'un réseau et ne lui permettent pas d'avoir une valeur supérieure à **90% à 95 %**.

Elles caractérisent, soit une **fragilisation** du tuyau par de petites ouvertures, soit un **mauvais état** des joints qui devient alors poreux. On peut les constater de manières différentes :

- 
- Par le constat d'une diminution importante du rendement du réseau ;
  - Par une augmentation croissante de la consommation de nuit ;
  - Soit par des campagnes de mesures sur terrain, par des techniques de corrélation acoustique. Ce genre de mesure permet de retrouver précisément quelles sont les conduites les plus dégradées.

L'état de conduite est alors déterminé par le nombre et la taille des fuites que l'on peut détecter.

#### **II-5-1-2- Les ruptures (défaillances) ou les fuites apparentes :**

Ces fuites (ruptures) qui entraînent automatiquement des interventions sur le réseau, on l'appelé par la suite *défaillance*. Elles sont mise en évidence, soit parce qu'elles entraînent, au niveau de la chaussée, une inondation plus au moins importante, soit parce que l'on constate une augmentation brutale de la consommation de nuit. Dans ce cas on peut trouver l'endroit de la rupture avec précision ou de la fuite avec un jeu de vannes.



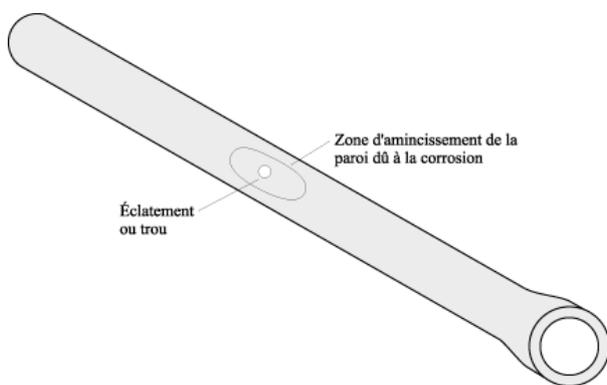
**Figure II-2 : Une conduite ayant subi une rupture**

Ces casses caractérisent un mauvais état de la conduite et une certaine fragilisation ; elles peuvent avoir lieu à la suite d'une corrosion dans le temps de la conduite reliée à un mouvement de sol ou une augmentation de la pression interne. Elles correspondent soit à une diminution de la paroi de la conduite, soit à la formation de trous (**Figure II-3-a**).

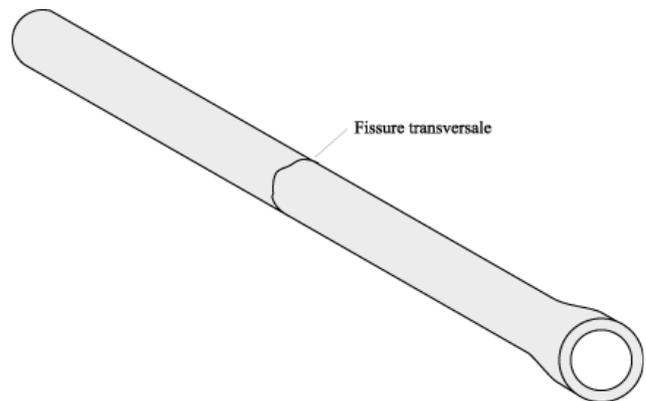
En général ces ruptures sont différentes selon le diamètre. En fonction du diamètre et du type de défaillances, **les ruptures transversales (Figure II-3-b)** ont lieu surtout sur les petits diamètres alors que les gros diamètres subissent plutôt **des ruptures longitudinales ou des piquages (Figure II-3-c)**.

Ces casses caractérisent un mauvais état de la conduite et une certaine fragilisation ; elles peuvent avoir lieu à la suite d'une corrosion dans le temps de la conduite reliée à un mouvement de sol ou une augmentation de la pression interne. Elles correspondent soit à une diminution de la paroi de la conduite, soit à la formation de trous (**Figure II-3-a**).

En général ces ruptures sont différentes selon le diamètre. En fonction du diamètre et du type de défaillances, **les ruptures transversales (Figure II-3-b)** ont lieu surtout sur les petits diamètres alors que les gros diamètres subis

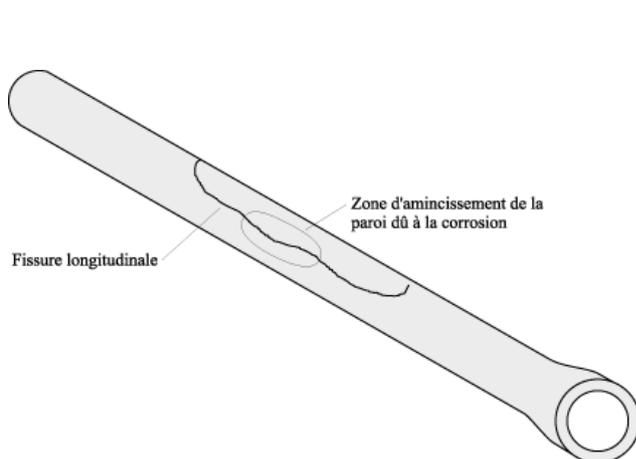


**Figure II-3-a : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Eclatement)**

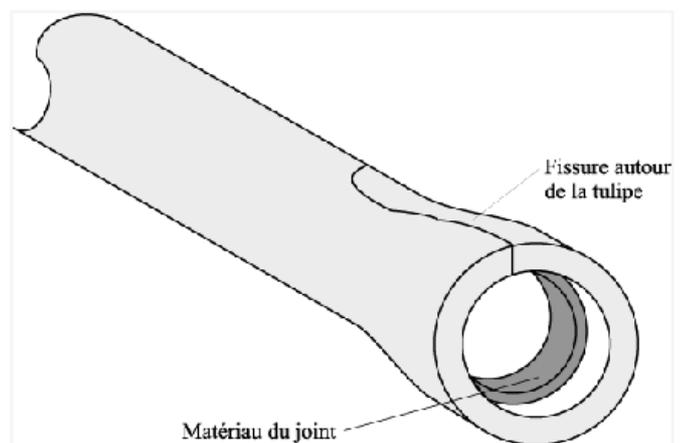


**Figure II-3-b : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure transversale)**

Elles peuvent également concerner les fuites au niveau des joints (pour les diamètres plus élevés (**Figure II-3-d**)) qui, en fonction de leurs importances, deviennent apparentes.



**Figure II-3-c : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure longitudinale)**



**Figure II-3-d : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure autour de la tulipe et joint)**

Une **rupture** ou les **fuites apparentes** correspondent à un affaiblissement de la conduite, c'est-à-dire une diminution de la paroi, en un endroit précis (**piquage**) ou non (**fissure**) combinée à une augmentation de contraintes sur la canalisation, soit à une non- étanchéité du joint.

### II-5-2- Causes des fuites :

Les fuites peuvent être dues aux plusieurs facteurs. Ils peuvent être répartis en groupes :

- Les éléments propres au type de la canalisation
- Les éléments liés à l'exploitation des réseaux
- Les éléments extérieurs aux réseaux.

La **figure II-4** montre les différentes causes qui peuvent entraîner l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable.

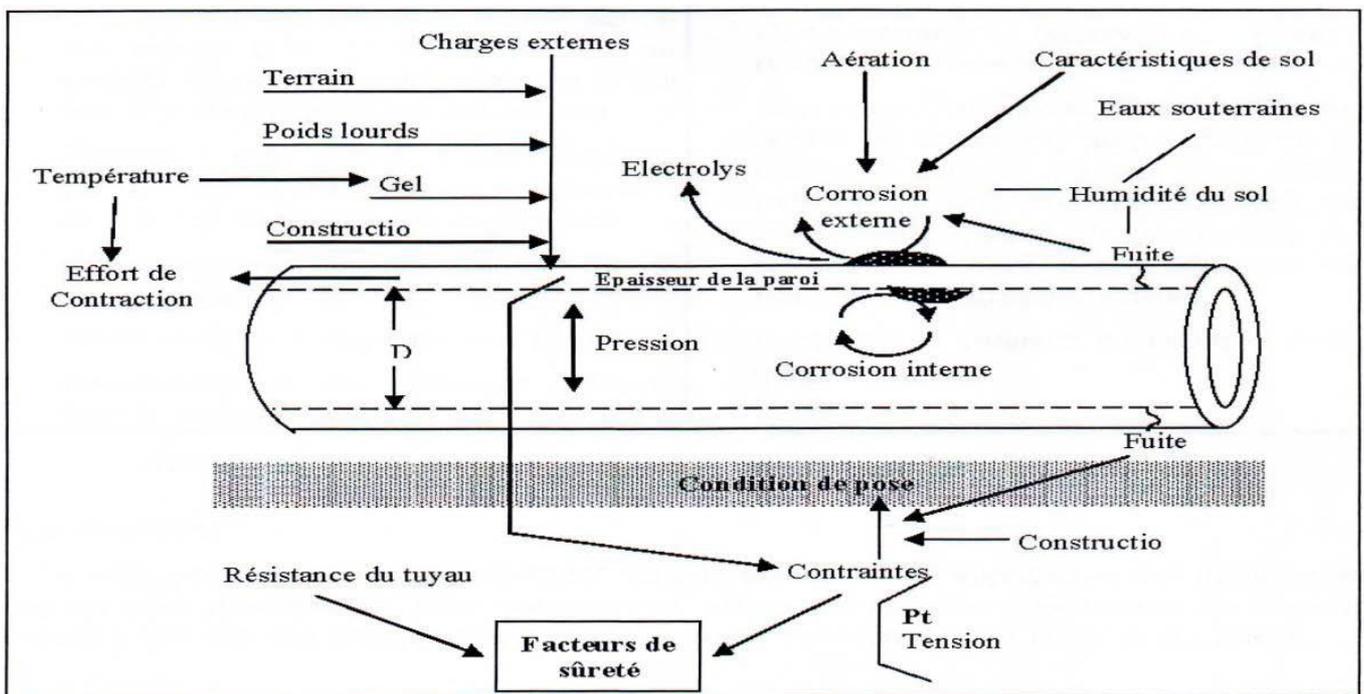
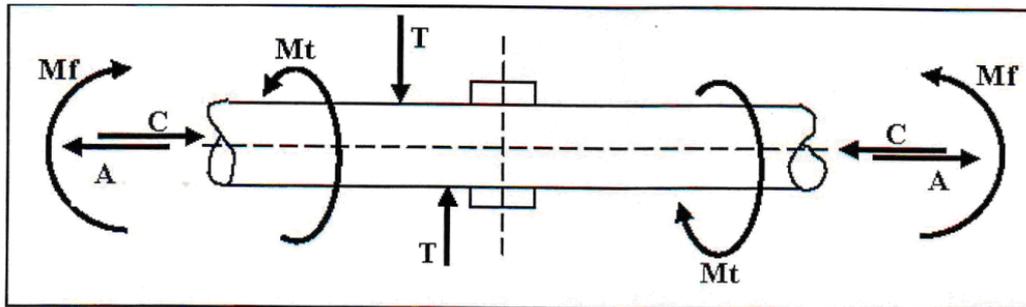


Figure II-4 : Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable

### II-5-2- 1- Les différentes contraintes qui agissent sur une canalisation :

La figure II-5 récapitule les différentes contraintes mécaniques qui agissent sur une conduite.



**Figure II-5 : Contraintes subies par une conduite d'eau potable**

**Mf** : moment de flexion susceptible de provoquer une courbure de la canalisation.

**Mt** : moment de torsion susceptible de tordre la canalisation autour de son axe.

**T** : contrainte de cisaillement.

**A** : effort de traction axiale.

**C** : contrainte de compression.

Ces contraintes peuvent être variées à cause de :

- ✓ mouvement violent ou lent du sol,
- ✓ transmission directe excessive de charges accidentelles en surface,
- ✓ travaux de voiries.

### II-5-2-2- Les éléments influençant l'apparition des fuites :

#### a)- Les éléments propres à la canalisation :

La durée de vie d'une conduite dépend de son matériau constructif, de ses dimensions (diamètre, épaisseur de la paroi), de ses résistances aux efforts internes et externes qui s'y appliquent et du processus de corrosion qui se développe.

- le diamètre ;
- le matériau ;
- le type de joint ;
- La corrosion interne.

❖ **Le diamètre :**

Le diamètre peut jouer un rôle important dans le mécanisme d'apparition des défaillances. Ainsi un petit diamètre est plus sensible aux efforts de traction. Les tuyaux de diamètre inférieur à **100 mm** ont presque toujours des ruptures transversales.

❖ **Le matériau :**

Tout matériau de canalisation d'eau potable doit se conformer à certaines spécifications de telle sorte qu'on évite de détériorer la qualité de l'eau transportée et retarder au maximum le vieillissement du réseau.

❖ **Le type des joints :**

Les joints sont conçus pour relier des tronçons de tuyaux. Ils doivent être placés entre des tuyaux alignés pour éviter leur détérioration prématurée. Ils existent trois types de joints ; en **plomb** ; en **caoutchouc** et en **matière plastique** elles se distinguent par leurs caractéristiques :

- les joints au plomb ne sont pas élastiques et transmettent donc les tensions d'un tuyau à l'autre.
- Les joints en caoutchouc sont bien entendu élastiques. Cependant leur vieillissement est encore mal connu.
- Les joints en matière plastique, les joints élastomères et les joints collés, entraînent des fuites diffuses importantes. Les services techniques ayant posé ce type de joint ont observé bien souvent une diminution du rendement de réseau.

❖ **La corrosion interne :**

La corrosion est toujours le résultat de la présence simultanée de deux agents : le métal et le milieu corrosif qui est l'eau dans le cas de la corrosion interne. La corrosion interne est régie par nombreux facteurs :

- La vitesse de l'eau peut avoir une influence sur les zones de dépôt ;
- Quand le PH d'équilibre n'est pas atteint, l'eau est alors agressive favorisant cette corrosion qui est particulièrement importante pour les tuyaux en acier ;
- Si l'équilibre calco-carbonique de l'eau n'est pas atteint, il se produit soit une diminution d'épaisseur de la paroi de la canalisation (eau agressive), soit une diminution de la section de la canalisation (eau incrustante).

---

Les principales conséquences de la corrosion interne sont la modification des diamètres des canalisations, la dégradation de la qualité de l'eau transportée et les capacités hydrauliques de la conduite.

**b)- Les éléments extérieurs aux réseaux :**

Les facteurs liés à l'extérieur de la canalisation sont :

❖ **La corrosion externe :**

Elle correspond à l'échange d'ions entre le sol et la paroi de la conduite et peut avoir diverses origines :

✓ **Les courants vagabonds :**

Ils sont générés par les installations électriques alimentées en courant continu, peuvent augmenter les risques de corrosion des canalisations. Ainsi une part importante de ces cas courants peut emprunter comme chemin de retour la canalisation en tant que conducteur, ce qui provoque une corrosion au niveau des points de sortie des courants.

✓ **L'hétérogénéité par contact :**

Elle a lieu au niveau des raccordements de canalisation de matériaux différents, ce qui peut entraîner une différence de potentiel importante et peut induire une pile de corrosion par contact. Pour interdire le passage du courant, il faut isoler les conduites au niveau des raccordements.

✓ **L'hétérogénéité de surface :**

Est la conséquence du non respect des conditions de pose. Un choc lors de pose, peut provoquer une altération surfacique ou une discontinuité locale et création d'un phénomène de pile électrique.

✓ **L'hétérogénéité du sol :**

Lorsqu'une canalisation traverse des sols différents, il peut se créer une pile géologique dans laquelle la partie de la canalisation se trouvant dans le terrain le moins aéré devient anodique et se corrode (pile d'aération différentielle).

❖ **Les mouvements de sol et le trafic :**

Il faut considérer le poids des voitures, des camions et leur fréquence de passage qui, en fonction de l'épaisseur et du type de sol qui recouvrent la conduite ainsi que du type de chaussée en surface (rigide ou souple), génèrent des problèmes de fatigue et de surcharge.

❖ **Les charges du terrain :**

Sous l'appellation charges des terrains, on considère le poids des terres au-dessus de la conduite (d'où l'importance de la profondeur de pose de la canalisation). Ce poids variera d'un site à un autre en fonction de la teneur en eau et du type de matériaux constituant le sol.

c)- **Les éléments liés à l'exploitation des réseaux :**

Les éléments liés à l'exploitation du réseau sont:

✓ **La vitesse de l'écoulement :**

Une demande croissante en eau aura lieu une conséquence de l'augmentation de la vitesse de l'écoulement ce qui introduit une corrosion et génère des contraintes mécaniques excessives. À l'inverse une diminution ou décroissante aura pour conséquence relative des temps de séjour de l'eau dans les conduites, ce qui favorise la sédimentation et l'amorce de nouvelles formes de corrosion. La vitesse de l'eau dans les conduites doit être de l'ordre de 3m/s.

✓ **La pression :**

Il faut que la pression chez l'utilisateur ne dépasse pas **4 bars**. Au-delà de cette valeur, il y a un risque d'apparition de désordres. À l'inverse la pression minimale à l'entrée doit être **1 bar**.

✓ **La température de l'eau :**

Le risque de la température se traduit dans les branches mortes du réseau, où l'eau peut stagner. Une rapide diminution de la température peut alors entraîner une contraction de la canalisation.

✓ **Les conditions d'exploitation :**

Une augmentation de la charge hydraulique peut avoir lieu, suite à une modification du régime hydraulique, telle que le passage d'une adduction gravitaire à une alimentation avec pression ou la réduction de section due à une réhabilitation de canalisation.

✓ **Les manœuvres sur réseau :**

Le phénomène du coup de bélier est très violent et est dû à la circulation d'une onde de pression ou de dépression dans les conduites suite à l'ouverture ou fermeture brusque d'une vanne ; ou la coupure de l'alimentation en électricité ce qui engendre une coupure de pompage brusque. Ce phénomène peut fragiliser dangereusement les conduites.

### **II-5-3- Les manifestations des fuites :**

Les symptômes des fuites peuvent être multiples tels que :

- Le non concordance des volumes mesurés sur les compteurs ;
- L'anomalie dans la distribution, bruits anormaux sur les réseaux ;
- L'affaissement des terrains ;
- La présence de végétation anormalement développée ;
- Les terrains humides par temps sec ;
- L'arrivée de l'eau claire dans les égouts ;
- La baisse anormale du niveau d'eau dans le réservoir ;
- L'humidité anormale sur la chaussée.

### **II-5-4- La recherche des fuites :**

#### **II-5-4-1- La détection des canalisations :**

Pour que les fuites soient localisées; il nécessite la connaissance précise de l'emplacement des conduites. Comme les plans ne sont plus toujours précis. Alors on fait recours à :

- La mémoire humaine, et
- Aux méthodes de détection des conduites comme :
  - ✓ La détection électromagnétique (conduites métalliques).
  - ✓ La détection électromagnétique d'une sonde introduite dans la canalisation.
  - ✓ Les méthodes acoustiques : détection d'une onde sonore transmise à la canalisation par vibreur

#### **II-5-4-2- Recherches des fuites :**

Une étude du diagnostic permet de mettre en évidence les dysfonctionnements du système d'alimentation en eau potable et en particulier d'identifier les secteurs prioritaires pour la diminution des pertes d'eau par la localisation des fuites et les réparer. Il y a plusieurs méthodes de recherche des fuites :

#### **II-5-4-3- Méthodes de recherches des fuites :**

Les méthodes de recherche des fuites sur les conduites sont au nombre de sept. On distingue la méthode :

- Du gaz traceur.
- La thermographie.
- Du georadar.
- Acoustique.
- De quantification.
- Du comptage.

❖ **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 (par exemple ; l'hélium ou 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.

❖ **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.

❖ **Le géoradar :**

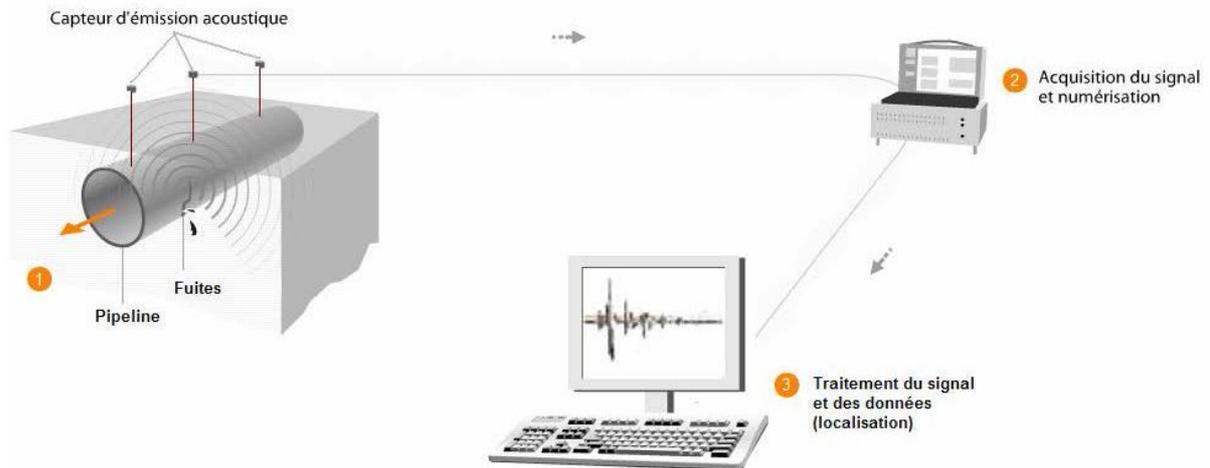
Les radars permettent de repérer les fuites de deux façons.

- 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 géoradar sont partiellement réfléchies vers la surface du sol lorsqu'elles rencontrent une anomalie dans les propriétés diélectriques (un vide ou une conduite).

❖ **Méthode acoustique :**

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



**Figure II-6 : Principe de la détection**

❖ **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.

✓ **Les appareils d'auscultation :**

Se 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.



**Figure II-7: Appareils d’auscultation ; les tiges d’écoute (à gauche) et microphones (à droite)**

✓ **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.

✓ **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. 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 :

$$T_1 = \frac{L_1}{V} \dots\dots\dots (II-9)$$

Où  $V$  représente la vitesse de propagation du son dans la conduite. Le temps mis par le signal 2 à fin d'arriver est :

$$T_2 = \frac{L_2}{V} \dots\dots\dots (II-10)$$

Décalage du signal 2 par rapport au signal 1:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \frac{L_2 - L_1}{v} \dots\dots\dots (II-11)$$

Avec :

$$L_2 = D - L_1$$

Alors :

$$\Delta T = \frac{D - 2L_1}{v} \dots\dots\dots (II-12)$$

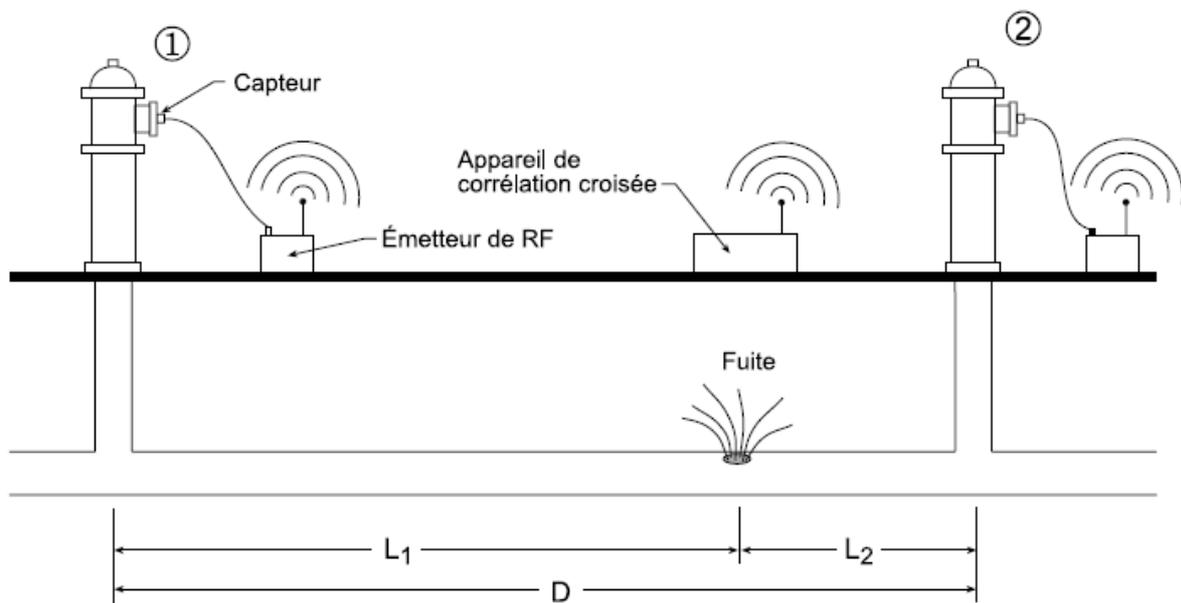


Figure II-8 : La corrélation par bruit de fuites

**II-6- Entretien des réseaux d'A.E.P :**

L'entretien du système de distribution d'eau vise plusieurs objectifs comme le maintien d'un service fiable, d'une eau de bonne qualité et de coûts d'opération minimum.

**II-6-1- Entretien des réservoirs :**

Cela consiste à faire :

- Une analyse de la qualité de l'eau.

- 
- Vidange et nettoyage de l'ouvrage au moins une fois par an. Ces opérations doivent être suivies de désinfection de l'ouvrage et d'un contrôle de la qualité de l'eau après remise en eau de l'ouvrage.
  - Des travaux de génie civil : ces travaux concernent la dégradation du béton et les défauts d'étanchéité.
  - Réparation des équipements détériorés (vannes, clapets de vidange, flotteurs, etc.).

### **II-6-2- Entretien des adductions et du réseau de distribution :**

Les travaux d'entretien du réseau de distribution et de l'adduction concernent les conduites et tous les accessoires qui les accompagnent. Ces travaux sont :

- Surveillance et entretien.
- Actions de réductions des pertes.

#### **II-6-2-1- Surveillance et entretien :**

La surveillance et l'analyse des états physiques, hydrauliques et d'encrassement du réseau permettent de mieux appréhender les problèmes qui surviennent dans le réseau. Cela consiste à :

- ✓ Faire un entretien périodique (visite, graissage, révision) des organes mécaniques des appareils de fontainerie.
- ✓ Vidanger et purger les régulateurs de pression.
- ✓ Vérifier le bon fonctionnement des ventouses.
- ✓ Resserrer les presse-étoupe des vannes.

#### **II-6-2-2- Actions de réduction des pertes en eau :**

Pour réduire les pertes en eau dans l'adduction et dans le réseau de distribution, deux actions sont nécessaires pour l'exploitant ; la première, la plus importante est la recherche et la réparation des fuites. La seconde plus ou moins importante est le comptage.

**II-7- Conclusion :**

Nous avons défini au cours de ce chapitre un ensemble de notions permettant de comprendre le fonctionnement du réseau. Les conduites de distribution d'eau potable se dégradent dans le temps sous l'effet combiné des charges mécaniques et d'agressions électrochimiques.

Dans ce chapitre, nous avons vu que les défaillances, qui ont lieu dans le réseau, engendrent parfois des dégâts considérables qui nécessitent des investissements importants. Le rendement du réseau diminue ainsi nettement, suite à l'apparition des fuites.

A decorative rectangular border with ornate floral and scrollwork patterns in each corner, framing the central text.

# Chapitre III

## Résultats et discussion

## **Chapitre III :**

### **Les pertes d'eau dans les réseaux d'alimentation en eau potable**

#### **III-1- Introduction :**

La Connaissance et maîtrise des pertes dans les réseaux d'eau potable, la maîtrise de la ressource en eau sont un enjeu majeur, tant sur le plan qualitatif que quantitatif.

La perte d'eau se produit dans tous les systèmes, c'est seulement le volume qui varie et il reflète la capacité d'une utilité de contrôler son réseau. Pour comprendre les raisons pour lesquelles, comment et où l'eau est perdue, les gestionnaires doivent effectuer une évaluation des caractéristiques physiques du réseau et de la pratique opérationnelle courante. Dans beaucoup de cas le problème de la perte d'eau est provoqué par l'infrastructure pauvre, la mauvaise pratique de gestion, les caractéristiques de réseau, les pratiques opérationnelles, les technologies, les qualifications et les influences sociales et culturelles.

La recherche des fuites d'eau dans les réseaux AEP, mais aussi chez les particuliers dans une moindre mesure, est un sujet dont l'importance va croître.

Cette importance se justifie par la rareté de l'eau destinée à devenir de l'eau potable, par son prix ajouté à celui de l'assainissement, mais aussi d'un point de vue écologique, par les modifications climatiques qui perturbent notre approvisionnement.

#### **III-2- Pertes :**

Par le terme « pertes », il est désigné la quote-part du volume total alimenté dans un réseau d'approvisionnement qui ne peut être prise en considération dans les calculs de bilan (volume mesuré alimenté par rapport au volume mesuré prélevé).

Ces pertes se composent essentiellement de deux éléments. D'une part, il s'agit des « pertes administratives » et de l'autre des « pertes physiques ».

##### **❖ Les pertes administratives concernent surtout:**

- Les prélèvements non comptabilisés des branchements (manque de compteurs ou défaillance du système de mesure).
- Le système de facturation au forfait.
- Les prélèvements illégaux (comme par exemple, branchements illégaux, manipulation des compteurs).

---

**❖ Les pertes physiques concernent surtout:**

- Les fuites dans le réseau d'approvisionnement (joints défectueux des raccordements des tuyaux, conduites et robinetterie, réservoirs non étanches, etc.),
- Mauvais raccordements avec d'autres systèmes d'approvisionnement,
- Autres prélèvements non rémunérés comme par exemple, prise pour la lutte contre les incendies, prélèvements pour travaux d'inspection et entretien du réseau, rinçage des conduites etc.

**III-3- La problématique des pertes :**

La recherche des **fuites** d'eau dans les réseaux AEP, mais aussi chez les particuliers dans une moindre mesure, est un sujet dont l'importance va croître.

Cette importance se justifie par la rareté de l'eau destinée à devenir de l'eau potable, par son prix ajouté à celui de l'assainissement, mais aussi d'un point de vue écologique, par les modifications climatiques qui perturbent notre approvisionnement.

La recherche des **fuites** d'eau est destinée à assurer en premier lieu la sauvegarde de la continuité du service de l'eau pour les abonnés. En deuxième lieu, cette recherche permet de dégager des ressources financières pour améliorer les réseaux de distribution. Enfin la recherche des fuites évite de rejeter en pure perte de l'eau provenant d'une ressource de qualité et préserve ainsi le futur.

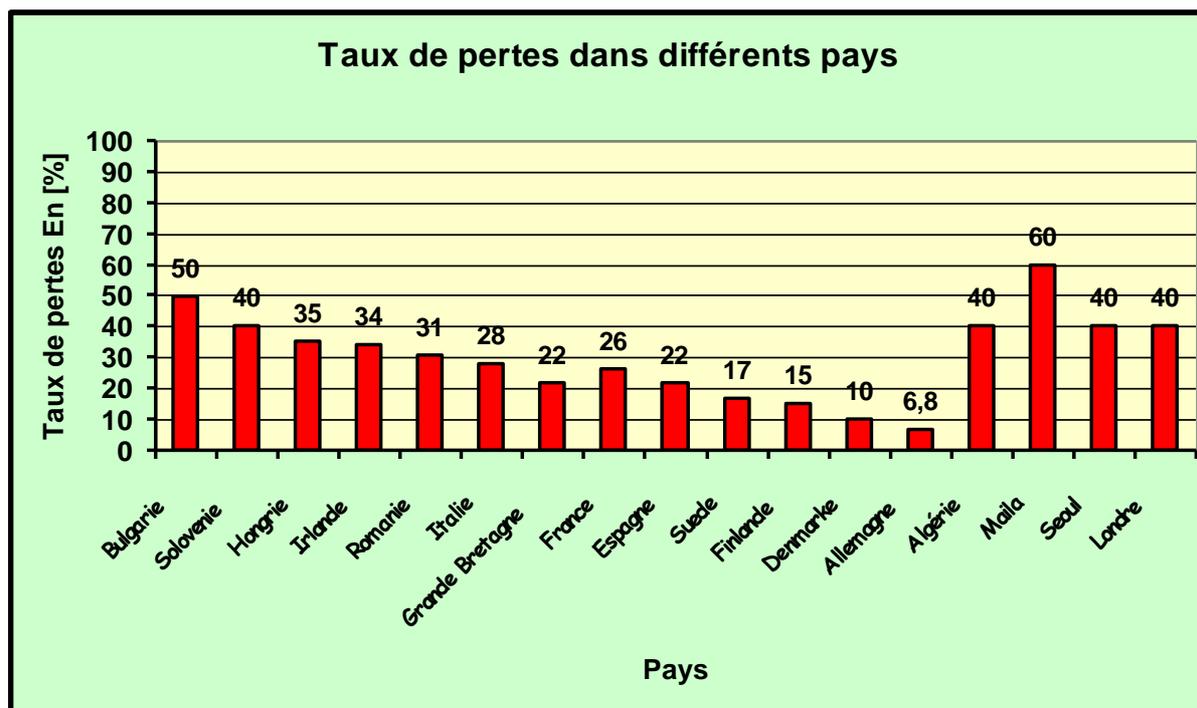
Vers la fin des années **90** l'association de l'eau internationale (**IWA**) a installé un groupe de travail pour développer la terminologie internationale et un ensemble d'indicateurs de performance de perte d'eau. En **2002** le groupe de travail de perte d'eau s'est embarqué sur des pratiques meilleures sur tous les aspects de perte d'eau. L'œuvre de ce groupe a été largement disséminé autour du monde et accepté par des praticiens dans beaucoup de pays.

En outre, l'institut de banque mondiale et la Banque européenne d'investissement investissent dans la gestion de perte d'eau. En **2007**, une conférence importante sur la perte d'eau a été tenue en Roumanie et suivie par près de plus de **300** délégués de **41** pays avec **91** papiers étant présentés. Ceci démontre clairement le grand intérêt et désir pour la gestion efficace de perte d'eau en Europe et au-delà. La réduction et le contrôle de perte d'eau dans des réseaux d'approvisionnement et de distribution en eau est un souci partagé.

En raison de la meilleure compréhension du problème il y a eu un mouvement éloigné de l'approche traditionnelle, de simplement augmenter l'approvisionnement, vers le développement de ressources et compréhensions de transferts nouveaux, à la gestion de la demande. La gestion de la demande se concentre sur l'utilisation plus efficace de l'eau, réduisant des pertes, l'utilisation moins inutile de l'eau, des appareils plus efficaces et la réutilisation de l'eau.

Du côté de l'offre, on estime que des pertes d'eau du système de distribution s'élèvent à une moyenne environ de **30** à de **40%** de l'eau mise dans les réseaux. Dans une partie des pays européens de l'ancien orient il n'est pas rare de trouver la perte d'eau dépassé **50%** du montant total de l'eau mis dans le système (**Figure III-1**).

Les utilités qui ont des sources bon marché et abondantes ont souvent été peu disposées à dépenser l'argent en traitant la perte d'eau. La plupart de ces utilités ont pratiqué ce qui se nomme « un contrôle passive de fuite ». Ceci a généralement signifié qu'elles ont réparé les fuites évidentes et ceux rapportés par le public mais qu'il n'y a pas eu une politique de détecter les fuites non-visible ou non rapportées. Après tout, la découverte et la réparation des fuites est coûteuse, et parce que la réduction de pertes ne se traduit pas en des prix plus hauts de l'eau, il n'y a eu d'incitation pour quelques utilités pour ramener la fuite à un niveau acceptable.



**Figure III-1 : Taux de pertes dans les réseaux d'AEP dans différents Pays**

L'International Water Association (IWA) les classe en deux catégories : les **pertes apparentes** et les **pertes réelles**. Les pertes apparentes correspondent à des erreurs de comptage ou à des consommations non autorisées. Les pertes réelles comprennent les fuites sur le système de transport, y compris sur celui de l'eau brute, ainsi que les fuites et débordements au niveau des réservoirs.

Nous nous intéressons, en particulier, aux pertes sur le réseau de distribution d'eau potable depuis l'usine de traitement jusqu'au compteur de l'abonné. Ces pertes résultent des casses franches généralement réparées rapidement et de fuites non détectées qui proviennent pour la plupart d'une mauvaise étanchéité des canalisations et des organes hydrauliques. Les fuites non détectées n'entraînent pas d'interruption de service et le système de distribution continue de

---

fonctionner correctement dans la plupart des cas. Cependant, ces fuites sont responsables de pertes pouvant atteindre **30%** du volume d'eau introduit dans le réseau. Dans un contexte de ressources rares, les fuites diminuent d'autant les potentialités d'alimentation.

Le niveau de fuite dépend de paramètres liés :

- ❖ Aux caractéristiques des conduites (matériau et âge),
  - à leur condition de pose (nature du terrain),
  - au nombre de branchements,
  - à la capacité de l'exploitant à chercher les fuites et à sa réactivité pour les réparer,
  - aux conditions de la gestion technique (pression excessive, coup de bélier, air dans les conduites, . . .).

Ces paramètres induisent différentes actions destinées à réduire les fuites :

- le renouvellement des conduites ; c'est une action coûteuse dont les effets sont à long terme,
- la détection des fuites et leur réparation,
- la réduction de pression.

De nombreuses techniques ont été développées pour détecter et localiser les fuites. A partir d'un secteur jugé douteux, il faut identifier le tronçon fuyard (**prélocalisation**) puis déterminer la position précise de la fuite (**localisation**).

Les techniques de **prélocalisation** les plus utilisées sont les mesures de nuit et les enregistreurs de bruits. La première technique consiste à mesurer le débit minimum nocturne, en général entre **2 heures** et **4 heures**, et d'en déduire les pertes après déduction des consommations nocturnes permanentes.

La seconde technique consiste à faire une analyse sonore des conduites pour repérer le bruit généré par les fuites. Pour une localisation précise des fuites, des méthodes acoustiques ou un gaz traceur sont utilisés en fonction de la nature de la canalisation. Les méthodes ont des seuils de détection en-dessous desquels elles ne sont pas efficaces.

Les **pertes d'eau** occasionnées par les fuites non détectées dépendent directement de la pression dans les canalisations. Quand les conditions de distribution le permettent, la réduction de pression se traduit par une diminution des pertes. Elle est obtenue par la mise en place de vannes, de réducteurs de pression, de stabilisateurs, en certains points du réseau.

Le **gaspillage de l'eau** coûte cher aussi bien pour le consommateur que pour la collectivité. Le fait que l'eau soit perdue en fin de production présente une perte énorme pour les organismes chargés de la production et de la distribution de l'eau et par voie de conséquence pour le consommateur.

On estime en moyenne entre **20 %** et **30 %** de la consommation en eau perdue, par fuite et par gaspillage, ce dernier terme étant pris dans le sens «quantité d'eau excessive pour une fonction donnée».

Le tableau (III-1) présente le pourcentage des causes dominantes des fuites dans les réseaux :

**Tableau III-1 : Causes des fuites dans les réseaux**

Causes des fuites dans les réseaux	Causes sol	Autres
1. type de sol, mouvement de terre	27%	
2. Corrosion des conduites	10%	10%
3. Trafic intense		11%
4. Pression de service élevée		8%
5. Travaux sur les rues		8%
6. Age des conduites		8%
7. Gel	6%	
8. Conduites défailtantes		5%
9. Raccordement des conduites		4%
10. Pose incorrecte		3%
Somme	43%	57%

On remarque, selon ce tableau, que la dominance pourrait être attribuée aux causes liées aux types de sol, mouvements des terres, gel et corrosion des conduites.

La conservation de la ressource en eau et son utilisation rationnelle doivent permettre de répondre en partie à la demande et alléger les lourds programmes d'investissement et peut être même de faire face à la rareté de la ressource.

#### **III-4- Les différents types de pertes :**

Dans les réseaux d'eau potable, les pertes en eau peuvent atteindre un niveau élevé. L'International Water Association (IWA) les classe en deux catégories : les pertes apparentes et les pertes réelles

##### **III-4-1- Les pertes réelles :**

Elles comprennent les fuites sur les systèmes de transport et de distribution, ainsi que les fuites et débordements au niveau des réservoirs. Des exemples de pertes vraies (physiques) sont :

- Éclats rapportés et non rapportés sur des conduits
- Fuite de fond sur des conduits et des connections

- Fuite et débordements des réservoirs de service

Le volume de l'eau perdu par des fuites physique dépend de la condition de l'infrastructure et de la détection de fuite et de la politique de réparation de l'utilité particulière. Les facteurs qui affectent la quantité de l'eau perdue sont :

- Pression dans le système
- Fréquence des éclats et de leurs débits
- La durée que la fuite existe avant qu'elle est localisée et réparée
- Niveau de petites fuites indétectables (pertes de fond)



**Figure III-2 : Les pertes réelles**

#### **III-4-2- Les pertes apparentes :**

Elles correspondent à des erreurs de comptage ou à des consommations non autorisées

Des exemples des pertes apparentes (commerciales) sont :

- Erreurs sur des mètres de source et de production
- Erreurs sur des mètres de clients
- L'utilisation non autorisée c'est-à-dire des raccordements illégaux et le vol Le niveau des pertes apparentes dépend de la :

- Politique de changement de mètre du client de l'utilité
- Politique de législation de l'utilité pour traiter l'utilisation non autorisée

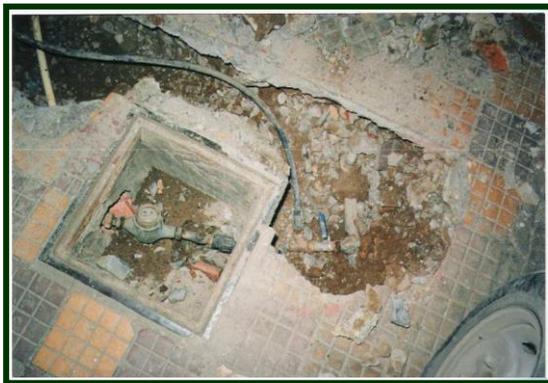


Figure III-3 : Les pertes apparentes

---

**III-5- Les volumes d'eau prélevés sans comptage :**

Les volumes d'eau prélevés sans comptage ont plusieurs origines:

**❖ Les volumes utilisés par le service pour le fonctionnement du réseau :**

Ce sont les volumes utilisés pour le lavage des réservoirs et des canalisations après installation ou réparation, les purges de canalisation, les écoulements permanents pour la lutte contre le gel...

**❖ Les volumes consommés par les services publics :**

Ce sont les volumes utilisés essentiellement pour des besoins publics (lutte contre l'incendie, arrosage des espaces verts, nettoyages des rues...);

**❖ Les volumes détournés :**

Ce sont les volumes utilisés frauduleusement par les branchements clandestins, les piquages avant compteurs, la falsification des compteurs, l'utilisation illégale des poteaux d'incendies...

**❖ Les volumes gaspillés :**

Ce sont des volumes qui résultent essentiellement de défaut d'exploitation engendrant des débordements de réservoirs, des purges ouvertes ou mal fermées...

**III-6- Les pertes d'eau résultant des défauts d'enregistrement :**

Les pertes d'eau résultant des défauts d'enregistrement des compteurs représentent la différence entre le volume effectivement utilisé et le volume comptabilisé.

Il s'agit généralement d'un sous comptage lié à l'imprécision des appareils de mesures. Ce sous comptage reste toutefois admissible si le volume non comptabilisé ne dépasse pas **5%** du volume réel. Cette imprécision augmente avec l'âge du compteur dont la durée de vie est de **7 à 10** ans.

La figure (III-4) illustre d'autres origines de fuites liées essentiellement aux problèmes de gestion, dysfonctionnement, et au gaspillage.

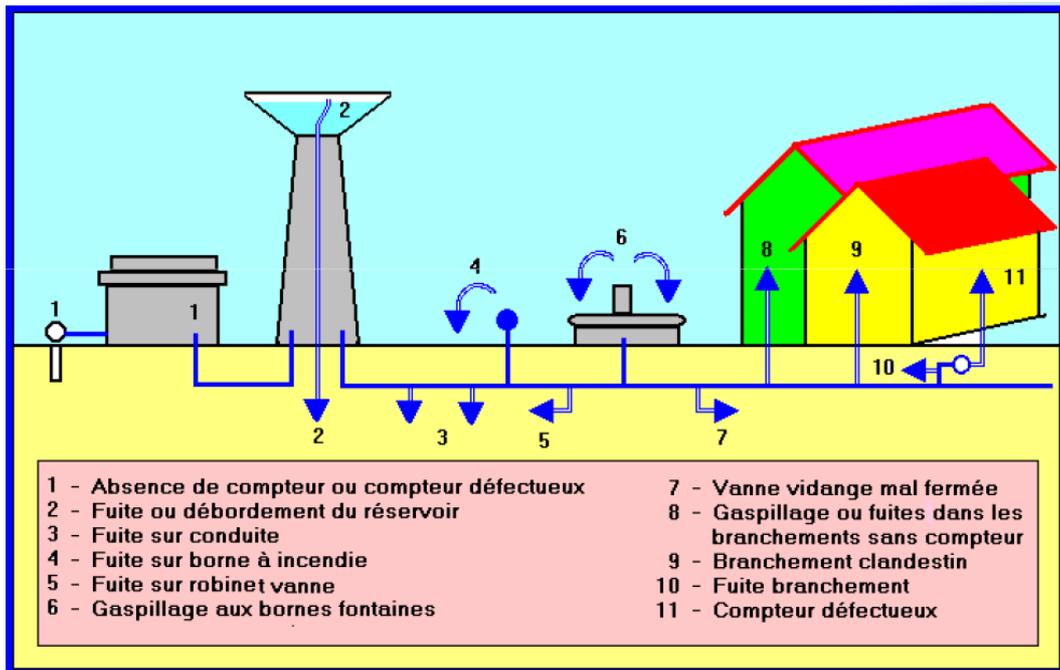


Figure III-4 : fuites liées à la gestion et au gaspillage

### III-7- Principaux cas de fraudes détectées :

- ◆ Aiguille chauffée pour percer le cadran et bloquer les rouleaux (ou les aiguilles). Le trou est ensuite rebouché avec une goutte de peinture.
- ◆ Serre-joint placé entre le dessus du compteur et le corps du compteur afin de bloquer l'enregistrement.
- ◆ Désolidarisation entre la boîte mesurante et le corps du compteur.
- ◆ Horlogerie détruite (en cas de grosse fuite détectée par l'abonné).
- ◆ Déformation volontaire de la boîte mesurante (pour les compteurs volumétriques) ou de l'hélice (pour les compteurs vitesse), avec un sèche-cheveux ou une lampe à souder.
- ◆ Démontage de l'horlogerie (cette fraude se détecte quand les cachets de cire ont été détruits).
- ◆ Fil à plomb cassé (laiton).
- ◆ Traces de clé de démontage sur les écrous. En cas de doute, il faut peindre les écrous.
- ◆ Piquage en amont du compteur ou pose d'un by-pass..

---

◆ Niche sans fond. On peut soupçonner l'abonné de vouloir agir sur son compteur, à l'abri des regards.

◆ Compteurs posés à l'envers. Il faut toujours vérifier le sens de la flèche gravée sur le compteur (surtout pour les compteurs peu courants). Avec les compteurs à clapet anti-retour intégré (tels que les Kent ou les Schlumberger-Actaris), ce risque normalement n'existe plus.

### **Sur les gros compteurs:**

◆ Horlogerie détruite.

◆ Coups de bélier provoqués volontairement par l'abonné pour bloquer le mécanisme (démarrage en simultané de tous les arroseurs d'un circuit d'arrosage par exemple).

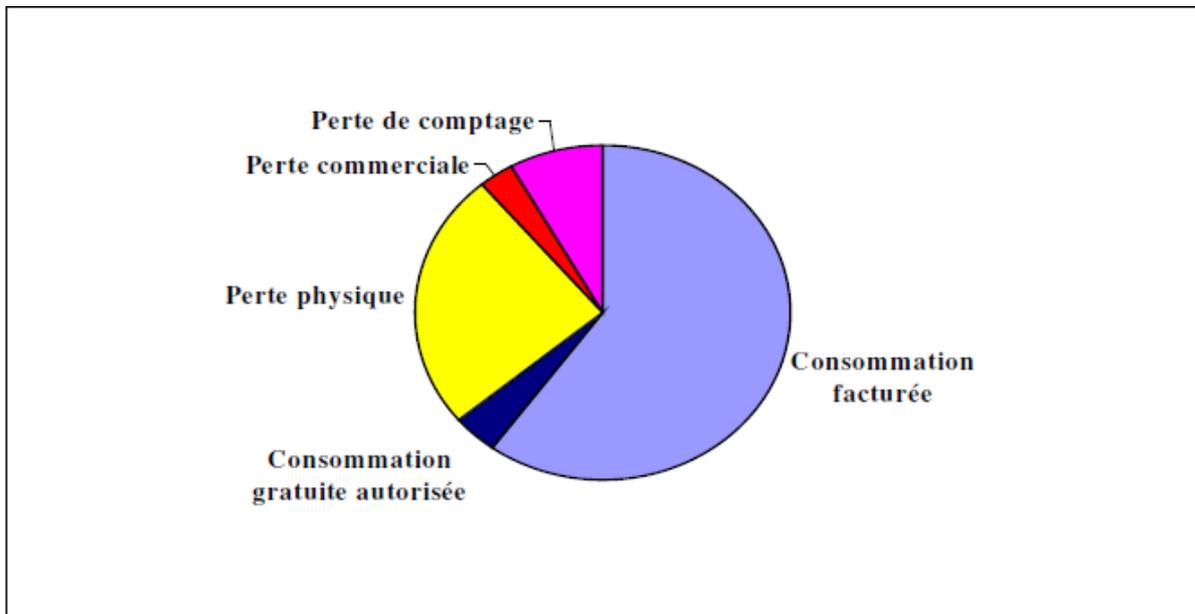
Typiquement, approximativement **75 à 80%** de pertes totales seront attribués aux pertes physiques et **20 à 25%** aux pertes commerciales. Dans la plupart des cas, des pertes commerciales sont principalement provoquées par le sous-enregistrement des mètres du client et la quantité de l'eau perdue en étant volé est souvent moins de **1%** de la quantité de l'eau mise dans un système.

La **Figure (III-5)** montre les composants typiques de l'eau de Non-Revenu dans un système de transmission et de distribution. En gagnant une compréhension de perte d'eau de n'importe quel système il est important de différencier entre les pertes vraies et les pertes apparentes. Les pertes vraies ou physiques d'un réseau représentent une ressource perdue.

En conséquence une réduction de la fuite signifie qu'une utilité a l'eau additionnelle qui peut être fournie aux clients, particulièrement s'il y avait précédemment eu une pénurie d'eau. Si une utilité de l'eau prévoit de développer une nouvelle source des dépenses d'investissement peuvent être reportées ou évitées en réduisant la fuite du système.

Les pertes apparentes ou commerciales sont l'eau qui est pris du système et employé mais pas payé et sont, en conséquence, une perte de revenu potentiel pour une utilité de l'eau. La réduction des pertes commerciales produira plus de revenu mais ne représente pas une augmentation des ressources. Des pertes commerciales sont évaluées au tarif de détail de facturation tandis que des pertes physiques sont évaluées au coût variable de production et de distribution de l'eau.

Également nommé en tant que pertes commerciales. La perte d'eau se produit dans tous les systèmes, c'est seulement le volume qui varie et il reflète la capacité d'une utilité de contrôler son réseau. Pour comprendre les raisons pour lesquelles, comment et où l'eau est perdue, les directeurs doivent effectuer une évaluation des caractéristiques physiques du réseau et de la pratique opérationnelle courante.



**Figure III-5 : composants du volume d'entrée de système de distribution**

Dans beaucoup de cas le problème de la perte d'eau est provoqué par l'infrastructure pauvre, la mauvaise pratique de gestion, les caractéristiques de réseau, les pratiques opérationnelles, les technologies, les qualifications et les influences sociales et culturelles. Un niveau élevé de la perte vraie ou physique réduit la quantité de l'eau précieuse atteignant des clients, augmente les frais d'exploitation de l'utilité et rends les investissements de capitaux dans de nouvelles compréhensions de ressource plus grands. Un niveau élevé des pertes apparentes ou commerciales réduit le courant de revenus principal à l'utilité.

### **III-8- Pertes d'eau par les fuites :**

On distingue trois types de fuites dont l'appellation récente (selon le Manuel M36 de l'AWWA) est la suivante :

- Les **fuites signalées** qui apparaissent en surface. Dans des éditions antérieures de ce guide, ces fuites étaient appelées bris.
- Les **fuites non signalées**, qui n'apparaissent pas en surface ou qui échappent à l'attention du responsable, mais qui peuvent être détectées à l'aide de la technologie actuelle.
- Les **fuites indétectables**, si petites que les technologies actuelles ne permettent pas de les détecter. Dans la littérature spécialisée, elles sont désignées comme des fuites d'arrière-plan (background)

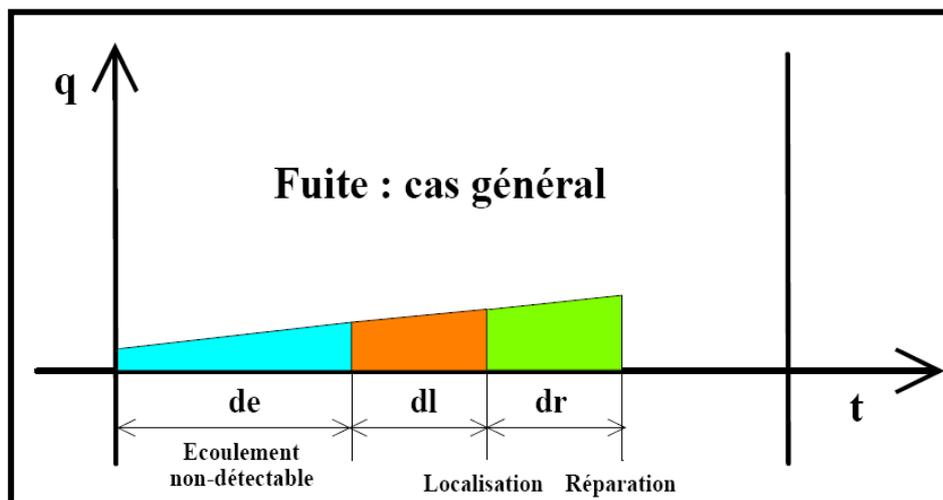
Le volume de l'eau perdu par des fuites physique dépend de la condition de l'infrastructure et de la détection de fuite et de la politique de réparation de l'utilité particulière. Les facteurs qui affectent la quantité de l'eau perdue sont :

- ♦ Pression dans le système
- ♦ Fréquence des éclats et de leurs débits
- ♦ La durée que la fuite existe avant qu'elle est localisée et réparée
- ♦ Niveau de petites fuites indétectables (pertes de fond)

**III-8-1- Le cas général :**

Les **fuites non détectées** n'entraînent pas d'interruption de service et le système de distribution continue de fonctionner correctement dans la plupart des cas. Cependant, ces fuites sont responsables de pertes pouvant atteindre **30%** du volume d'eau introduit dans le réseau. Dans un contexte de ressources rares, les fuites diminuent d'autant les potentialités d'alimentation.

Le volume de fuite sur un territoire donné pour une période choisie, peut être schématiquement exprimé selon la formulation suivante (Figure (III-6),



**Figure III-6: fuite : cas général**

$$V_{fuites} = \sum_{i=1}^n q_i(t) \cdot (de_i + dl_i + dr_i) \dots \dots \dots (III-1)$$

Avec :

- V<sub>fuites</sub>** : Volume global des fuites
- n** : Nombre de fuites (canalisations et branchements)
- q<sub>i</sub>(t)** : débit instantané de la ième fuite
- de<sub>i</sub>** : Durée d'écoulement non détectable de la fuite
- dl<sub>i</sub>** : Durée nécessaire à la localisation de la fuite dès lors qu'elle est détectable
- dri** : Durée nécessaire à la réparation de la fuite après sa localisation.

Le niveau de fuite dépend de paramètres liés :

- aux caractéristiques des conduites (matériau et âge),
- à leur condition de pose (nature du terrain),
- au nombre de branchements,
- à la capacité de l'exploitant à chercher les fuites et à sa réactivité pour les réparer, aux conditions de la gestion technique (pression excessive, coup de bélier, air dans les conduites).

La formulation du volume de fuite permet d'identifier les facteurs sur lesquels il est possible d'agir pour réduire le volume des fuites et de faire le lien entre ces facteurs les types d'actions de lutte contre les fuites.

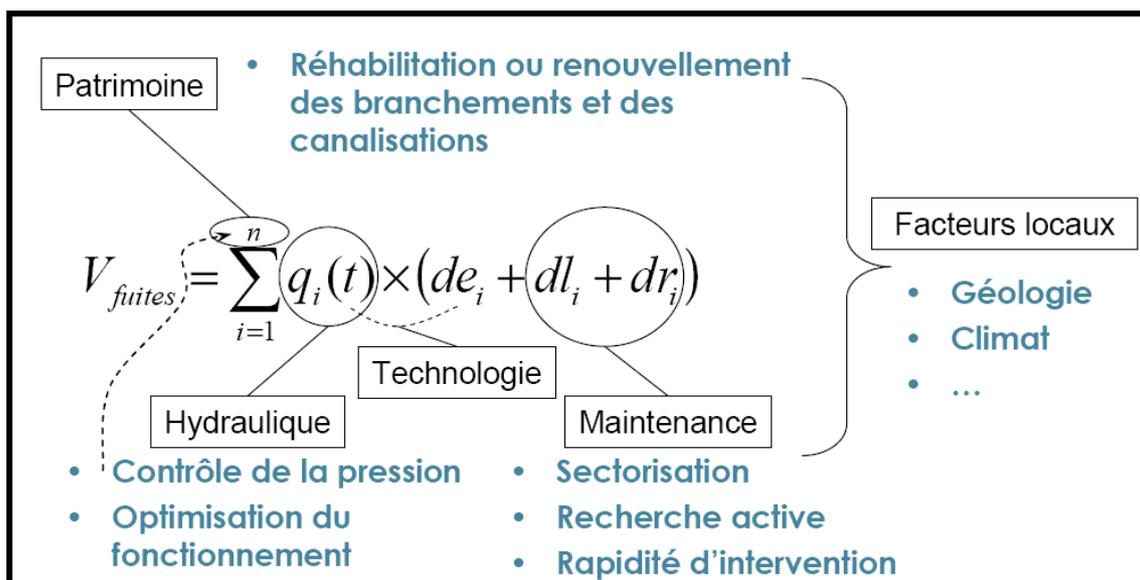


Figure III-7 : Facteurs d'influence du volume de fuite

Il existe quatre familles d'actions pour lutter contre les pertes :

- 1- La **recherche active de fuites** permet de réduire les pertes dues aux fuites détectables non-visibles ;
- 2- La **rapidité d'intervention** permet de réduire les pertes dues aux fuites visibles ou détectées en réduisant leur temps d'écoulement ;
- 3- Le **contrôle de la pression** permet de réduire les pertes dues aux fuites de tous types en réduisant leur débit d'écoulement, elle permet par ailleurs de réduire le nombre de casses ;
- 4- La **gestion patrimoniale** ciblée (renouvellement ou réhabilitation des canalisations, branchements et autres organes du réseau), réduit le nombre de fuites de tous types sur les organes concernés.

---

**III-8-2- Fuites à partir du Robinet :**

Le gaspillage de l'eau coûte cher aussi bien pour le consommateur que pour la collectivité. Le fait que l'eau soit perdue en fin de production présente une perte énorme pour les organismes chargés de la production et de la distribution de l'eau et par voie de conséquence pour le consommateur.

Pour fixer les idées, les débits de fuite couramment observés sur la robinetterie sanitaire et les chasses d'eau sont approximativement les suivantes :

**❖ Fuites de robinetterie :**

Les fuites dans la robinetterie génèrent souvent d'importantes pertes d'eau, à titre d'exemple est donné ci-dessous les débits perdus pour des écoulements qui passent souvent inaperçus :

- ↪ **Goutte à goutte : 1 à 4 l/h soit 9 à 35 m<sup>3</sup>/an**
- ↪ **Filet mince : 5 à 10 l/h soit 45 à 90 m<sup>3</sup>/an**
- ↪ **Filet moyen : 10 à 20 l/h soit 90 à 120 m<sup>3</sup>/an**

Ces fuites sont généralement engendrées par la dégradation de la garniture de caoutchouc formant le clapet, pouvant être provoquée par :

- ⇒ Vieillessement de la garniture,
- ⇒ Serrage excessif fréquent de la tête sanitaire,
- ⇒ Dégradation du siège du clapet, notamment par formation de dépôts calcaires ;

**❖ Fuites de chasse d'eau : de 20 à 100 l/h soit 120 à 900 m<sup>3</sup>/an**

Ces fuites peuvent avoir pour origines :

**1- Défaut d'étanchéité du mécanisme de chasse, pouvant être provoqué par :**

- ◆ Vieillessement du joint de chasse,
- ◆ Dégradation du portage du joint,
- ◆ Présence d'un corps étranger entre joint et portage,

**2- Défaut d'étanchéité du robinet flotteur, provoquant l'écoulement de l'excès d'eau par le trop-plein, pouvant provenir de :**

- ◆ Pression d'alimentation excessive,
- ◆ vieillessement de la garniture du clapet,
- ◆ Déformation du système de commande à flotteur.

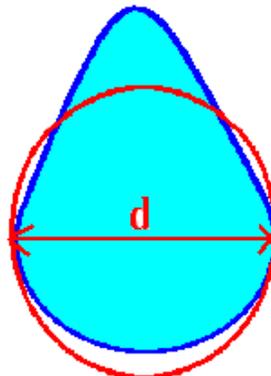
On compte le nombre de goutte en fonction du temps. Ceci nous permet de déterminer le nombre de gouttes par jour.

Maintenant il s'agit d'une détermination concrète en Litres : La goutte d'eau est en réalité une configuration rotationnelle symétrique ; elle sera considérée, approximativement, comme étant une boule (**Figure III-8**). Le volume d'une goutte sera donc estimé par la relation suivante :

$$V = \frac{4}{3} r^3 \cdot \pi \dots \dots \dots (III-2)$$

Malheureusement l'approximation par un corps rotationnel est une procédure qui n'est pas tout à fait exacte, et la détermination du diamètre n'est donc pas une question de mesure mais plutôt une question d'estimation. .

On peut, avec ces hypothèses, calculer le volume d'eau par jour et obtenir par voie de conséquence une expression en litre par jour.



**Figure III-8 : Approximation géométrique d'une goutte d'eau**

**Considérant un exemple concret :**

**35 gouttes** par minute → **50 400 gouttes** par jours

Diamètre : **5 - 6 mm**

Donc un rayon de **2,5 - 3 mm**

Le **volume** d'une (l) goutte  $V = \frac{4}{3} r^3 \cdot \pi$

**r = 2,5 mm**      → **VG = 65,45 mm<sup>3</sup>**

**r = 3 mm :**      → **VG = 113,10 mm<sup>3</sup>**

Volume total par jour:

$$\rightarrow r = 2,5 \text{ mm} : V = 3298680 \text{ mm}^3/\text{jour} = 3,3 \text{ l/jour}$$

$$\rightarrow r = 3 \text{ mm} : V = 5700240 \text{ mm}^3/\text{jour} = 5,7 \text{ l/jour}$$

On obtient pour le même robinet en variant le diamètre uniquement de **1 mm** un résultat de **3,3 l/jour** et **5,7 l/jour**.

En faisant le calcul sur une période **d'une année** on obtient :

**1204,5 l/an** et **2080,5 l/an**, Dont presque le double.

Cet exemple montre qu'un léger écart dans l'intervalle du diamètre peut conduire à de grands changements du résultat.

### III-8-3- Hydraulique des fuites :

De nombreuses études montrent que l'un des facteurs importants influençant les fuites est la pression dans les canalisations. Le débit de la fuite est considéré comme une fonction puissance de la pression avec un exposant de fuite donné.

L'**exposant de fuite** théorique, déduit de l'équation de **Torricelli**, vaut **0,5** (Les règles de l'hydraulique) (formule de Torricelli, vitesse d'écoulement d'un fluide en fonction de la charge). Cependant, des études sur le terrain ont montré qu'il différait significativement de cette valeur et que de nombreux facteurs étaient responsables de l'étendue de sa variation, comme la **forme** du **trou**, la **nature** du **sol** environnant et le **matériau** de la **conduite**.

En effet, lorsqu'un trou se crée, il a tendance à se déformer et à s'agrandir avec les fluctuations de la pression. Ainsi il est admis que l'exposant de fuite est compris entre **0,5** et **2,9**.

L'**hydraulique des fuites** dans les conduites peut être décrite comme l'hydraulique des diaphragmes :

$$q = A \cdot \mu \cdot \sqrt{2gh} \dots\dots\dots (III-3)$$

$$q = A \cdot \mu \cdot v \dots\dots\dots (III-4)$$

**q** : Débit [L<sup>3</sup>/T]

**A** : Section du diaphragme [L<sup>2</sup>]

**μ** : Coefficient pour l'ouverture, contraction et frottement du diaphragme [-]

---

**g** : accélération terrestre [L/T<sup>2</sup>]

**h** : différence de pression [L]

**v** : vitesse de sortie [L/T]

L'équation du diaphragme  $q = A \cdot \mu \cdot \sqrt{2gh}$  peut être donnée comme suit:  $q = C \cdot h^\alpha$

**q** : débit [L<sup>3</sup>/T]

**c** : coefficient de la fuite [ - ]

**h** : différence de pression au diaphragme [L]

**α** : Exposant du fuite [ - ]

L'exposant **α** renseigne sur la sensibilité du débit aux variations de la pression. Les valeurs de cet exposant sont souvent situées entre **0,50** et **2,79**, et il dépend des facteurs suivants :

- ⇒ Grandeur et forme du leak
- ⇒ Elasticité de la conduite
- ⇒ Sol environnant
- ⇒ Etat de l'écoulement (turbulent **α = 0,5**; laminaire **α = 1,0**)

Selon *Lambert et al. (2002)*, L'exposant de fuite **α** peut prendre la valeur de **1.5** pour des conduits flexibles (PE, PVC), et la valeur **0.5** pour les conduites rigides (Béton, Amiante ciment, acier). Pour les réseaux, **α** est toujours de l'ordre de **0.5** et **1.5** en fonction du type de matériaux. Dans le cas des grands réseaux on peut supposer une relation linéaire entre la pression et le débit de fuite (**α = 1.0**)

#### **III-8-4- Formulation de l'influence de la pression sur les pertes :**

L'effet de la pression, si bien compris en théorie, n'a été que récemment reconnu dans la gestion des fuites, tant en termes de réduction qu'en termes de maintenir un faible niveau de fuite dans un réseau d'eau.

De nombreuses études montrent que l'un des facteurs importants influençant les fuites est la pression dans les canalisations. En effet, lorsqu'un trou se crée, il a tendance à se déformer et à s'agrandir avec les fluctuations de la pression. En substance, l'expression la plus simple et la plus fiable pour caractériser cette influence est le rapport entre la pression (**P**) et le débit de fuite (**L**) sur les réseaux d'eau.

Le débit de fuite est considéré comme une fonction puissance de la pression avec un exposant de fuite donné.

Selon Morrison et al. (2007) l'efficacité de la gestion de la pression (**Figure III-9**) peut être exprimée par la relation suivante :

$$L_1 = L_0 \left( \frac{P_1}{P_0} \right)^\alpha \dots\dots\dots (III-5)$$

**L<sub>0</sub>**: Débit de fuite initiale a la pression **P<sub>0</sub>**

**L<sub>1</sub>**: Débit de fuite a la pression ajustée **P<sub>1</sub>**

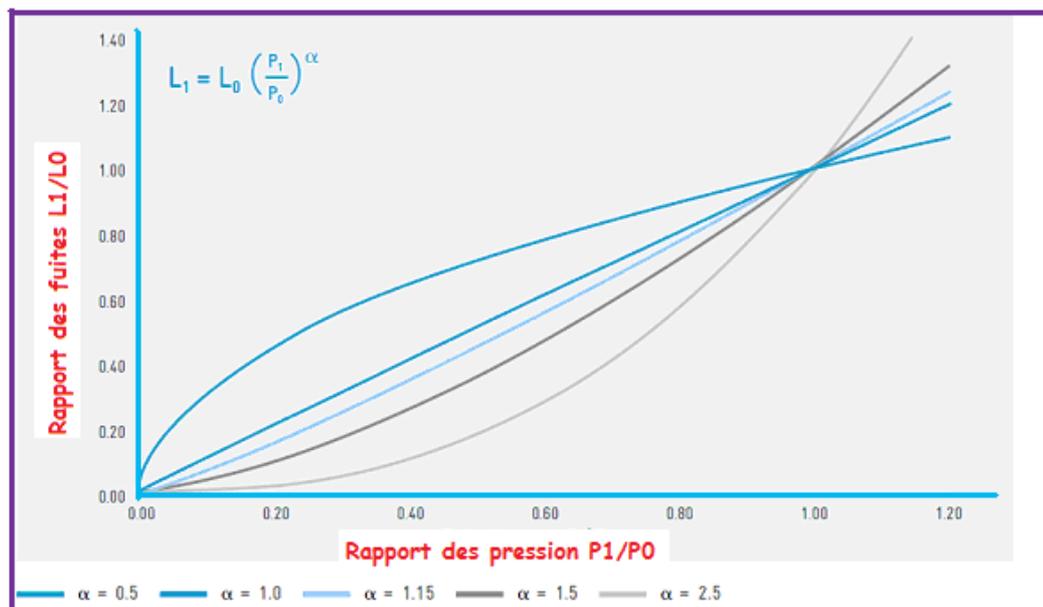
**P<sub>0</sub>**: Pression initiale zonale moyenne

**P<sub>1</sub>**: Pression zonale moyenne ajustée

**α**: Exposant

**L<sub>0</sub>** et **P<sub>0</sub>** : les valeurs avant la réduction de la pression

**L<sub>1</sub>** et **P<sub>1</sub>** : les valeurs après la réduction de la pression



**Figure III-9 : interaction entre la pression et les fuites pour différentes valeurs de  $\alpha$**

Toutefois l'expérience montre, que, la **taille** et la **forme** de l'**orifice** varient en fonction de la pression, du matériau et du type de fuite. Ainsi en pratique, l'exposant  $\alpha$  varie de **0,5** à **2,5**, suivant le type de fuite et leur proportion sur le réseau.

Le débit des fuites diffuses (joints, raccords, points de corrosion) est très sensible à la pression, avec des valeurs typiques de  $\alpha$  proches de **1,5**. La valeur typique de  $\alpha$  pour les fuites sur les

conduites en plastique est généralement de **1,5**, mais peut atteindre **2,5** (orifice de la fuite très déformable).

La valeur typique de  $\alpha$  pour les fuites importantes sur les conduites en métal est proche de **0,5** (orifice de la fuite peu déformable). Sans connaissance particulière des matériaux des conduites et des niveaux de pertes, on fait l'hypothèse d'une relation linéaire entre la pression et le débit des pertes ( $\alpha = 1$ ).

D'après **IWA**, dans une conduite de distribution ayant une ouverture d'un diamètre de **6mm** et sous une pression de **5 m** en distribution on peut s'attendre à un **débit de fuite** de l'ordre de **1.8 m<sup>3</sup>/h** ou **1300 m<sup>3</sup>/ mois**.

Cette quantité est suffisante pour remplir une piscine olympique de (**50 x 25 x 2 = 2500 m<sup>3</sup>**) dans une durée d'un mois, et aussi pour alimenter **317 habitants**.

$$1,8 * 24 = 43,2 \text{ m}^3/\text{jour} = \mathbf{43200 \text{ l/j}}$$

Si une personne consomme **150 l/jour** donc on pourrait assurer l'alimentation de **288 personnes**.

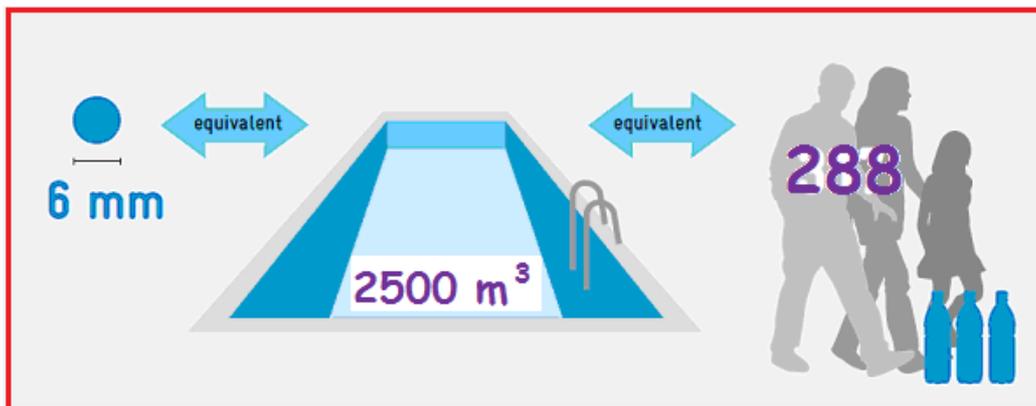
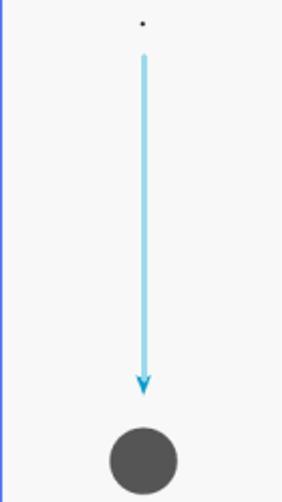


Tableau III-2 : Débit de fuite en fonction du diamètre de l'ouverture

	Ouverture	Débit de fuite			
	mm	l/min	[l/hour]	m <sup>3</sup> /jour	m <sup>3</sup> /mois
	0.5	0.33	20.00	0.48	14.40
	1.0	0.97	58.00	1.39	41.60
	1.5	1.82	110.00	2.64	79.00
	2.0	3.16	190.00	4.56	136.00
	3.0	8.15	490.00	11.75	351.00
	4.0	14.80	890.00	21.40	640.00
	5.0	22.30	1,340.00	32.00	690.00
	6.0	30.00	1,800.00	43.20	1,300.00
	7.0	39.30	2,360.00	56.80	1,700.00

Facteur de conversion

Pression	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Facteur	0.45	0.63	0.77	0.89	1.00	1.10	1.18	1.27	1.34	1.41

Tableau III-3 : Débit de fuite a partir d'une ouverture de 6mm pour différentes pression et différents matériaux

diamètre	Matériaux	Exposant	débit de fuite a une pression		
			50 m	40 m	30 m
6 mm	Rigide (Acier, béton, ...)	0.5	1,800 m <sup>3</sup> /h	1,610 m <sup>3</sup> /h	1,394 m <sup>3</sup> /h
6 mm	Flexible (PE, PVC, ...)	1.5	1,800 m <sup>3</sup> /h	1,288 m <sup>3</sup> /h	837 m <sup>3</sup> /h

Tableau III-4 : Quantités perdues obtenues pour une pression de 5 bar

Ouvr- tures mm	litres par		m <sup>3</sup> par		
	minutes	heure	jour	mois	année
0,50	0,33	20,00	0,48	14,40	173,00
1,00	0,97	58,00	1,39	41,60	504,00
1,50	1,82	110,00	2,64	79,00	948,00
2,00	3,16	190,00	4,56	137,00	1.644,00
2,50	5,09	305,00	7,30	219,00	2.628,00
3,00	8,15	490,00	11,75	351,00	4.212,00
3,50	11,30	680,00	16,30	489,00	5.868,00
4,00	14,80	890,00	21,40	642,00	7.704,00
4,50	18,20	1.100,00	26,40	792,00	9.504,00
5,00	22,30	1.340,00	32,20	966,00	11.592,00
5,50	26,00	1.560,00	37,40	1.122,00	13.464,00
6,00	30,00	1.800,00	43,20	1.296,00	15.552,00
6,50	34,00	2.040,00	49,10	1.470,00	17.640,00
7,00	39,30	2.360,00	56,60	1.698,00	20.376,00

### Pourquoi on s'intéresse à la recherche des fuites

#### 1- Principe: Sécurité d'alimentation

$$\frac{32.000\text{ l (fuite par jour)}}{160\text{ l/hab/ jour}} = 200\text{ habitants}$$

La réparation d'une source de fuite de **5 mm** de diamètre assurera l'alimentation de **200** personnes pendant toute une journée, ou bien pour l'alimentation d'une personne durant **200 jours**.

#### 2- Principe : l'aspect couts

$$11.600 \frac{m^3}{an} * 6,30 \frac{Dinars}{m^3} = 73080 \frac{Dinars}{an}$$

Par l'élimination de la source de fuit de **5 mm** de diamètre on peut économiser jusqu'à **73080 Dinars par an**

---

### **III-9- La détection des fuites :**

#### **III-9-1- La prélocalisation des fuites :**

##### **a)- Les mesures de nuit :**

On mesure la nuit, entre **1h** et **4h**, les volumes enregistrés sur un compteur de zone après fermetures successives et à intervalles réguliers (**15 à 30 minutes**) des vannes de sectionnement du secteur analysé. En isolant ainsi chaque ramification du réseau, on quantifie les fuites par tronçons mettant en évidence les parties du réseau les plus affectées.

##### **b)- Le camion de quantification :**

Cette méthode mise en œuvre par des sociétés spécialisées, consiste à mesurer en continu les débits de consommation à l'intérieur d'une maille. Après avoir isolé le réseau quelques centaines de mètres de conduites et vérifié l'étanchéité des vannes, on réalimente le quartier par des tuyaux souples à partir d'un hydrant extérieur à la maille. L'alimentation s'effectue via un camion de quantification équipé d'appareils de mesures : **débitmètre** et **manomètre** enregistreurs. Le débit consommé dans la maille est analysé avec précision (**5 mesures par seconde**) et sa valeur minimum représente le "**débit de perte**" de la maille : fuite, consommation permanente, usage public, ... Cette méthode s'utilise de jour, sans interruption de la distribution.

##### **c)- Les enregistreurs de bruits :**

Cette technique met en œuvre des capteurs de bruit autonomes et sensibles qui enregistrent et analysent le niveau sonore de la conduite. On peut ainsi repérer le bruit généré par une fuite sur le réseau. Ces capteurs sont programmés et installés sur le réseau pendant la journée. Ils sont placés sur les points d'accès du réseau (poteaux d'incendie, robinets de branchement, bouches à clé)... et espacés de **50 à 200 mètres**. Ils enregistrent automatiquement le niveau de bruit minimum de la conduite.

#### **III-9-2- La localisation précise des fuites :**

##### **a)- Les amplificateurs mécaniques :**

De conception rudimentaire, ces appareils, aux performances limitées, requièrent une oreille exercée. Les détecteurs mécaniques sont généralement utilisés pour des écoutes directes sur le réseau où l'atténuation du bruit est beaucoup moins rapide qu'au sol. L'amplification de type mécanique offre l'avantage de ne pas déformer ou modifier les bruits.



**Figure III-10 : amplificateurs mécaniques**

**b)- Les amplificateurs électroniques :**

Ces détecteurs, beaucoup plus sensibles que les amplificateurs mécaniques sont composés de trois éléments principaux : un capteur (microphone), un récepteur (traitement du signal) et un signal de sortie. Le capteur "microphone" transforme les vibrations mécaniques en courants électriques de faible intensité. Ces signaux sont amplifiés et traités électroniquement par le boîtier récepteur. Deux sorties (galvanomètre ou barre graphe et casque) permettent à l'opérateur d'apprécier le bruit de fuite.



**Figure III-11 : amplificateur électronique**

La plupart des appareils comporte différents capteurs adaptés aux points d'écoute :

- écoute directe sur les carrés de vannes ou les branchements,
- écoute sur surfaces planes (chaussée, trottoirs, dalle béton,...),
- écoute sur surfaces irrégulières (graviers, cailloux,...),
- écoute sur sol mou (pelouse, terre,...).

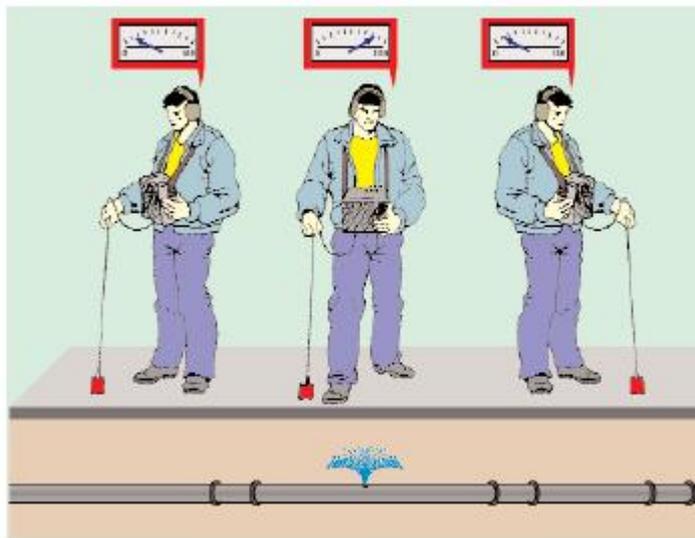
**c)- La corrélation acoustique :**

. Elle est basée sur trois propriétés fondamentales du "**bruit de fuite**" :

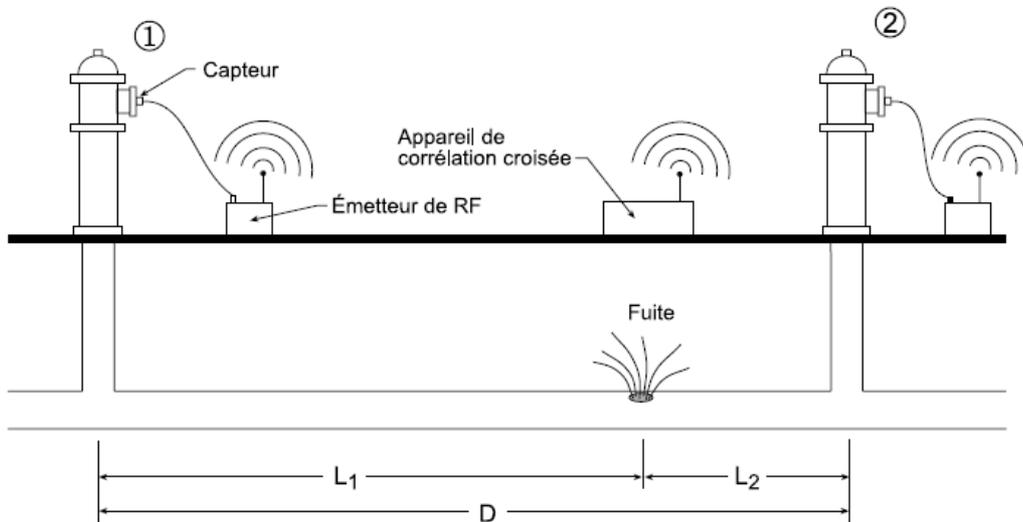
- il est aléatoire, son évolution dans le temps ne répond à aucune règle,
- sa propagation dans la conduite se fait à vitesse égale de part et d'autre de la fuite,
- il est permanent dans le temps, contrairement à la plupart des autres bruits parasites.

**❖ Principe de la technique :**

La corrélation est la détection de fuites d'eau sur réseaux de canalisations en charge et Enterrées, assistée par le calcul, le bruit généré par la fuite se propage à une certaine vitesse de part et d'autre de la conduite. Des capteurs enregistrent le bruit de la fuite qui sera transmis au corrélateur par liaison radio. A partir de la différence de temps que met le bruit de la fuite pour arriver au capteur par rapport à l'autre on obtient un écart de temps de propagation. Avec cette valeur, on peut déterminer la position de la fuite (**Figure III-12**).



**Figure III-12 : Corrélation acoustique**

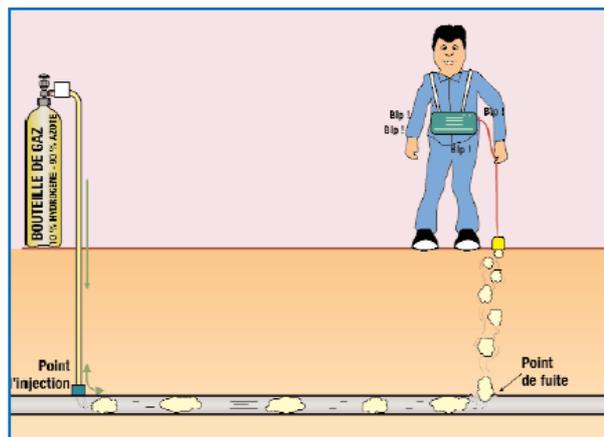


**Figure III-13 : La corrélation par bruit de fuites**

### III-9-3- Le gaz traceur :

Ce procédé permet de localiser les fuites sur un réseau d'eau sous pression grâce à l'utilisation d'un gaz traceur (Figure III-14). Le gaz employé est un mélange d'azote (90%) et d'hydrogène ou d'hélium (10%) conditionné en bouteille pressurisée. Ce gaz est incolore, inodore et ne présente aucun danger pour la consommation humaine. Le gaz, qui s'échappe par l'orifice de la fuite, est ensuite détecté à la surface du sol. La mise en œuvre, plus délicate, de ce procédé demande un opérateur expérimenté.

- Injection d'un gaz traceur dans la conduite vide ou en charge.
- Remontée du gaz au droit de la fuite P
- Identification à la surface du sol de la présence du gaz traceur grâce à une cellule de détection
- Localisation de la fuite dans la zone où se situe le gaz



**Figure III-14 : Le gaz traceur**

**III-10- Conclusion :**

Plusieurs problèmes de différentes origines peuvent survenir dans un réseau d'AEP ; des fuites, les branchements illicites, les erreurs de comptage, les problèmes environnementaux, pénétration de contaminants, chute de pression, des ruptures ou casses sur les conduites et leurs accessoires, les interruptions. Parmi ces problèmes s'ajoutent les pertes.

Au cours de ce chapitre nous avons défini la notion des pertes et mieux comprendre leur problématique. Nous avons vu les différents types de ces dernières et leurs causes, les fuites et les méthodes de leurs détections.

La Connaissance et maîtrise des pertes dans les réseaux d'eau potable, la maîtrise de la ressource en eau sont un enjeu majeur, tant sur le plan qualitatif que quantitatif.

A decorative border with intricate floral and scrollwork patterns, framing the central text. The border is composed of four corner pieces and four side pieces, each featuring detailed designs.

# **Chapitre IV**

*Diagnostic du réseau d'eau  
potable de la commune de  
Bendjerrah*

## **Chapitre IV :**

### **Diagnostic du réseau d'eau potable de la commune de Bendjerrah** **et Estimation des pertes**

#### **IV-1- Diagnostic du réseau de Bendjerrah :**

##### **IV-1-1- Introduction :**

La commune de **Bendjerrah** est une zone rurale distante de quelques encablures du chef-lieu de wilaya. Elle compte **6 553 habitants**, et son voisinage avec le relief montagneux de **djebel Maouna** lui confère une grande fraîcheur et des hivers rigoureux. Dans le cadre du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (**PDAU**), **Bendjerrah** a enregistré ces dernières années la réalisation d'un important programme de développement, qui a touché plusieurs secteurs.

Les ménages de cette localité se réjouissent des efforts déployés en matière d'alimentation en eau potable et de raccordement aux réseaux d'énergie électrique et de gaz naturel qui ont connu une amélioration substantielle. Cette commune, mitoyenne de djebel Halouf, se trouve dans la direction privilégiée du plan d'extension de la ville de Guelma qui s'opère en direction de ce site et lui offre un vaste espace foncier constructible. D'importants chantiers et ouvrages sont en cours de réalisation.

En effet, dans un contexte de développement économique soutenu et donc d'augmentation progressive des besoins en eau potable, conjointement à l'apparition de nouvelles contraintes pour l'exploitation des ressources existantes et/ou potentielles, la réduction des pertes des volumes non comptabilisés représente un enjeu considérable pour la commune, en vue de pérenniser la gestion des réseaux de distribution aussi bien au centre de Bendjerrah qu'au niveau des zones éparses et limiter les prélèvements illicites.

L'intérêt est donc de pouvoir atteindre :

- Le minima du rendement du réseau d'eau potable fixé à **75 %** ;
- La mise en place d'un comptage de la production et des consommations ;
- La mise en place d'une politique de contrôle permanent de la ressource et de la distribution d'eau de la commune ;

#### **IV-1-2- Problèmes inhérents au réseau d'AEP de Bendjerrah :**

Le réseau de **Bendjerrah** est un réseau relativement ancien qui a toujours souffert d'un manque d'entretien ces dernières années. Le gestionnaire (ADE) ne possède pas d'indicateurs de performance (rendement, l'indice linéaire de pertes,...) concernant le réseau.

##### **❖ Qualité de données disponibles assez médiocre :**

La gestion du réseau de **Bendjerrah**, actuellement géré par l'**ADE**, présente une particularité qui se révèle être un inconvénient assez sérieux. En effet, la partie production appartient à l'**ADE** et est gérée par cette dernière. Or, il est difficile de maîtriser un réseau si on ne maîtrise pas la totalité de ses constituants.

Dès lors, l'**ADE** dispose de données sur les volumes produits et facturés, ainsi que sur la tranche horaire de distribution pour les différents quartiers. Néanmoins, aucune indication sur la cadence des relevés débitométriques (journaliers, hebdomadaires, mensuels ou trimestriels..) n'est perceptible. A cet effet, des données nous ont été transmises par l'**ADE** qui concerne les volumes de production et les volumes facturés des trois dernières années.

De plus, l'**APC** ne dispose actuellement d'aucune archive concernant les consommations et les particularités du réseau en période estivale sachant que la commune voit, à cette période, des pics de chaleur assez importants.

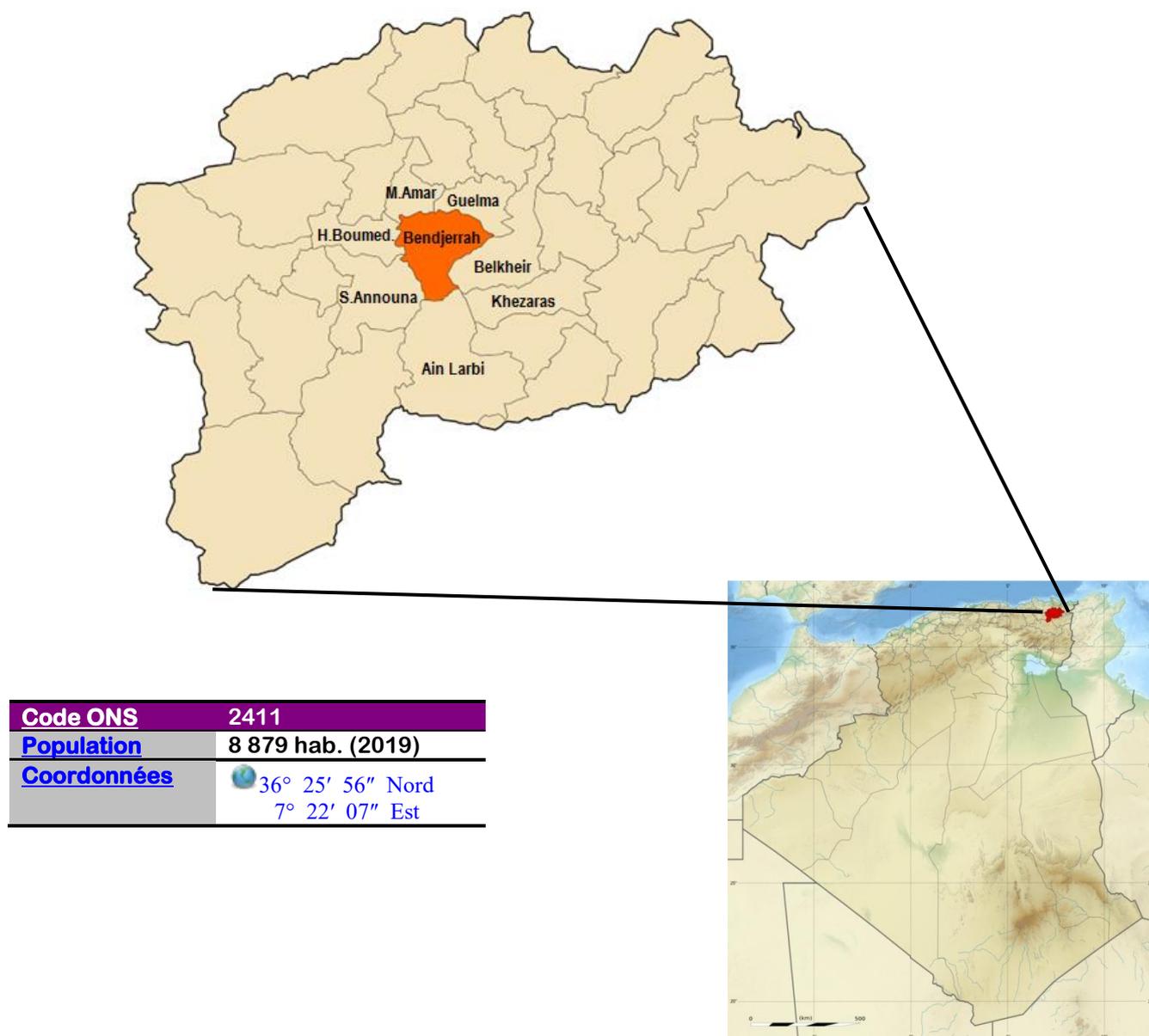
A tout cela, s'ajoute le fait que notre réseau possède également d'autres dysfonctionnements majeurs dont nous ne connaissons pas beaucoup d'éléments :

*La conduite d'amenée DN250, à partir de la station de pompage R1500 jusqu'aux réservoirs R3X500 du centre de Bendjerrah, subit des piquages « illicites » et des ramifications aléatoires le long de son parcours, aussi bien par les riverains que certains équipements du centre de la ville.*

##### **❖ Absence de maillage conséquent :**

La typologie du réseau sur différentes figures présentées permet de se rendre compte de l'absence d'un maillage conséquent et approprié dans le réseau car il devrait permettre certes de proposer plusieurs alternatives d'alimentation en cas de problème de fuite ou autre. Il permet également de faire en sorte que l'eau ne stagne pas dans les parties basses du réseau et diminue ainsi les risques de mauvaise qualité d'eau.

**IV-1-3- Situation géographique, administrative et voies de communication :**



**Figure IV-1 : Situation de la commune de BENDJERRAH**

La ville de « **Bendjerrah** », d'une superficie de **4,49 km<sup>2</sup>**, est située au sud du chef lieu de la wilaya de **Guelma**. Elle est limitée :

Au Nord par les communes de **Guelma** et **Madjes-Amar**,

- Al' Est par La commune de **Belkheir**.
- Au Sud par la commune d'**Ain labri**.

A l'ouest par la commune de **Houari Boumediene** et **Sellaoua Anonna**.



**Figure IV-2 : Photo satellitaire de la commune de Bendjerrah**

#### **IV-1-4- Données démographiques :**

Les données du dernier recensement, réalisé par l'ONS en 2008, indique que le nombre d'habitants de la commune de **Bendjerrah** est de l'ordre de **6 553 habitants** jusqu'à avril 2008.

En effet, la commune de **Bendjerrah** a fait l'objet d'un développement important. On observe un taux de croissance démographique important d'environ + **4.6 %** sur la période 1998-2008. Ce développement est notamment lié à la multiplication des programmes de développement initiés par l'état ces dernières années et à la fixation de la population dans les zones éparses due à l'accélération et l'abondance de l'habitat rural qui a marqué un palier important ces dernières années.

L'étude de l'évolution de la population sera donc basée sur les statistiques des recensements nationaux de l'O.N.S : « *Rapport sur la projection de la population de la commune de Bendjerrah wilaya de GUELMA – RGPH : 2008 – 2015* ».

**Tableau IV-1 : Projection de la population de la commune de Bendjerrah – RGPH : 2008 - 2015**

	RGPH (04/2008)	31/12/2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>A.C.L</b>	6 079	6 152	6 226	6 300	6 376	6 453	6 530	6 608	6 688
<b>Z.Epar.</b>	474	480	485	491	497	503	509	515	521
<b>Total</b>	<b>6 553</b>	<b>6 632</b>	<b>6 711</b>	<b>6 792</b>	<b>6 873</b>	<b>6 956</b>	<b>7 039</b>	<b>7 124</b>	<b>7 209</b>

Source : (O.N.S – projection de la population de la wilaya de GUELMA – RGPH : 2008 - 2015).

❖ **Hypothèse de croissance géométrique :**

Dans la pratique, on peut employer le modèle de croissance géométrique ci-après dont la formule générale s'écrit :

$$P_n = P_0(1 + T\%)^n \dots\dots\dots (IV-1)$$

Avec :

$P_0$  : Population de l'année de référence (2015) ;

$P_n$  : Population à l'horizon de calcul (2019) ;

$n$  : Ecart d'années entre l'année de référence et l'année de calcul (4 années);

$T\%$  : Taux d'accroissement annuel en pourcentage de la population (4,60 %).

Application :

- La population de base en l'an 2015 est de :  $P_{2015} = 7\ 209$  habitants.
- La population en l'an 2019 est de :  $P_{2019} = 8879$  habitants.

**IV-1-5- Densité de la région :**

L'évaluation de la densité d'habitants est nécessaire pour la réalisation de n'importe quel projet. La population estimée était de **8879** (2019) habitants avec un taux d'accroissement de **4.60%** et la superficie de la commune de **Bendjerrah** égale à **4,49** Km<sup>2</sup>

La densité est :

$$d = \frac{\text{Nombre d'habitants}}{\text{superficie}} \text{ (hab/km}^2\text{)} \dots\dots\dots (IV-2)$$

$$d = 8879 / 4.49 = 1978 \text{ hab/km}$$

#### **IV-1-6- Inventaire des équipements publics :**

L'inventaire de tous les équipements (administrations, établissements d'enseignements et médicaux, municipalités, services publics, casernes...etc.) est important pour l'estimation des besoins en eau actuels et futures de la commune de **Bendjerrah**.

**Tableau IV-2 : Inventaire des équipements**

N°	Désignation des équipements	Nombre (U)
01	- A.P.C	01
02	- Bureau P.T.T	01
03	- Ecole / CEM	03
05	- Lycée	01
06	- Mosquée	02
07	- Petits commerces	30
08	- Gendarmerie Nationale	01
09	- Ecole de police	01
10	- Garde communale	01
11	- Maison de jeunes	01
12	- Salle de soins / P.M.I	01

#### **IV-1-7- Patrimoine hydraulique :**

Il s'agit d'énumérer et donner un aperçu général sur le patrimoine eau potable à **Bendjerrah**. En effet, l'origine de la ressource en eau est le barrage **BOUHAMDANE**, via sa station de traitement principale.

L'inventaire principal des biens du service de l'eau de la commune de **Bendjerrah** est assez modeste. En effet, la commune de **Bendjerrah** est approvisionnée en eau potable à partir d'une station de pompage (située à environ **4,2 Km** à l'Est) permettant de relever l'eau transitant dans un réservoir **R1500 m<sup>3</sup>** vers les réservoirs **3X500 m<sup>3</sup>** de Bendjerrah (Tête du réseau).

**Tableau IV-3 : Récapitulatif du patrimoine eau potable de la commune de Bendjerrah.**

<i>Description du système d'A.E.P</i>					
<i>Génie Civil</i>					
<i>Type de site</i>	<i>Nom usuel</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>localisation</i>	<i>Capacité</i>
<b>Réservoir de stockage</b> R1500 m <sup>3</sup>	R1500	36° 26' 26,9" N	7° 24' 16,2" E	R2X5000	<b>1500 m<sup>3</sup></b>
<b>Station de pompage</b> 02 pompes : (01 fonctionnelle + 01 réserve)	S.P	36° 26' 29,0" N	7° 24' 15,9" E	R2X5000	<b>Q=30 l/s Hmt=162 m</b>
<b>Réservoir</b> R3X500m <sup>3</sup> (Tête du réseau)	R 3X500	36° 25' 28,5" N 36° 25' 28,4" N 36° 25' 27,7" N	7° 22' 9,7" E 7° 22' 10,3" E 7° 22' 10,8" E	Hauteurs de Bendjerrah	<b>3 X 500 m<sup>3</sup></b>
<b>Réservoir Tampon</b> R200 m <sup>3</sup>	R 200	36° 25' 39,9" N	7° 22' 28,4" E	Centre de Bendjerrah	<b>200 m<sup>3</sup></b>
<i>Réseau</i>					
<i>Diamètre / Nature</i>	<i>PVC</i>	<i>PEHD</i>	<i>Acier enrobé</i>	<i>Acier Galva</i>	<i>Total (ml)</i>
<b>63</b>	6 776.44	2 078.92	-----	-----	<b>8 855.36</b>
<b>75</b>	-----	631.04	-----	-----	<b>631.04</b>
<b>90</b>	2 149.32	280.20	-----	-----	<b>2 429.52</b>
<b>110</b>	609.14	-----	-----	-----	<b>609.14</b>
<b>125</b>	1 020.16	-----	-----	-----	<b>1 020.16</b>
<b>160</b>	173.33	954.33	-----	-----	<b>1 127.66</b>
<b>200</b>	469.08	80.33	-----	-----	<b>549.41</b>
<b>250</b>	-----	1 435.02	2 922.62	-----	<b>4 357.64</b>
<b>Total</b>	<b>11 197.47</b>	<b>5 459.84</b>	<b>2 922.62</b>	-----	<b>19 579.93</b>
<i>Accessoires du réseau</i>					
<i>Nature</i>	<i>Nombre au 31/09/2014</i>		<i>Nature</i>	<i>Nombre au 31/09/2014</i>	
<b>Vannes apparentes</b>	17		Autres accessoires (vidanges, purges, ventouses...)	02	
<b>Pompes</b>	02		Branchements domestiques...	1451	
<b>Compteurs</b>	01		Borne Fontaine	00	

#### IV-1-8- Description du réseau :

Sur le plan typologique, le réseau de la ville de **Bendjerrah** est un système de distribution constitué de pseudo zones séparées par une panoplie de vannes de distribution, permettant d'alterner les distributions d'une zone vers l'autre.

Le réseau d'A.E.P du centre de **Bendjerrah** est constitué de **deux (02)** régimes de pression, respectivement, à partir des réservoirs **R<sub>3</sub>X500** et **R200**. Les réservoirs **R<sub>3</sub>X500 m<sup>3</sup>** et le réseau

d'adduction occupent une place importante dans le système d'approvisionnement en eau des populations. Leurs défaillances entraînent des perturbations considérables dans l'alimentation en eau des habitants.

#### IV-1-8-1- Adduction de production :

La production d'eau se fait à partir de la station de pompage située au niveau des réservoirs (2\*5000 + 1500) à environ 4 Km à l'est de **Bendjerrah**, avec une production annuelle moyenne d'environ (pompage 22h / j) 354.780 m<sup>3</sup> / an, l'APC alimente son réseau de la façon suivante :

- Remplissage du réservoir **R1500** à partir de la station de traitement du barrage **HAMMAM DEBAGH**, correspondant à **100%** de la production totale avec un débit moyen inconnu ;
- L'eau arrive dans l'enceinte du réservoir **R3\*500** de **Bendjerrah** par le biais d'une conduite **DN 250 mm** en **PEHD** et en Acier enrobé. La conduite de transport, d'une longueur totale **L = 4291 ml** comprend essentiellement des tuyaux de diamètre nominaux **DN 250 mm**.

A noter qu'en altimétrie, la station de pompage est située à **Ztn = 598,34 m** et les réservoirs **R3x500** (**Ztn= 735,48 m**) de **Bendjerrah**.

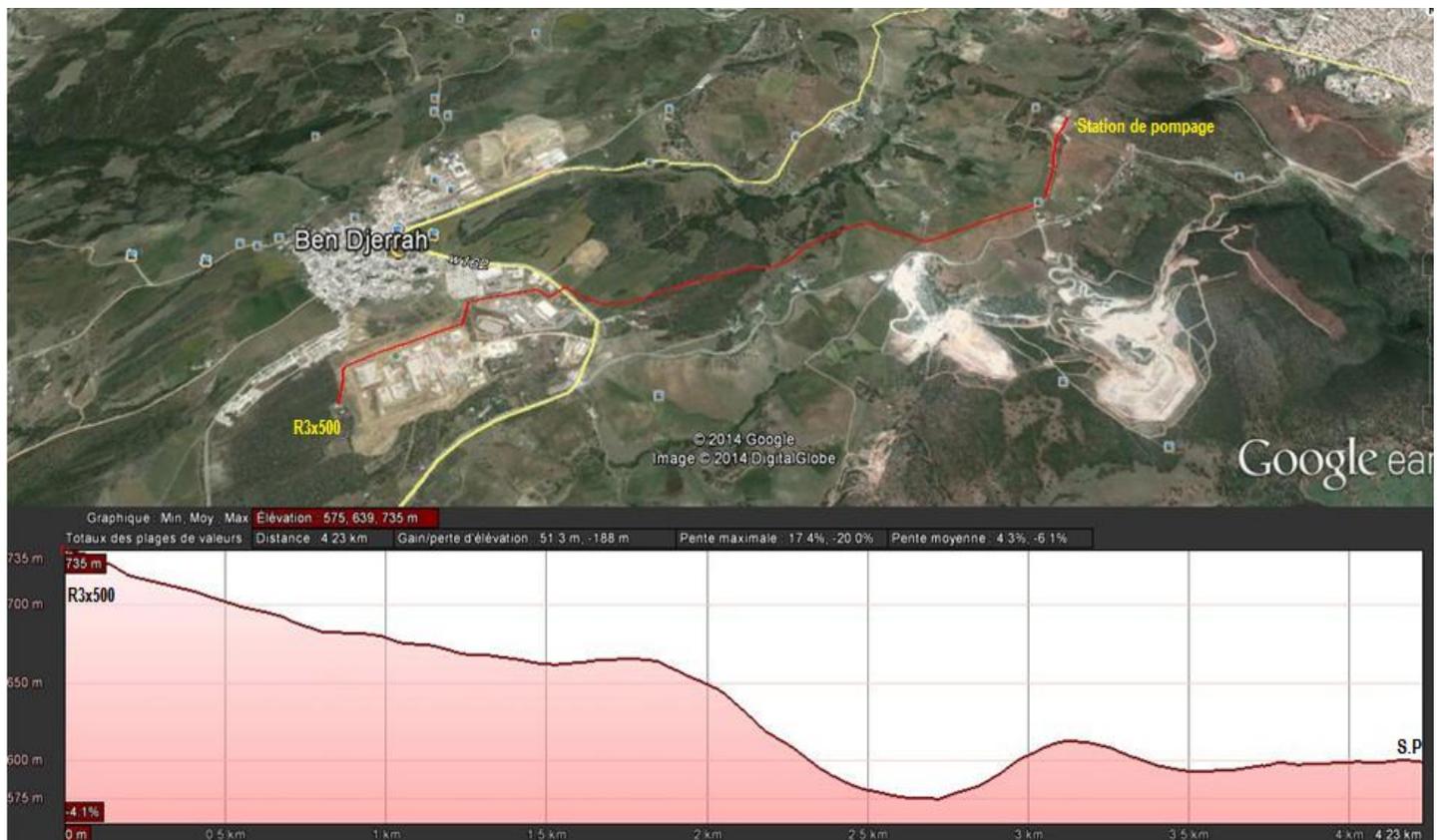


Figure IV-3 : tracé et profil en long sommaires de la conduite de refoulement.

❖ **Caractéristiques du refoulement :**

Du point de vue économique, conduite de refoulement et station de pompage sont étroitement liées. Pour un débit connu à une hauteur géométrique donnée, il existe une infinité de solutions qui résultent de l'adaptation de la puissance de la pompe au diamètre et à la nature de la canalisation de refoulement, c'est-à-dire, aux pertes de charge générées qui majoration puissance d'élévation théorique nécessaire.

La conduite de refoulement, en **PEHD** et en **acier**, a un diamètre nominal **DN 250 mm** ; celui-ci devrait être calculé de façon à avoir une vitesse de circulation comprise entre **0.5 < V < 1.5 m/s** lors du pompage.

❖ **Vérification de la vitesse de pompage :**

$$Q = V \cdot S = \pi \cdot D^2 / 4 \implies V = (4Q) / (\pi D^2)$$

✓ **Application numérique :**

$Q = 27.6736667 \text{ l/s} = 0.0276736667 \text{ m}^3/\text{s}$  (valeur maximale mesurée).

$D = 250 \text{ mm} = 0.25 \text{ m}$

D'où :  $V = 0.564 \text{ m/s}$ , valeur acceptable pour assurer un refoulement optimal.

En outre, **BRESSE** a proposé l'approche ci-après qui donne le diamètre économique **D (m)**, d'une conduite refoulant un débit **Q (m<sup>3</sup>/s)**.

$$D = 1.5 (Q)^{1/2} = 1.5 (V.S)^{1/2} \implies V = 0.566 \text{ m/s (vitesse optimal)}$$

**IV-1-8-2- La source d'alimentation :**

Notre source est la station de pompage SP1 ; elle délivre un débit moyen **Q = 30 l/s**

❖ **Station de pompage :**

**Tableau IV- 4 : Fiche technique de la station de pompage – SP1 -**

commune		Bendjerrah
Exploitant – Gestionnaire		ADE
Nom du site		R2 x 5000
<b>Cordonnées : Z (m NGA) = 598.34</b>		
Lambert (II)	X	921 631.67
	Y	359 222.54
UTM (zone 32) NDS 1959	X	356 988.73
	Y	4033799.96
Décimales	Latitude (°N)	36° 26' 29.00'' N
	Longitude (°E)	7° 24' 15.9'' E
Caractéristiques des Pompes	Marque	INVERUNO (Italie)
	Type	IFC 60034 - 1 IP 55 – IM 83
	HMT (m)	162
	Débit max (L/S)	30
	Démarrage	Statorique
	Armoire de commande	75 KW
Dispositif	Date mise en service	-----
	Comptage (Oui / Non)	Oui
	Volume annuel Théorique produit (m <sup>3</sup> ) – 12h/j	473040
Durée annuelle de pompage (h/ans)		8030
Utilisation des eaux (AEP/IRR/AEI)		A.E.P/IRR
Etat des pompes		Bon
Etat actuel de la station de pompage		Exploitée

**IV-1-8-3- Réservoirs de stockage :**

Le stockage et la mise en charge de l'eau sont assurés par quatre réservoirs semi-enterrés (réservoirs **R<sub>3x500</sub>** et **R<sub>1x200</sub>**) d'une capacité totale de **1700 m<sup>3</sup>**.

En l'absence de réserves à la défense contre l'incendie (voir tableau ci-dessous), on considérera que la capacité de stockage totale constitue la capacité de stockage utile.

Le réservoir de stockage de la station de pompage qui a une réserve utile de **1500 m<sup>3</sup>**, ne peut être prise en compte en stockage ; Il constitue à priori, un tampon servant à relayer l'eau vers **Bendjerrah**.

❖ **Réservoir R3 x500 :**

**Tableau IV-5 : Fiche technique des réservoirs R3 x 500**

Nom du réservoir : <b>R3x500 Bendjerrah</b>			Localisation : <b>SUD OUEST</b>	
Capacité (m <sup>3</sup> )	Type de cuve	Côte radier	Côte trop plein	Année de construction
<b>3x500</b>	Une cuve circulaire semi-enterrée	R <sub>1</sub> =734,56	739.36	—————
		R <sub>2</sub> =734,25	739.05	
		R <sub>3</sub> =736,21	741.01	
<b>Fonctionnement</b>				
Origine de l'alimentation	Mode d'alimentation	Comptage	Télégestion	Commentaires
Station de pompage SP1	Pompage à partir du réservoir R1500	OUI	NON	SP1 fonctionne en continu avec deux heures de pose pour 22 h de marche
<b>Distribution</b>				
Volume incendie	Secteurs desservis			Commentaires
NON	Toute la ville de <b>Bendjerrah</b>			Distribution journalière à partir de 7h30 pendant une heure et demi à 2h répartie sur différents quartiers

❖ **Réservoir R 200:**

**Tableau IV-6 : Fiche technique du réservoir R200**

<u>Nom du réservoir</u> : R200			<u>Localisation</u> : Centre ville	
<b>Capacité (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Type de cuve</b>	<b>Côte tn</b>	<b>Côte radier</b>	<b>Année de construction</b>
200	Une cuve circulaire	694.41	693.64	_____
<b>Fonctionnement</b>				
<b>Origine de l'alimentation</b>	<b>Mode d'alimentation</b>	<b>Comptage</b>	<b>Télégestion</b>	<b>Commentaires</b>
R3x500 et SP1	Gravitaire à partir de R3x500+ pompage à partir de SP1	NON	NON	En plus d'être alimenté par les réservoirs R3x500, le R200 est renforcé par un piquage sur la conduite de refoulement à partir de SP1 pendant au moins 5h par jour
<b>Distribution</b>				
<b>Volume incendie</b>	<b>Secteurs desservis</b>			<b>Commentaires</b>
NON	146 Logt, 46logts, partie Sud Est de Bendjerrah...			Distribution journalière à partir de 7h30 pendant une heure et demi à 2h répartie sur différents quartiers

#### IV-1-8-4- - Réseau de distribution :

A partir de la source d'approvisionnement (station de pompage SP1) localisé, le réseau de canalisation a été tracé suivant le réseau routier.

Le réseau a été projeté suivant les axes de voiries en tenant compte des contraintes de traversées de chaussées lorsque cela s'impose. La démarche suivante a été adoptée :

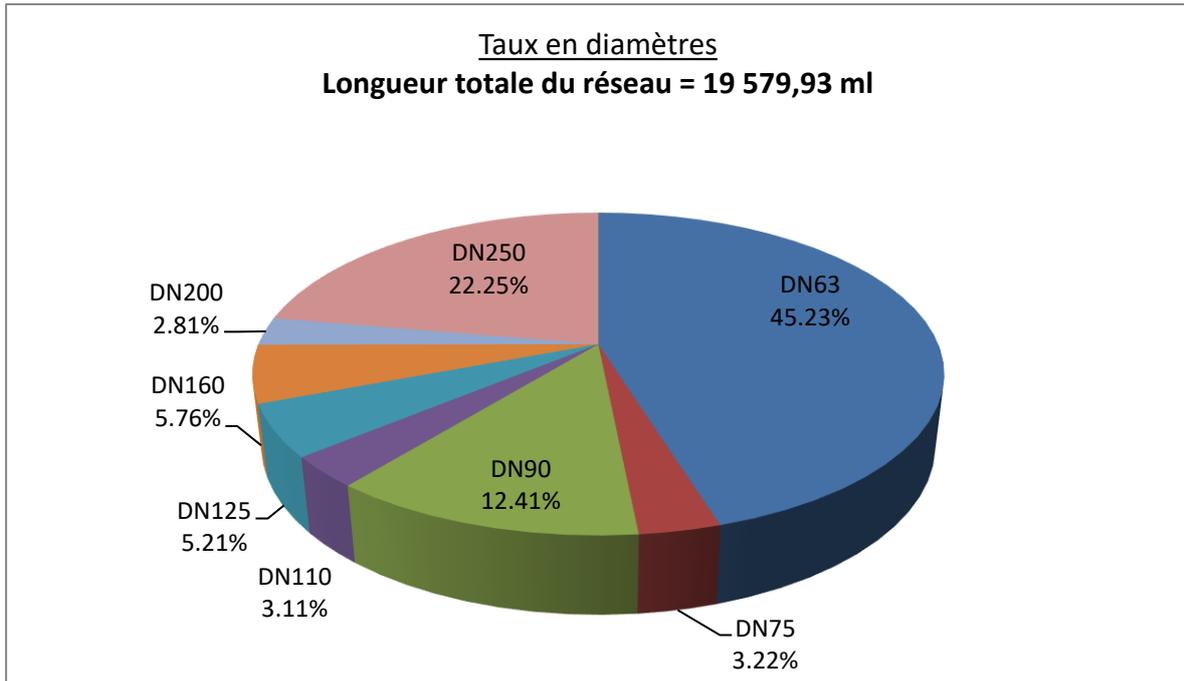
- Dans chaque maille, les différents types de consommateurs ont été identifiés avant d'estimer les besoins en eau.
- Ensuite ces besoins en eau ont été équitablement répartis aux nœuds de la maille.
- Enfin pour toutes les mailles le bilan aux nœuds a été établi.

**En fait, le réseau adopté est un réseau mixte, maillé dans son parcours secondaire et ramifié dans ses branches tertiaires.**

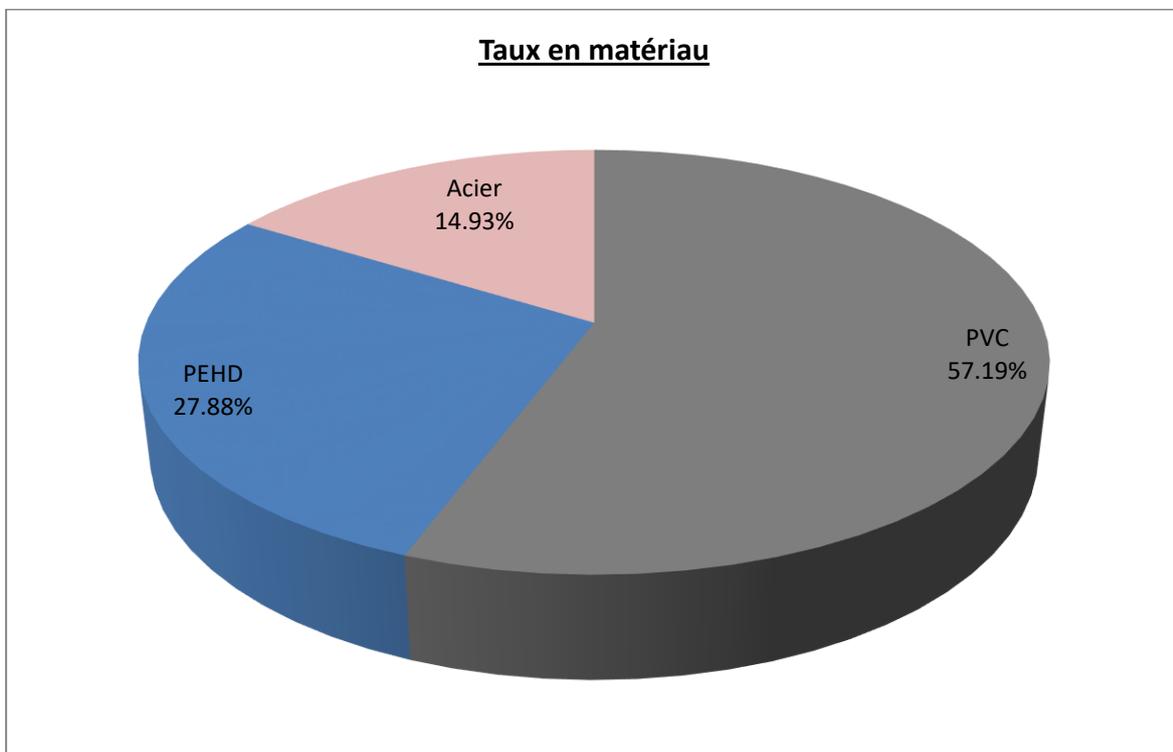
La constitution physique du réseau donne le linéaire de conduite par diamètre et par matériau suivant :

**Tableau IV-7 : Constitution physique du système global d'AEP**

Diamètre	PVC	PEHD	Acier enrobé	Total (ml)	Taux DN (%)
63	6 776.44	2 078.92	-----	8 855.36	45.23
75	-----	631.04	-----	631.04	03.22
90	2 149.32	280.20	-----	2 429.52	12.41
110	609.14	-----	-----	609.14	03.11
125	1 020.16	-----	-----	1 020.16	05.21
160	173.33	954.33	-----	1 127.66	05.76
200	469.08	80.33	-----	549.41	02.81
250	-----	1 435.02	2 922.62	4 357.64	22.25
<b>Total</b>	<b>11 197.47</b>	<b>5 459.84</b>	<b>2 922.62</b>	<b>19 579.93</b>	<b>100 %</b>
Taux matériau %	<b>57.19</b>	<b>27.88</b>	<b>14.93</b>	<b>100 %</b>	



**Figure IV-4 : Taux linéaire par diamètres.**



**Figure IV-5 : Taux linéaire en matériaux.**

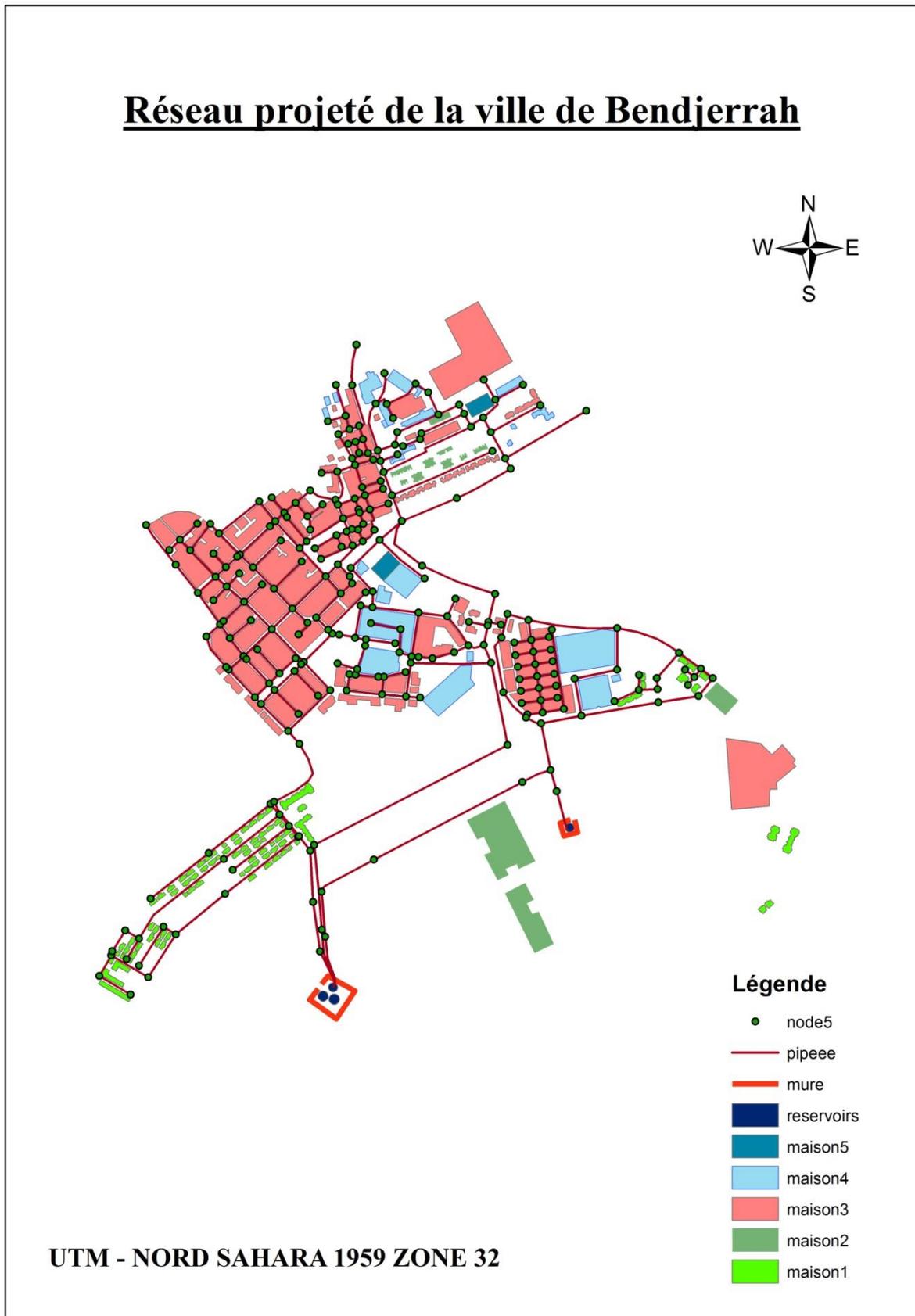


Figure IV-6: réseau projetée de Bendjerrah sous Arc Gis

## **IV-2- Estimation de pertes :**

### **IV-2-1- Introduction :**

Par essence, les pertes des réseaux d'eau potable ne sont pas directement mesurables.

Ainsi, pour en évaluer l'importance, des indicateurs sont mis en place. La présente fiche met en évidence les volumes qui entrent en jeu dans le bilan annuel d'un réseau et les principaux indicateurs de pertes connus.

Les fuites en réseaux et chez l'utilisateur sont estimées selon l'importance relative du débit nocturne par rapport au débit moyen sur vingt-quatre heures, ou par comparaison entre les volumes produits et les volumes consommés. Les campagnes de mesures déjà évoquées ont permis de déterminer les volumes d'eau consommés par les populations de la commune de **Bendjerrah**. Les volumes d'eau consommés dans les commerces, les établissements publics et l'industrie ont été déduits des factures établies par le service des eaux. Par comparaison des débits de consommation des différents usagers, avec les volumes d'eau produits destinés à l'alimentation en eau potable, les pertes d'eau sont évaluées dans chaque localité par différentes approches.

### **IV-2-2- Pertes :**

Par le terme « **pertes** », il est désigné la quote-part du volume total alimenté dans un réseau d'approvisionnement qui ne peut être prise en considération dans les calculs de bilan (volume mesuré alimenté par rapport au volume mesuré prélevé).

Ces pertes se composent essentiellement de deux éléments. D'une part, il s'agit des « **pertes administratives** » et de l'autre des « **pertes physiques** ».

#### **❖ Les pertes administratives concernent surtout :**

- Les prélèvements non comptabilisés des branchements (manque de compteurs ou défaillance du système de mesure).
- Le système de facturation au forfait.
- Les prélèvements illégaux (comme par exemple, branchements illégaux, manipulation des compteurs).

#### **❖ Les pertes physiques concernent surtout :**

- Les fuites dans le réseau d'approvisionnement (joints défectueux des raccordements des tuyaux, conduites et robinetterie, réservoirs non étanches, etc.),
- Mauvais raccordements avec d'autres systèmes d'approvisionnement,
- Autres prélèvements non rémunérés comme par exemple, prise pour la lutte contre les incendies, prélèvements pour travaux d'inspection et entretien du réseau, rinçage des conduites etc.

#### **IV-2-3- Estimation des pertes par bilan : production - consommation:**

La gestion d'un réseau se base sur des chiffres qui caractérisent des mesures réalisées sur tout le parcours de l'alimentation en eau potable. Plusieurs types de volumes d'eau peuvent être mesurés :

- Le volume produit par les organes de production, (**V1**)
- Le volume arrivant aux réserves de distribution, (**V2**).
- Le volume introduit dans le réseau de distribution, (**V3**).
- Le volume sorti du réseau par branchement, (**V4**).
- Le volume comptabilisé en sortie du réseau et facturé aux abonnés, (**V5**).

Pour plusieurs causes ; les volumes d'eaux se décroissent de **V1** vers **V5**.

L'analyse des chiffres de la gestion consiste à étudier ces différentes mesures et leur signification à savoir :

- La production
- La distribution
- La consommation
- Le rendement.

##### **IV-2-3-1- La production :**

###### **A)- Définition :**

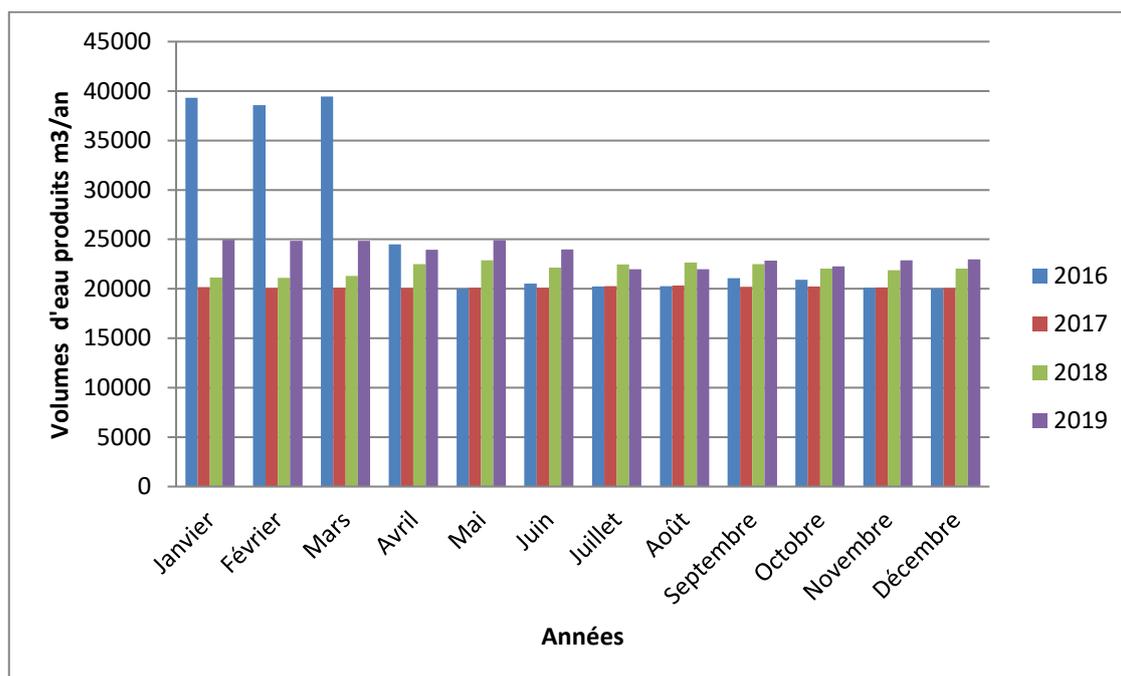
Les volumes produits comme : les volumes issus des ouvrages de production des eaux souterraines ou superficielles pour être introduits dans le réseau de distribution.

Comme on a dit auparavant, la commune de Bendjerrah est alimenté à partir des eaux

Superficielles issues du Barrage de **Bouhemdane**.

**Tableau IV-8: Les volumes d'eau produits pour la commune de Bendjerrah (Source ADE Guelma ; Département d'exploitation et maintenance)**

Année Mois	2016	2017	2018	2019
Janvier	39320	20 165	21 136	24 958
Février	38 570	20 078	21 102	24 845
Mars	39 463	20 123	21 289	24 858
Avril	24 500	20 068	22 486	23 965
Mai	20 000	20 124	22 869	24 924
Juin	20 530	20 115	22 145	23 998
Juillet	20 250	20 268	22 456	21 980
Aout	20 275	20 325	22 268	21 975
Septembre	21 080	20 196	22 486	22 856
Octobre	20 925	20 245	22 048	22 260
Novembre	20 100	20 156	21 876	22 896
Décembre	20 015	20 076	22 058	22 976
Total	305 028	241 939	264 619	282 982



**Figure IV-7: Evolution mensuelle des volumes produits pour la commune de Bendjerrah**

**Tableau IV-9: Moyenne des volumes totaux produits pour la commune de Bendjerrah**

Année	2016	2017	2018	2019
Moyenne des volumes mensuels Produit (m <sup>3</sup> /mois)	<b>25 419</b>	<b>20161,58</b>	<b>22051,58</b>	<b>23581,83</b>
Moyenne journalière (m <sup>3</sup> /j)	<b>847,3</b>	<b>672,05</b>	<b>735,05</b>	<b>786,06</b>

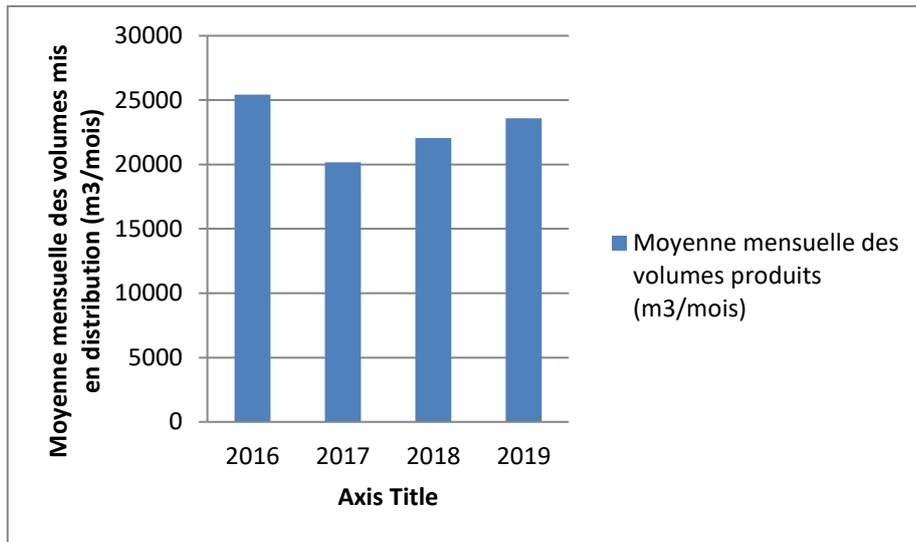


Figure IV-8: Evolution de la moyenne des volumes mensuels produits

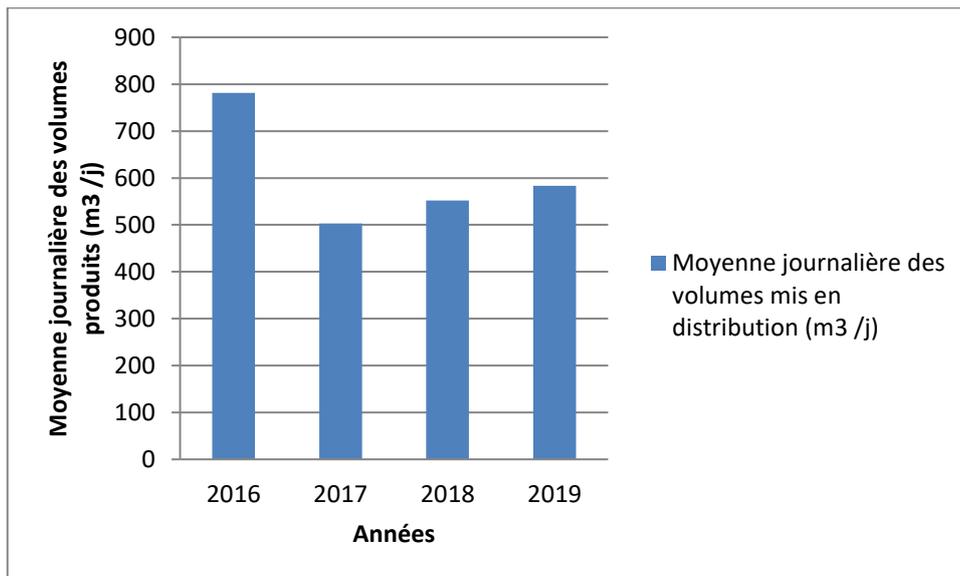


Figure IV-9: Evolution de la moyenne journalière des volumes produits pour la commune de Bendjerrah

#### IV-2-3-2- La distribution :

##### A)- Définition :

Les volumes produits mis en distribution sont la somme des volumes mesurés à la sortie des réservoirs existant desservant la population ; les volumes mis en distribution pour l'alimentation de la commune de Bendjerrah pendant les trois quarts années sont consignés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV-10: les volumes mis en distribution (Source ADE Guelma ; Département d'exploitation et maintenance)**

Mois \ Année	2016	2017	2018	2019
<b>Janvier</b>	<b>46591</b>	<b>15124</b>	<b>16 088</b>	<b>17 994</b>
<b>Février</b>	<b>46363</b>	<b>15059</b>	<b>16 045</b>	<b>17 992</b>
<b>Mars</b>	<b>47026</b>	<b>15107</b>	<b>16 105</b>	<b>17 894</b>
<b>Avril</b>	<b>18200</b>	<b>15151</b>	<b>17 115</b>	<b>17 939</b>
<b>Mai</b>	<b>15000</b>	<b>15188</b>	<b>17 402</b>	<b>17 851</b>
<b>Juin</b>	<b>15 398</b>	<b>15086</b>	<b>16 858</b>	<b>17 953</b>
<b>Juillet</b>	<b>15188</b>	<b>15135</b>	<b>16 092</b>	<b>16 989</b>
<b>Aout</b>	<b>15206</b>	<b>15144</b>	<b>16 410</b>	<b>16 981</b>
<b>Septembre</b>	<b>15810</b>	<b>14917</b>	<b>17 011</b>	<b>17 279</b>
<b>Octobre</b>	<b>15794</b>	<b>15084</b>	<b>16 536</b>	<b>17 157</b>
<b>Novembre</b>	<b>15675</b>	<b>15117</b>	<b>16 407</b>	<b>17 090</b>
<b>Décembre</b>	<b>15020</b>	<b>15077</b>	<b>16 540</b>	<b>16 941</b>
<b>Total</b>	<b>281 271</b>	<b>181 189</b>	<b>198 609</b>	<b>210 060</b>

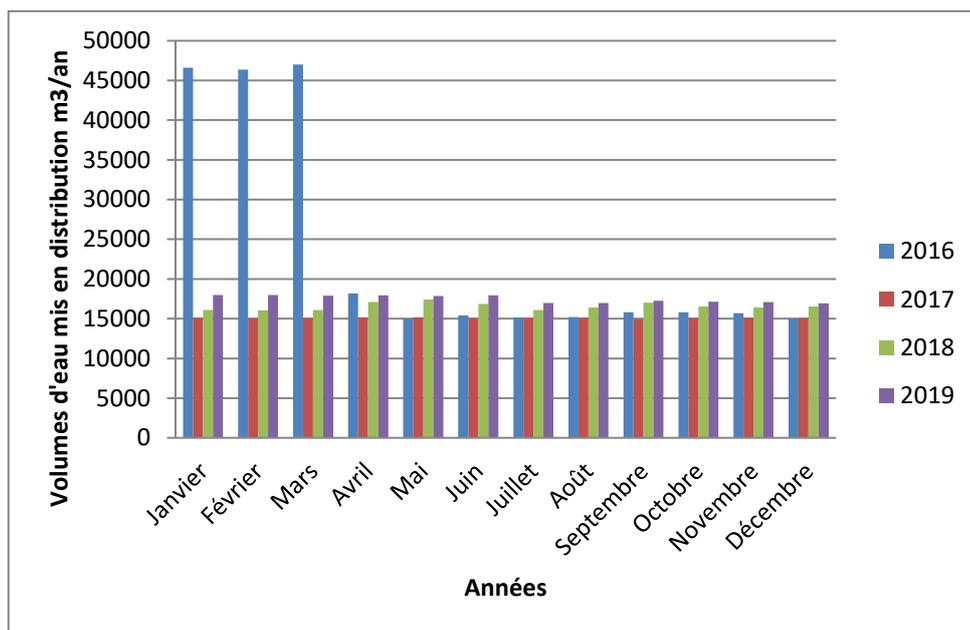


Figure IV-10 : Evolution mensuelle des volumes mis en distribution

Tableau IV-11: Moyenne des volumes mis en distribution

Année	2016	2017	2018	2019
Moyenne des volumes mensuels mis en distribution (m <sup>3</sup> /mois)	<b>23439,25</b>	<b>15099,083</b>	<b>16550,75</b>	<b>17505</b>
Moyenne journalière (m <sup>3</sup> /j)	<b>781,31</b>	<b>503,30</b>	<b>551,69</b>	<b>583,5</b>

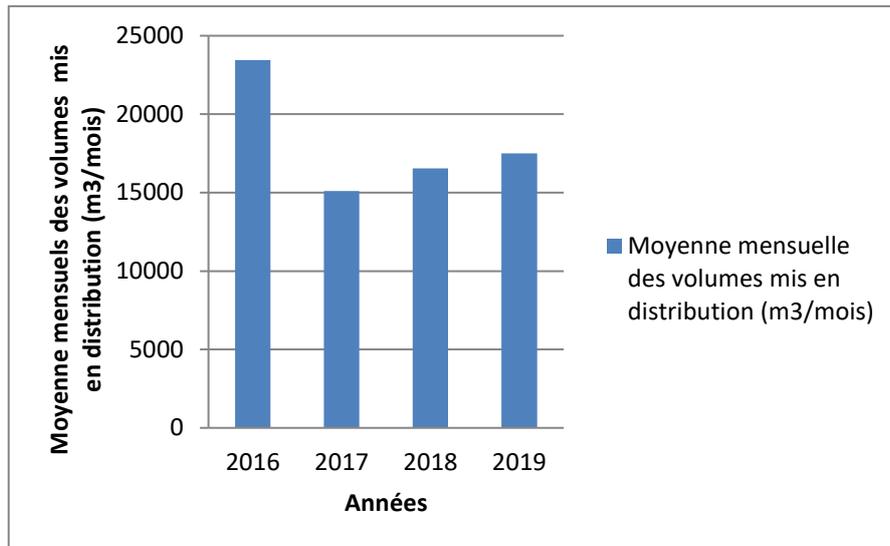


Figure IV-11: Evolution de la moyenne des volumes mensuels mis en distribution pour la commune de Bendjerrah

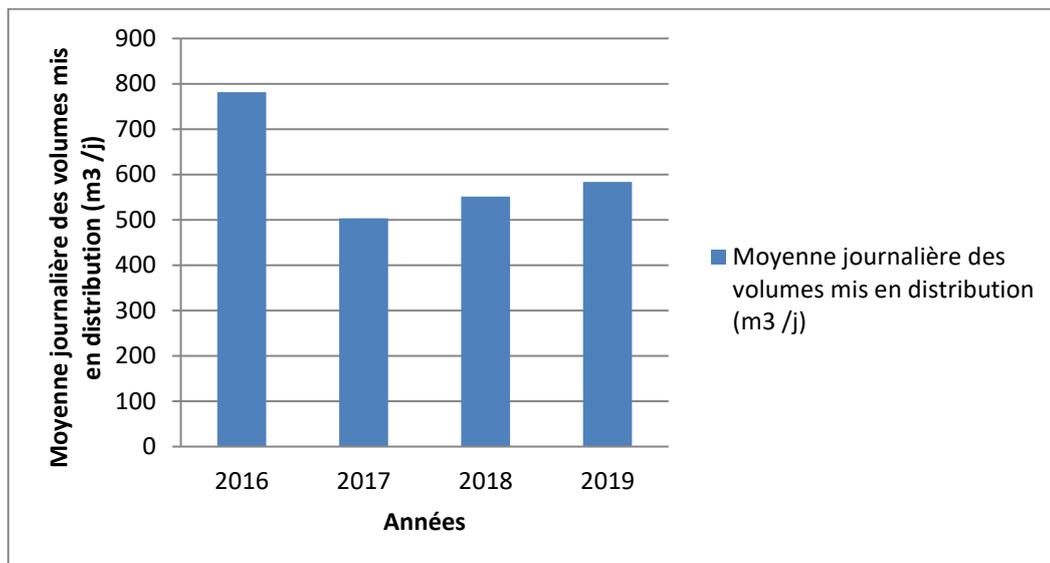


Figure IV-12: Evolution de la moyenne journalière des volumes produits pour la commune de Bendjerrah

#### IV-2-3-3- La consommation :

##### A)- Définition :

Les volumes consommés correspondent aux volumes utilisés par les abonnés publics ou privés et par les usages publics (voiries, espaces vert, vidanges ...) comptabilisés ou estimés selon le cas. La consommation est caractérisée par le nombre d'abonnés et le type de consommateur.

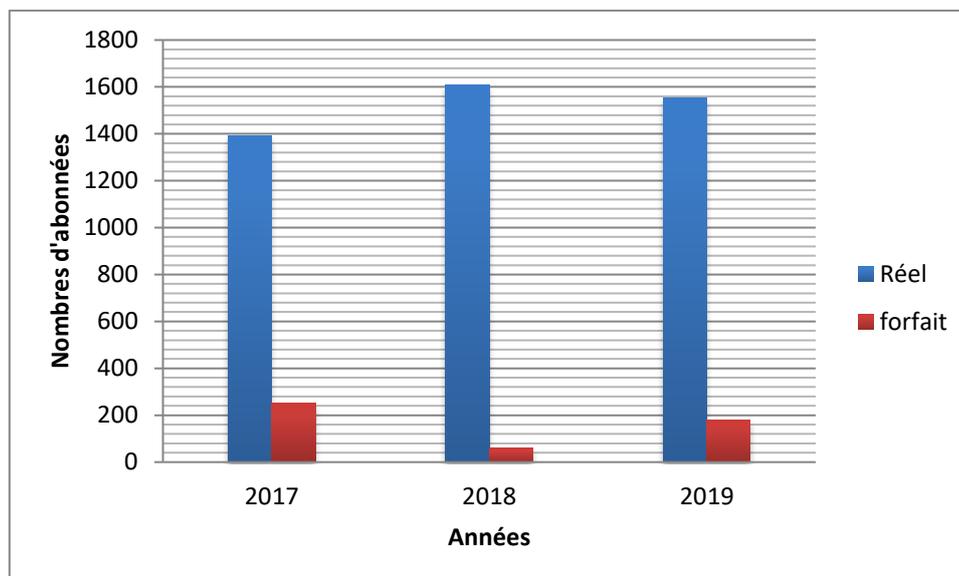
**B)- Nombre d'abonné de la commune de Bendjerrah :**

Le gestionnaire du service d'eau potable au niveau de la commune de **Bendjerrah** ne déclare que le nombre d'abonné pendant les trois dernières années comme suite :

**Nombre d'abonné**

**Tableau IV-12 : Nombre d'abonné d'eau potable de la ville commune de Bendjerrah**

Année Nombre d'abonné	2017	2018	2019
<b>Réel</b>	<b>1 393</b>	<b>1 607</b>	<b>1 535</b>
<b>Forfait</b>	<b>250</b>	<b>60</b>	<b>178</b>
<b>total</b>	<b>1 643</b>	<b>1 667</b>	<b>1 713</b>



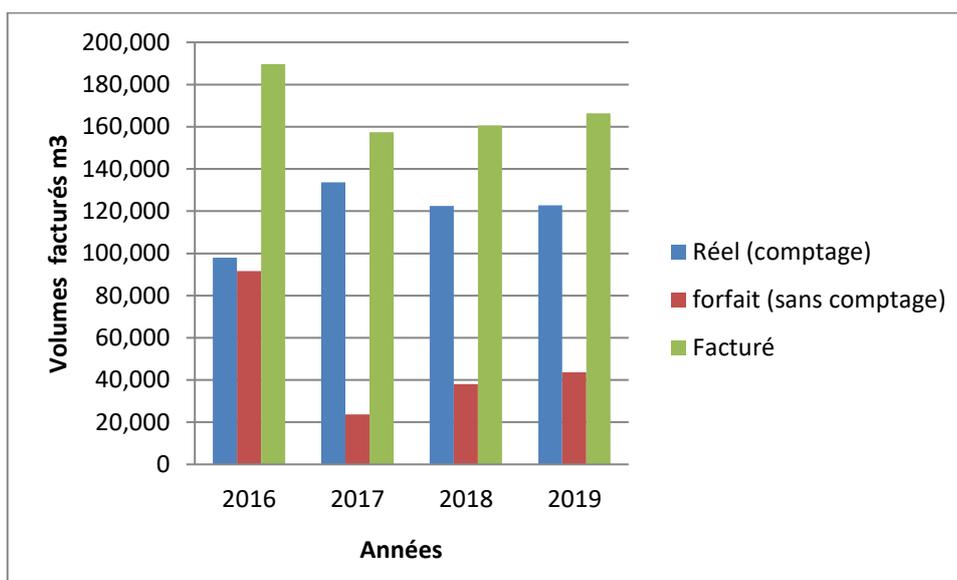
**Figure IV-13 : Evolution du nombre d'abonné de la commune de Bendjerrah**

**C)- Les volumes totaux facturés :**

Les volumes totaux facturés par les différents abonnés de la commune de Bendjerrah pendant les trois dernières années sont indiqués au tableau ci-dessous :

**Tableau IV-13 : Volumes totaux facturés de la commune de Bendjerrah**

Année	2016	2017	2018	2019
<b>Volumes facturés en m<sup>3</sup></b>				
<b>Réel (comptage)</b>	<b>97 907</b>	<b>133 689</b>	<b>122 525</b>	<b>122 738</b>
<b>Forfait (sans compteurs)</b>	<b>91 682</b>	<b>23 750</b>	<b>38 042</b>	<b>43 661</b>
<b>Facturés</b>	<b>189 589</b>	<b>157 439</b>	<b>160 567</b>	<b>166 399</b>



**Figure IV-14 : Evolution des volumes totaux facturés de la commune de Bendjerrah**

#### **IV-2-4- Le comptage :**

Les compteurs sont classés en trois types :

##### **a)- Les compteurs de production :**

Ils sont placés au niveau des conduites d'adduction ; pour mesurer les débits introduits aux niveaux de ces derniers. Equipé de tête émettrice, ils peuvent être à turbine ou à hélice ou correspondre à des débitmètres à ultrason.

##### **b)- Les compteurs de distribution :**

Ils sont placés en tête des conduites ; à partir des ouvrages du stockage. Ces compteurs permettent une sectorisation de comptage ; connaître les variations des débits de distribution et l'orientation d'un choix des secteurs pour l'examen en priorité.

**b-1)- Les compteurs des abonnés :**

Ils sont placés au niveau des branchements particuliers ; ils comptabilisent la consommation individuelle de chaque abonné ; le renouvellement du parc du compteur et systématique ; et recommandé par tranches annuelles, afin de réduire la part d'incertitude du comptage qui constitue une part d'une interprétation des valeurs mesurées.

Au niveau de la commune de Bendjerrah le parc des compteurs est en état de vétusté ; il est recommandé de bien le renouveler pour minimiser les pertes financières d'eau. Ainsi le comptage s'exécute par ; comptage au compteur et au forfait.

**IV-2-5- Les pertes d'eau potable :**

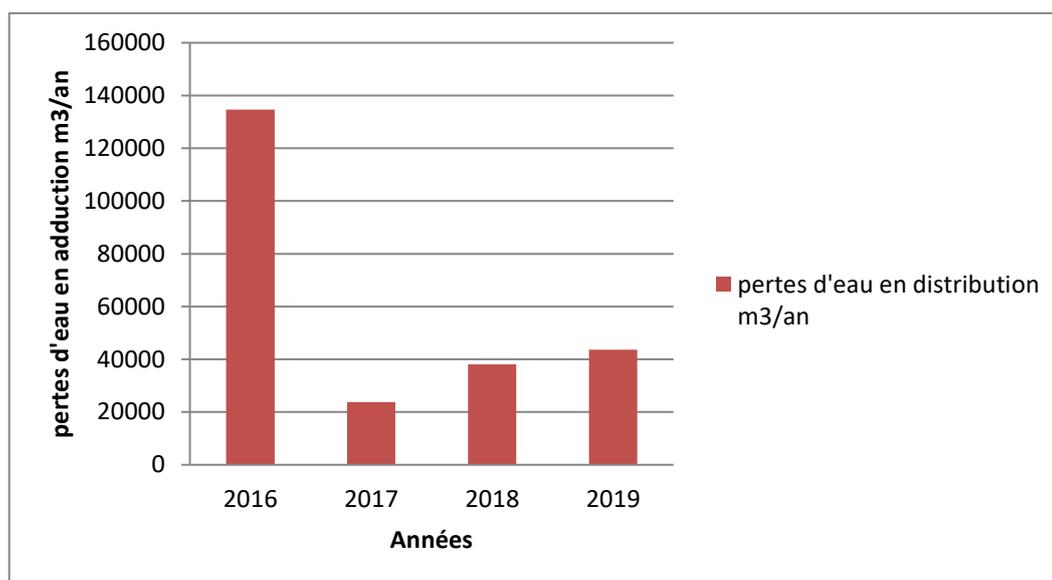
**IV-2-5-1- Les pertes d'eau au niveau d'adduction :**

Les **pertes d'eau** au niveau **d'adduction** sont la différence entre les **volumes produits totaux** et les volumes **produits mis en distribution**.

Les volumes d'eaux perdus au niveau de l'adduction de la commune de **Bendjerrah** pendant les quatre dernières années sont représentés dans le tableau ci-dessus :

**Tableau IV-14 : Volumes d'eau perdus au niveau de l'adduction de la commune de Bendjerrah**

<b>Années</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Pertes d'eau en m<sup>3</sup></b>	<b>23757</b>	<b>60750</b>	<b>66010</b>	<b>72922</b>



**Figure IV-15 : Evolution des pertes en eau au niveau de l'adduction de la commune de Bendjerrah**

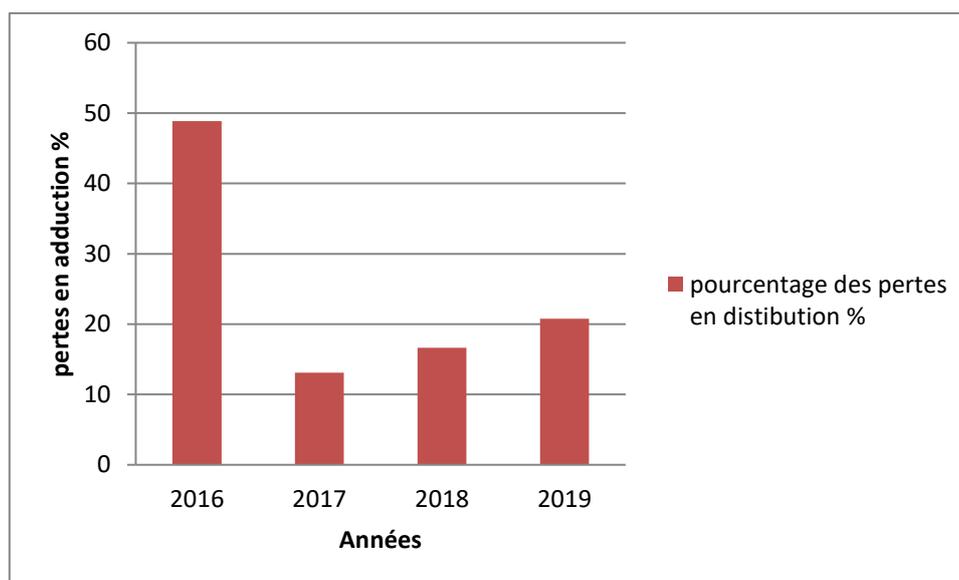
❖ **Interprétation :**

On distingue que les volumes d'eau perdus au niveau de l'adduction sont énorme en 2016, puis il y'a une baisse significative. Après ils se progressent de 2017 à 2019 qui signifie qu'il n'y a aucune intervention dans les conduites d'adduction ce qui engendre une perte d'eau qui augmente d'une année à autre.

Le pourcentage des pertes est indiqué dans le tableau ci-dessous.

**Tableau IV-15 : Pourcentage des pertes en eau de la commune de Bendjerrah (Adduction)**

Années	2016	2017	2018	2019
Taux de pertes (%)	7,79	25,11	24,94	25,76



**Figure IV-16: Evolution du pourcentage des pertes en eau au niveau d'adduction de la commune de Bendjerrah**

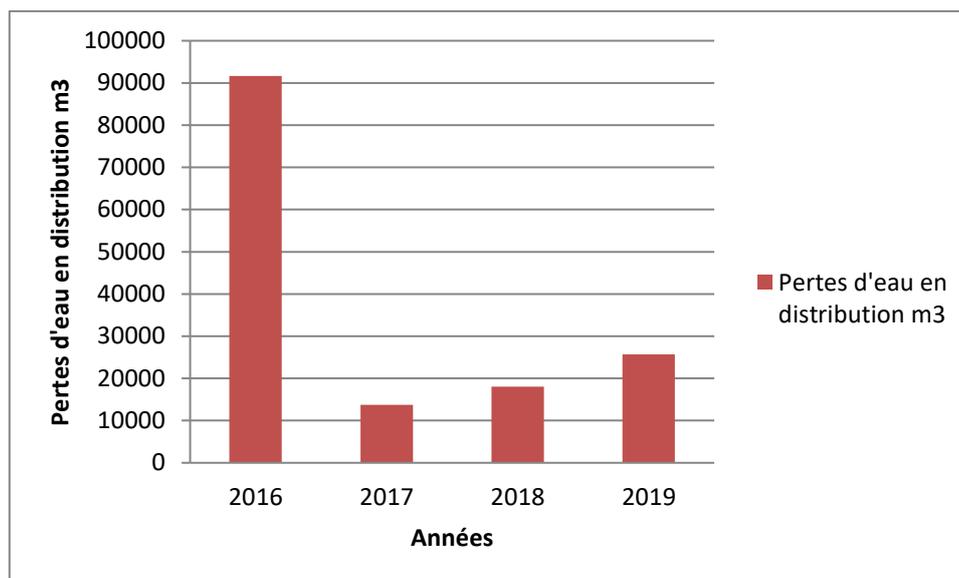
#### **IV-2-5-2- Les pertes d'eau au niveau de distribution :**

Les pertes d'eau au niveau de la distribution sont la différence entre les volumes totaux mis en distribution et les volumes totaux de consommations.

Les volumes d'eaux perdus au niveau de la distribution de la commune de Bendjerrah pendant les Quartes dernières années sont représentés dans le tableau ci-dessus:

**Tableau IV-16 : Volumes d'eau perdus au niveau de la distribution de la commune de Bendjerrah**

<b>Années</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Pertes d'eau en m<sup>3</sup></b>	<b>91 682</b>	<b>23 750</b>	<b>38 042</b>	<b>43 661</b>

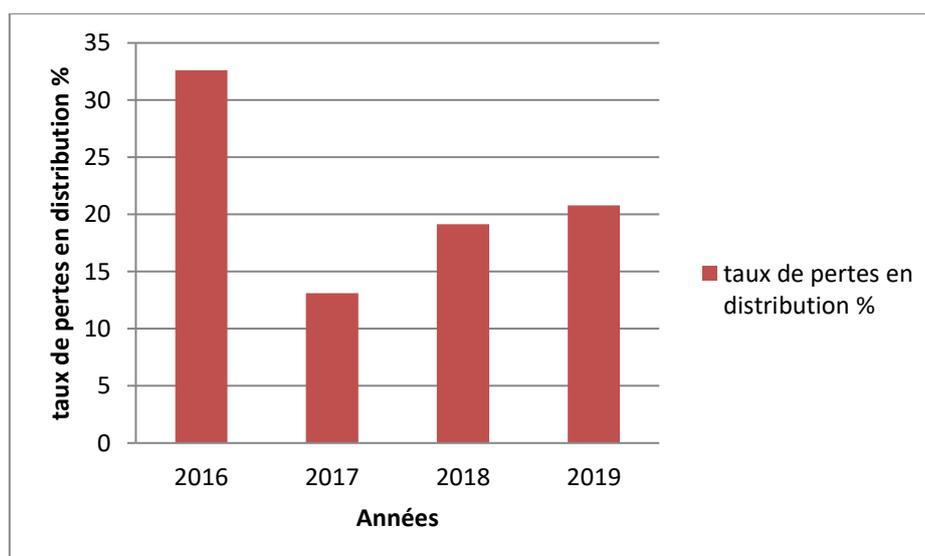


**Figure IV-17 : Evolution des pertes en eau au niveau de la distribution de la commune de Bendjerrah**

Le pourcentage des pertes est indiqué dans le tableau ci-dessous.

**Tableau IV-17 : Pourcentage des pertes en eau de la commune de Bendjerrah (Adduction)**

Années	2016	2017	2018	2019
Taux de pertes (%)	32,60	13,10	19,15	20,78



**Figure IV-18: Evolution du pourcentage des pertes en eau au niveau de distribution de la commune de Bendjerrah**

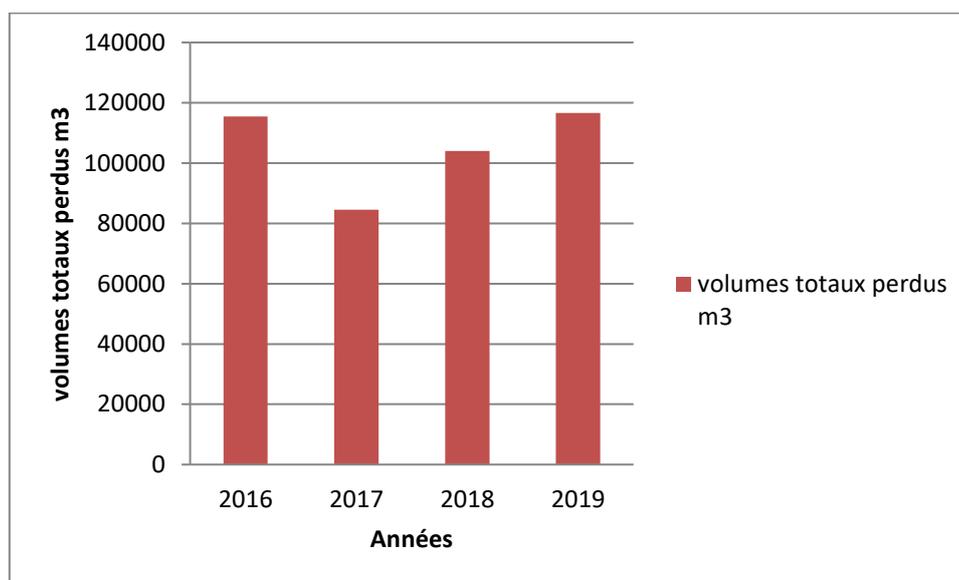
**IV-2-5-3- Les volumes totaux perdus d'eaux :**

Les volumes totaux perdus sont définis comme la somme des pertes au niveau de l'adduction et au niveau de la distribution ou bien on le définit comme la différence entre les volumes d'eau produits et les volumes facturés.

Les volumes totaux perdus avec le pourcentage des pertes pendant les trois dernières années sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV-18 : Les volumes totaux perdus d'eaux en m<sup>3</sup> de la commune de Bendjerrah**

Années	2016	2017	2018	2019
Volumes totaux perdus m <sup>3</sup>	115 439	84 500	104 052	116 583

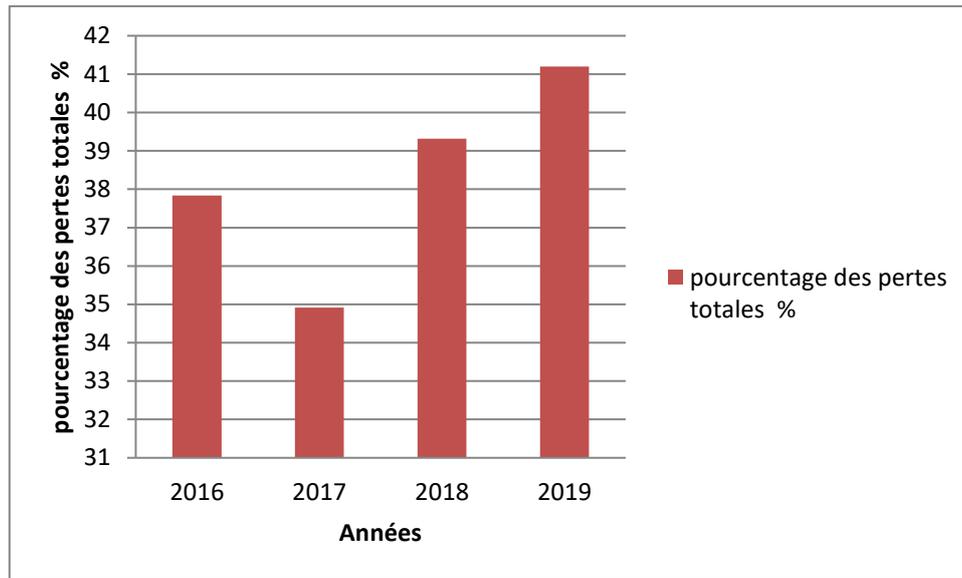


**Figure IV-19: Evolution des volumes totaux perdus de la commune de Bendjerrah**

**IV-2-5-4- Pourcentage des pertes totales d'eaux :**

**Tableau IV-19: Evolution du pourcentage des pertes totales d'eau de la commune de Bendjerrah**

Années	2016	2017	2018	2019
Pertes en %	37,84	34,92	39,32	41,20



**Figure IV-20: Evolution du pourcentage des pertes totales d'eaux de la commune de Bendjerrah**

❖ **Interprétation :**

Les volumes totaux d'eau qui se perdent au niveau du réseau d'AEP de la commune de Bendjerrah pendant les quatre dernières années est énorme ; comme il est indiqué dans le tableau IV-17 et le graphique IV-20 ; le pourcentage est plus de 40 %, ce qui signifie que le réseau d'alimentation en eau n'est pas rentable, ce qui indique également que le réseau n'est pas efficace et l'existence des problèmes au niveau du réseau.

**IV-2-6 Le rendement :**

**IV-2-6-1 Définition :**

Le rendement d'un réseau permet de caractériser son efficacité et les problèmes existants. Ces chiffres sont le résultat de la comparaison entre la production, la distribution et la consommation. Les chiffres caractéristiques du rendement doivent être connus et interprétés, pour mettre en évidence les problèmes éventuels.

Il est obtenu en faisant le rapport entre, d'une part, le volume consommé autorisé augmenté des volumes vendus à d'autres services publics d'eau potable et, d'autre part, le volume produit augmenté des volumes achetés à d'autres services publics d'eau potable.

Le volume consommateurs sans comptage et le volume de service du réseau sont ajoutés au volume comptabilisé pour calculer le volume consommé autorisé. Le rendement est exprimé en pourcentage.

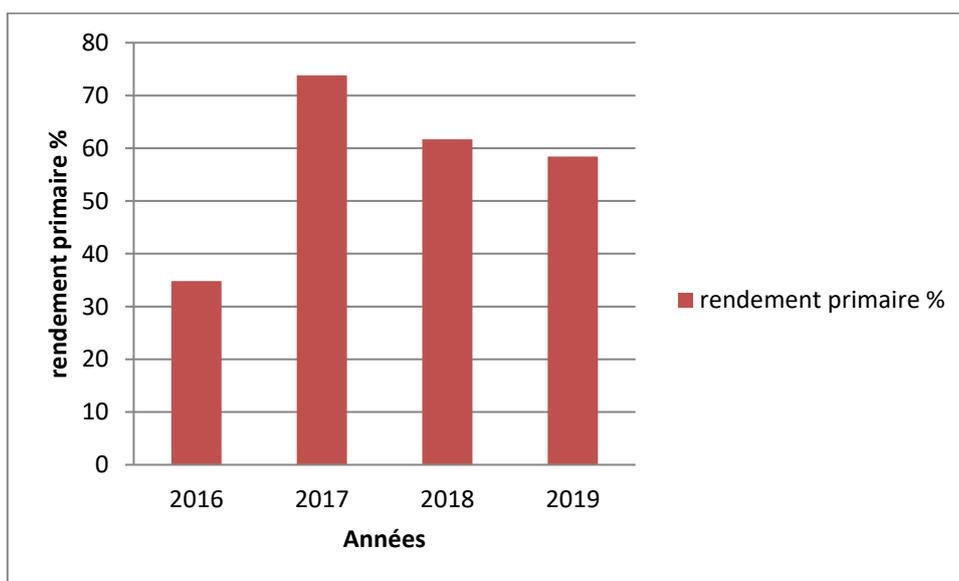
**IV-2-6-2- Le rendement primaire RP :**

Le rendement primaire (RP) est le rendement le plus simple à calculer, il ne tient pas compte des volumes utilisés non comptabilisés, il est calculé selon cette équation. Le tableau suivant donne une idée à propos de son évolution temporelle.

$$RP = \frac{\text{volume d'eau consommé Comptabilisé}}{\text{Volume mis en distribution}} \dots\dots\dots (IV-3)$$

**Tableau IV-20: Rendements primaire**

Années	2016	2017	2018	2019
Rendement primaire RP (%)	34,80	73,78	61,70	58,43



**Figure IV-21: Evolution du rendement primaire du réseau de la commune de Bendjerrah**

Le tableau (IV-21) nous permet d’apprécier le rendement d’un réseau.

**Tableau IV-21 : Evaluation du rendement primaire**

Rendement	Qualités
De 50% à 60%	<b>Mauvais</b>
De 60% à 70%	<b>Médiocre</b>
De 70% à 75%	<b>Moyen</b>
De 75% à 80%	<b>Bon</b>
De 80% à 85%	<b>Très bon</b>
De 85% à 90%	<b>Excellent</b>

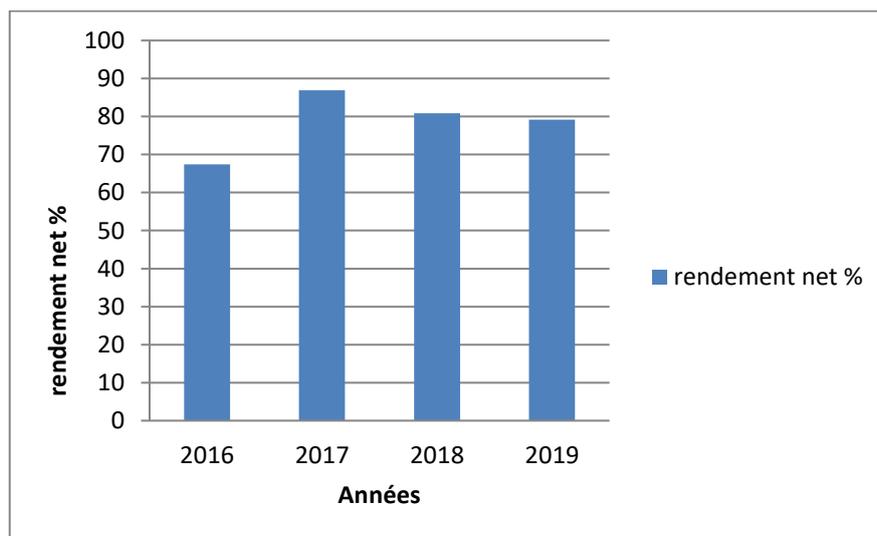
**IV-2-6-3- Rendement net :**

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

$$\text{Rendement net} = \frac{\text{Volume consommé}}{\text{Volume mis en distribution}} \times 100 \dots\dots\dots (IV-4)$$

**Tableau IV-22: Rendements net**

Années	2016	2017	2018	2019
<b>Rendement net Rnet (%)</b>	<b>67,40</b>	<b>86,90</b>	<b>80,84</b>	<b>79,21</b>



**Figure IV-22: Evolution du rendement net du réseau de la commune de Bendjerrah**

#### **IV-2-6-4- La densité d'abonnés :**

Sur la base des données d'activités des services gestionnaires de l'A.E.P au niveau de la ville, la population desservie est estimée à plus de 7 habitants (2014) pour environ 1451 abonnés.

La densité d'abonnés est égale au nombre d'abonnés par kilomètre de réseau (hors linéaire de branchements). Elle est exprimée en (abonnés/km).

$$D = \frac{N}{L} \dots \dots \dots (IV-5)$$

Plusieurs référentiels existent pour caractériser un service à partir de ce paramètre. Le référentiel du laboratoire GEA, par exemple, utilise les critères suivants :

- **D < 20** : réseau de type rural ;
- **20 < D < 40** : réseau de type intermédiaire ;
- **D > 40**: réseau de type urbain.

**Tableau IV-23: Densités d'abonnés**

<b>Années</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Densité d'abonnés (abonné/Km)</b>	<b>54,76</b>	<b>55,56</b>	<b>57,1</b>

D'après cette typologie, le réseau de Bendjerrah est classé de type urbain

**NB:** la densité s'utilise ici pour caractériser physiquement les réseaux, considérés comme étant indépendants les uns des autres, vis à vis de leur fonctionnement, même dans le cas où ils dépendent d'un seul et même service gestionnaire (ADE ou APC)

#### **IV-2-7- Calcul des indices :**

Les indices linéaires de pertes et de consommation (**ILP**, **ILC** et **ILProd**), définit respectivement comme suit :

##### **A)- Indice linéaire des pertes ILP :**

Le rendement n'est pas un indicateur toujours pertinent pour apprécier l'état d'un réseau. Pour ce faire, on utilise de préférence l'indice linéaire de pertes d'eau (**ILP**) exprimé en mètre cube par jour et par kilomètre de canalisation. Ce paramètre permet de comparer des réseaux différents par leur longueur et leur configuration.

L'indice linéaire de pertes en réseau est égal au volume perdu dans les réseaux par jour et par kilomètre de réseau (hors linéaires de branchements). Cette perte est calculée par différence entre le volume mis en distribution et le volume consommé autorisé. Il est exprimé en m<sup>3</sup>/km/jour.

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

$$\text{ILP} = \frac{\text{volume des pertes}}{\text{longueur des conduites hors branchement}} \dots\dots\dots (\text{IV-6})$$

**Volume des pertes en eau** = (Volume mis en distribution - volume d'eau consommé) en m<sup>3</sup>

**Volume mis en distribution** = Volume pompé + volume achetés à d'autres collectivités.

**Volume consommé** = Volume facturé aux abonnés+ volume vendu à d'autres collectivités + volume utilisé sans comptage (par ex : défense incendie) + volume de service du réseau (par ex : nettoyage du château d'eau)

➤ **L'indice linéaire de perte primaire :**

On ne tient pas compte des volumes utilisés non comptabilisés.

$$\text{ILP}_{\text{primaire}} = \frac{\text{volume annuel mis en distribution} - \text{volume annuel comptabilisé}}{\text{linéaire de réseau} \times 365} \dots\dots\dots (\text{IV-7})$$

Pour la commune de Bendjerrah l'ILP<sub>primaire</sub> évolue selon le tableau suivant :

**Tableau IV-24: Indice linéaire des pertes primaire**

Années	2016	2017	2018	2019
ILP <sub>primaire</sub> (m <sup>3</sup> /j/km)	13,95	3,61	5,79	6,64

**Tableau IV-25: Valeurs de référence de l'ILP primaire (calculé hors branchement)**

Indice de perte m <sup>3</sup> //j/Km	Rural	Intermédiaire	Urbain
<b>Bon</b>	< 1,5	< 3	< 7
<b>Acceptable</b>	1,5 à 2,5	3 à 5	7 à 10
<b>Médiocre</b>	2,5 à 4	5 à 8	10 à 15
<b>Mauvais</b>	> 4	> 8	> 15

➤ **L'indice linéaire de perte net :**

Le linéaire de réseau ne comprend pas la longueur des branchements. Cet indice traduit bien la notion d'efficacité du réseau, puisqu'il compare la totalité de l'eau utilisée avec celle introduite dans le réseau.

$$ILP_{net} = \frac{\text{volume annuel mis en distribution} - \text{volume annuel consommé}}{\text{linéaire de réseau} \times 365} \dots\dots\dots (IV-7)$$

**Tableau IV-26: Indice linéaire des pertes net**

Années	2016	2017	2018	2019
ILP <sub>net</sub> (m <sup>3</sup> /j/km)	6,97	1,81	2,89	3,32

Il n'existe pas actuellement de référentiel unique de valeurs de l'ILP qui soit largement partagé par les acteurs du domaine de l'eau potable. En revanche il existe de nombreux référentiels utilisés ici ou là.

**B)- Indice linéaire de consommation ILC :**

Ces indices calculés pour l'ensemble des systèmes d'eau potable de la région permettent d'apprécier les performances du fonctionnement et de la répartition des consommateurs sur le réseau. L'indice de consommation, exprimé par le rapport entre les volumes consommés et la longueur totale des canalisations d'adduction et de distribution, il est calculé par de différentes démarches. On a utilisé ainsi les mêmes démarches que lors de calcul des indices de pertes. Il est calculé par la formule suivant :

$$ILC = \frac{\text{Volume consommé}}{\text{longueur des conduites hors branchement}} \dots\dots\dots (IV-8)$$

Pour la commune de Bendjerrah l'ILC évolue selon le tableau suivant :

**Tableau IV-27: Indice linéaire de consommation**

Années	2016	2017	2018	2019
ILC (m <sup>3</sup> /j/km)	14,43	11,98	12,22	12,63

**C)- Indice linéaire de production ILProd :**

$$ILP = \frac{\text{volume produit}}{\text{longueur des conduites hors branchement}} \dots\dots\dots (IV-9)$$

Pour la commune de Bendjerrah l'ILProd évolue selon le tableau suivant :

**Tableau IV-28: Indice linéaire de production**

Années	2016	2017	2018	2019
ILProd (m <sup>3</sup> /j/km)	23,53	18,66	20,41	21,53

**Tableau IV-29: Tableau récapitulatif des calculs**

Années	2016	2017	2018	2019
Volumes produits m <sup>3</sup> /an	305 028	241 939	264 619	282 982
Moyenne des volumes mensuels Produit (m <sup>3</sup> /mois)	25 419	20161,58	22051,58	23581,83
Moyenne journalière (m <sup>3</sup> /j)	847,3	672,05	735,05	786,06
Volumes mis en distribution m <sup>3</sup> /an	281 271	181 189	198 609	210 060
Moyenne des volumes mensuels mis en distribution (m <sup>3</sup> /mois)	23439,25	15099,083	16550,75	17505
Moyenne journalière (m <sup>3</sup> /j)	781,31	503,30	551,69	583,5
Volumes facturés en m <sup>3</sup>	189 589	157 439	160 567	166 399
Pertes d'eau en adduction m <sup>3</sup>	23757	60750	66010	72922
Taux de pertes en adduction (%)	7,79	25,11	24,94	25,76
Pertes d'eau en distribution m <sup>3</sup>	91 682	23 750	38 042	43 661
Taux de pertes en distribution (%)	32,60	13,10	19,15	20,78
Volumes totaux perdues m <sup>3</sup>	115 439	84 500	104 052	116 583
Pertes totales en %	37,84	34,92	39,32	41,20
Rendement primaire RP (%)	34,80	73,78	61,70	58,43
Rendement net R <sub>net</sub> (%)	67,40	86,90	80,84	79,21
Densité d'abonnés (abonné/Km)		54,76	55,56	57,1
ILP <sub>primaire</sub> (m <sup>3</sup> /j/km)	13,95	3,61	5,79	6,64
ILP <sub>net</sub> (m <sup>3</sup> /j/km)	6,97	1,81	2,89	3,32
ILC (m <sup>3</sup> /j/km)	14,43	11,98	12,22	12,63
ILProd (m <sup>3</sup> /j/km)	23,53	18,66	20,41	21,53

L'approche par bilan conduit à une estimation moins favorable car elle prend en compte à la fois les pertes d'eau en réseau, mais aussi la surconsommation chez les abonnés non équipés de compteurs. Il est probable que ces estimations par bilan comportent également des incertitudes : Extrapolation du panel de consommateurs et surtout mauvaise connaissance des consommations commerciales et publiques qui représentent plus de 20 % de la consommation totale.

#### **IV-3- L'équilibre d'eau (Bilan d'eau) :**

La quantité de perte d'eau d'un système peut être déterminée en construisant un équilibre d'eau. Ceci est basé sur la mesure ou l'évaluation quant à la quantité de l'eau produite (tenant compte de toute eau importée et/ou exportée), consommée et perdue.

Sous sa forme la plus simple l'équilibre d'eau est :

$$\text{Pertes} = \text{entrée de système de distribution} - \text{consommation}$$

Le calcul d'un équilibre d'eau est très important parce que :

- C'est la base d'évaluer le niveau de la perte d'eau pour n'importe quelle utilité.
- Un premier calcul indique la disponibilité et la fiabilité des données et le niveau de compréhension.
- Mécanisme pour l'évaluation.
- Fournit une première étape vers l'amélioration.
- La compréhension d'un équilibre d'eau est essentielle pour prioriser des actions et des investissements.

A priori, un opérateur de réseau a tout intérêt à réaliser un bilan d'eau comme le conseille l'**International Water Association (IWA – 2003)** pour évaluer correctement les pertes du réseau.

Cette méthodologie, très rigoureuse, lui permettra de bien évaluer les pertes apparentes (volumes détournés et erreurs de mesures) qui doivent absolument être éliminées de l'évaluation des performances des conduites en elles-mêmes. Cependant, ce bilan d'eau peut être lourd à mettre en place car il nécessite l'estimation des volumes à chaque point de comptage clé. En présence de compteurs, les données relevées sur ceux-ci seront utilisées, mais en l'absence de dispositifs de mesure, il sera nécessaire de pratiquer « une estimation au plus juste » qui, en fait, est un avis d'expert donné au niveau local.

**Tableau IV-30: bilan d'eau selon IWA**

A	B	C	D	E	
Volume introduit (prélèvement et importation d' eau brute et d' eau potable) m <sup>3</sup> /an	Volume consommé pour tous les usages m <sup>3</sup> /an	Volume consommé facturé (y compris volume exporté) m <sup>3</sup> /an	Volume consommé mesuré et facturé (y compris volume exporté) m <sup>3</sup> /an	Volume d' eau vendu m <sup>3</sup> /an	
		Volume consommé non facturé hors volume détourné m <sup>3</sup> /an	Volume consommé non mesuré et non facturé (y compris volume exporté) m <sup>3</sup> /an		
		Pertes d' eau m <sup>3</sup> /an	Pertes apparentes m <sup>3</sup> /an	Volume détourné m <sup>3</sup> /an	Volume d' eau non vendu m <sup>3</sup> /an
				Erreur de mesure m <sup>3</sup> /an	
	Pertes réelles m <sup>3</sup> /an		Pertes réelles sur réseau d'adduction d'eau brute et dans l'usine de traitement le cas échéant m <sup>3</sup> /an		
			Fuites sur les réseaux de transport et/ou de distribution m <sup>3</sup> /an		
			Fuites et surverses des réservoirs sur le réseau de transport et/ou de distribution m <sup>3</sup> /an		
			Fuites sur branchements jusqu'au point de comptage m <sup>3</sup> /an		

**IV-3-1- Terminologie d'équilibre d'eau :**

❖ **Le volume d'entrée de système** est le volume annuel de l'eau traitée entrée dans cette partie du système d'approvisionnement en eau auquel le calcul d'équilibre d'eau se rapporte.

❖ **La consommation autorisée** est le volume annuel de l'eau mesuré et/ou non mesuré pris par les clients enregistrés, le fournisseur de l'eau et d'autres qui implicitement ou explicitement sont autorisés par le fournisseur de l'eau à faire ainsi pour des buts résidentiels, commerciaux et industriels.

❖ **Les pertes d'eau** sont la différence entre le volume d'entrée de système et la consommation autorisée. Des pertes d'eau peuvent être considérées comme volume total pour le système entier,

---

ou pour les systèmes partiels tels que des ensembles de transmission ou de distribution, ou de zones individuels. Les pertes d'eau se composent de pertes vraies et de pertes apparentes.

- **Les pertes apparentes** expliquent tous les types d'inexactitudes liées à la mesure de la production et du client aussi bien que des erreurs de manipulation de données (lecture et facturation de compteur), et la consommation non autorisée (vol ou utilisation illégale).

- **Les pertes vraies** se composent des pertes d'eau physiques du système pressurisé, jusqu'au point d'utilisation de client. Dans les systèmes dosés c'est le mètre de client. Le volume annuel perdu par tous les types de fuites, éclats et débordements dépend des fréquences, des débits, et de la durée moyenne de différentes fuites, éclats et débordements.

- ❖ **L'eau de Non-Revenu (NRW)** est la différence entre le volume d'entrée de système et la consommation autorisée facturée; NRW se compose des pertes de consommation autorisées non facturées (normalement seulement une proportion très petite de l'équilibre d'eau), des pertes apparentes et vraies.

- ❖ **Indice de fuites dans les infrastructures (IFI)**

Le rapport entre les pertes d'eau réelles (PER) et les pertes d'eau réelles inévitables (PERI). Cet IFI est un indicateur de performance très efficace pour comparer la gestion des pertes entre plusieurs Services.

#### **IV-3-2- Calcul d'un équilibre d'eau :**

Pour que l'équilibre d'eau puisse être calculé les morceaux constitutifs de données doivent être mesurés ou estimés. Tandis que certaines des composantes clés peuvent être mesurées d'autres devraient être estimées. Dans la plupart des cas il y aura un mélange d'exactitude de données et il sera nécessaire d'estimer la précision de chacun de ces composants.

Il y a neuf étapes claires pour calculer un équilibre d'eau :

**Etape 1 :** Définir le **volume introduit** (prélèvement et importation d'eau brute et d'eau potable) dans la colonne A.

**Etape 2 :** Définir le **volume consommé mesuré facturé** (y compris volume exporté) et le **volume consommé non mesuré et facturé** en (colonne D) ; déduire de la somme le volume consommé facturé (y compris volume exporté) (colonne C) et le volume d'eau vendue (colonne E).

**Etape 3 :** Calculer le **volume d'eau non vendue** (colonne E) par différence entre le **volume introduit dans le système** (colonne A) et le **volume d'eau vendue** (colonne E).

---

**Etape 4** : Définir le **volume consommé mesuré et non facturé** et le **volume consommé non mesuré non facturé** dans la colonne **D** ; déduire de la somme le volume consommé non facturé hors volume détourné colonne **C**.

**Etape 5** : Additionner le **volume consommé facturé** (y compris volume exporté) et le **volume consommé non facturé hors volume détourné** dans la colonne **C** ; déduire de la somme le volume consommé pour tous les usages normaux (colonne **B**).

**Etape 6** : Calculer les **pertes d'eau** (colonne **B**) par différence entre le **volume introduit dans le système** (colonne **A**) et le **volume consommé pour tous les usages normaux** (colonne **B**).

**Etape 7** : Estimer le **volume détourné** et les **erreurs de mesure** (colonne **D**) au mieux selon les moyens disponibles, déduire de la somme les pertes apparentes (colonne **C**).

**Etape 8** : Calculer les **pertes réelles** (colonne **C**) par différence entre des **pertes d'eau** (colonne **B**) et les **pertes apparentes** (colonne **C**).

**Etape 9** : Estimer les composantes des **pertes réelles** (colonne **D**) au mieux selon les moyens disponibles (analyses de débit nocturne, calculs de fréquence des ruptures/débits/durées, modélisations, etc.), additionner ces résultats et vérifier avec le volume de **pertes réelles** de la colonne **C**.

Le Tableau IV-31 montre les étapes de calcul réalisé par le logiciel d'audit **AWWA WLCC** (IWA)

**Le Tableau IV-31 : les étapes de calcul du bilan d'eau réalisé par le logiciel d'audit AWWA WLCC  
Année 2016**

**AWWA WLCC Logiciel gratuit d'audit: Feuille de rapport** Retour aux Instructions

Copyright © 2009, American Water Works Association. All Rights Reserved. WASv4.2

Report d'audit d'eau de: **Bendjerrah02**  
 Rapport de l'année: **2016** | **1/2016 - 12/2016**

---

**EAU DISTRIBUÉE (MISE EN DISTRIBUTION)** <<Saisir la cote dans la colonne 'E'

Volume d'eau du Service	?	7	305,028	Megalitres/an (ou ML/an)
Ajustement dû à l'imprécision des compteurs (valeur positive)	?	4		ML/an
Volume d'eau importée	?	n/a	0,000	ML/an
Volume d'eau exportée	?	7	23,757	ML/an
<b>EAU DISTRIBUÉE</b>			<b>281,271</b>	<b>ML/an</b>

---

**CONSOMMATION AUTORISÉE**

Mesurée facturée	?	7	124,589	ML/an
Non mesurée facturée	?	2	65,000	ML/an
Mesurée non facturée	?	3	66,000	ML/an
Non mesurée non facturée	?	5	2,140	ML/an
<b>CONSOMMATION AUTORISÉE</b>	?		<b>257,729</b>	<b>ML/an</b>

Cliquer ici: ?  
pour de l'aide sur l'utilisation des boutons

Pourcentage:  Valeur:

Utiliser les boutons pour choisir le pourcentage de l'eau distribuée OU entrer une valeur

---

**PERTES D'EAU (eau distribuée - consommation autorisée)**  ML/an

**Pertes apparentes**

Consommation non autorisée: ? 5  ML/an

Pourcentage:  Valeur:

Option par défaut sélectionnée pour la consommation non autorisée - une cote de 5 est appliquée, mais invisible à l'écran

---

**AWWA WLCC Logiciel gratuit d'audit: bilan d'eau** WASv4.2

Report d'audit d'eau de: **Bendjerrah02** | Année: **2016**

Volume d'eau du Service (après corrections)	Eau exportée	Consommation autorisée	Eau exportée facturée	Eau facturée		
	23,757		Consommation autorisée facturée		124,589	
305,028	Eau distribuée	257,729	Consommation mesurée facturée (incl exportée)	189,589		
			189,589		Consommation non mesurée facturée	65,000
			68,140		Consommation mesurée non facturée	66,000
Eau importée	Pertes d'eau	23,542	Consommation non mesurée non facturée	91,682		
			10,703		Consommation non autorisée	0,703
			0,000		Imprécision compteurs usagers	0,000
			10,000		Erreurs systématiques de manipulation des données	10,000
0,000	Pertes réelles	12,839	Fuites sur conduites de transport ou de distribution	Non désagrégé		
			12,839		Fuites et débordements réservoirs	

Navigation: Instructions | Rapport | **Bilan d'eau** | Grille d'évaluation | Schéma branchement | Définitions | Plan réduction pertes | Exemple audit 1 (gallons) | Exemple

**Le Tableau IV-32 : les étapes de calcul du bilan d'eau réalisé par le logiciel d'audit AWWA WLCC  
Année 2017**

AWWA WLCC Logiciel gratuit d'audit: Feuille de rapport  
Copyright © 2009, American Water Works Association. All Rights Reserved. WASv4.2 Retour aux Instructions

Rapport d'audit d'eau de: **Bendjerrah02**  
Rapport de l'année: **2017** / 1/2017 - 12/2017

Entrer les données dans les cellules blanches. Lorsque disponibles, entrer les valeurs mesurées. Lorsque non disponibles, estimer les valeurs. Qualifier votre niveau de confiance dans les données en leur donnant une évaluation (de 1 à 10). Une liste déroulante apparaît à gauche de la cellule. Avec la souris, placer le pointeur sur la cellule pour obtenir une description des évaluations.

**Tous les volumes doivent être entrés en MEGALITRES (MILLE MÈTRES CUBES) PAR ANNÉE**

**EAU DISTRIBUÉE (MISE EN DISTRIBUTION)** <<Saisir la cote dans la colonne 'E'  
 Volume d'eau du Service ? 7 241,939 Megalitres/an (ou ML/an)  
 Ajustement dû à l'imprécision des compteurs (valeur positive) ? 4 ML/an  
 Volume d'eau importée ? n/a 0,000 ML/an  
 Volume d'eau exportée ? 7 60,750 ML/an  
**EAU DISTRIBUÉE 181,189 ML/an**

**CONSUMMATION AUTORISÉE**  
 Mesurée facturée ? 7 157,439 ML/an  
 Non mesurée facturée ? 2 0,000 ML/an  
 Mesurée non facturée ? 3 0,000 ML/an  
 Non mesurée non facturée ? 5 2,140 ML/an  
**CONSUMMATION AUTORISÉE 159,579 ML/an**

**PERTES D'EAU (eau distribuée - consommation autorisée) 21,610 ML/an**

Utiliser les boutons pour choisir le pourcentage de l'eau distribuée OU entrer une valeur

AWWA WLCC Logiciel gratuit d'audit: bilan d'eau  
Copyright © 2009, American Water Works Association. All Rights Reserved. WASv4.2

Rapport d'audit d'eau de:		Année	
Bendjerrah02		2017	
Eau exportée	60,750	Eau exportée facturée	
Volume d'eau du Service (après corrections)	241,939	Consommation autorisée facturée	157,439
		Consommation autorisée non facturée	2,140
		Pertes apparentes	10,453
Eau distribuée	181,189	Pertes d'eau	21,610
Eau importée	0,000	Pertes réelles	11,157
		Consommation mesurée facturée (incl exportée)	157,439
		Consommation mesurée non facturée	0,000
		Consommation non mesurée facturée	0,000
		Consommation non mesurée non facturée	2,140
		Consommation non autorisée	0,453
		Imprécision compteurs usagers	0,000
		Erreurs systématiques de manipulation des données	10,000
		Fuites sur conduites de transport ou de distribution	Non désagrégé
		Fuites et débordements réservoirs	
		Eau facturée	157,439
		Eau non facturée	23,750

**Le Tableau IV-33 : les étapes de calcul du bilan d'eau réalisé par le logiciel d'audit AWWA WLCC  
Année 2018**

**AWWA WLCC Logiciel gratuit d'audit: Feuille de rapport**  
Copyright © 2009, American Water Works Association. All Rights Reserved. WASv4.2 [Retour aux Instructions](#)

Rapport d'audit d'eau de: **Bendjerrah02**  
Rapport de l'année: **2018** | 1/2018 - 12/2018

Entrer les données dans les cellules blanches. Lorsque disponibles, entrer les valeurs mesurées. Lorsque non disponibles, estimer les valeurs. Qualifier votre niveau de confiance dans les données en leur donnant une évaluation (de 1 à 10). Une liste déroulante apparaît à gauche de la cellule. Avec la souris, placer le pointeur sur la cellule pour obtenir une description des évaluations.

**Tous les volumes doivent être entrés en MEGALITRES (MILLE MÈTRES CUBES) PAR ANNÉE**

**EAU DISTRIBUÉE (MISE EN DISTRIBUTION)** <<Saisir la cote dans la colonne 'E'  
 Volume d'eau du Service ? 7 264,619 Megalitres/an (ou ML/an)  
 Ajustement dû à l'imprécision des compteurs (valeur positive) ? 4 ML/an  
 Volume d'eau importée ? n/a 0,000 ML/an  
 Volume d'eau exportée ? 7 66,010 ML/an  
**EAU DISTRIBUÉE** 198,609 ML/an

**CONSOMMATION AUTORISÉE**  
 Mesurée facturée ? 7 160,567 ML/an  
 Non mesurée facturée ? 2 0,000 ML/an  
 Mesurée non facturée ? 3 0,000 ML/an  
 Non mesurée non facturée ? 5 2,483 ML/an  
 Option par défaut pour la consommation non mesurée non facturée - une cote de 5 est appliquée, mais invisible à l'écran  
**CONSOMMATION AUTORISÉE** 163,050 ML/an  
 Pourcentage: 1,25% Valeur:    
 Cliquer ici: ? pour de l'aide sur l'utilisation des boutons  
 Utiliser les boutons pour choisir le pourcentage de l'eau distribuée OU entrer une valeur

**PERTES D'EAU (eau distribuée - consommation autorisée)** 35,559 ML/an

**AWWA WLCC Logiciel gratuit d'audit: bilan d'eau**  
Copyright © 2009, American Water Works Association. All Rights Reserved. WASv4.2

Rapport d'audit d'eau de:		Année	
Bendjerrah02		2018	
Eau exportée	66,010	Eau exportée facturée	
Volume d'eau du Service (après corrections)	264,619	Consommation autorisée facturée	160,567
		Consommation autorisée	163,050
		Consommation autorisée non facturée	2,483
Eau distribuée	198,609	Pertes apparentes	10,497
Eau importée	0,000	Pertes d'eau	35,559
		Pertes réelles	25,063
		Fuites sur conduites de transport ou de distribution	Non désagrégé
		Fuites et débordements réservoirs	
		Consommation mesurée facturée (incl exportée)	160,567
		Consommation non mesurée facturée	0,000
		Consommation mesurée non facturée	0,000
		Consommation non mesurée non facturée	2,483
		Consommation non autorisée	38,042
		Pertes apparentes	0,497
		Imprécision compteurs usagers	0,000
		Erreurs systématiques de manipulation des données	10,000

**Eau facturée** 160,567  
**Eau non facturée** 38,042

Instructions | Rapport | **Bilan d'eau** | Grille d'évaluation | Schéma branchement | Définitions | Plan réduction pertes | Exemple audit 1 (gallons) | Ex

**Le Tableau IV-34 : les étapes de calcul du bilan d'eau réalisé par le logiciel d'audit AWWA WLCC  
Année 2019**

**AWWA WLCC Logiciel gratuit d'audit: Feuille de rapport**  
Copyright © 2009, American Water Works Association. All Rights Reserved. WASv4.2 [Retour aux Instructions](#)

Rapport d'audit d'eau de: **Bendjerrah02**  
Rapport de l'année: **2019** | 1/2019 - 12/2019

Entrer les données dans les cellules blanches. Lorsque disponibles, entrer les valeurs mesurées. Lorsque non disponibles, estimer les valeurs. Qualifier votre niveau de confiance dans les données en leur donnant une évaluation (de 1 à 10). Une liste déroulante apparaît à gauche de la cellule. Avec la souris, placer le pointeur sur la cellule pour obtenir une description des évaluations.

**Tous les volumes doivent être entrés en MEGALITRES (MILLE MÈTRES CUBES) PAR ANNÉE**

EAU DISTRIBUÉE (MISE EN DISTRIBUTION) <<Saisir la cote dans la colonne 'E'  
 Volume d'eau du Service: 7 | 282,982 | Megalitres/an (ou ML/an)  
 Ajustement dû à l'imprécision des compteurs (valeur positive): 4 | | ML/an  
 Volume d'eau importée: n/a | 0,000 | ML/an  
 Volume d'eau exportée: 7 | 72,922 | ML/an  
**EAU DISTRIBUÉE**: 210,060 ML/an

CONSUMMATION AUTORISÉE  
 Mesurée facturée: 7 | 166,399 | ML/an  
 Non mesurée facturée: 2 | 0,000 | ML/an  
 Mesurée non facturée: 3 | 0,000 | ML/an  
 Non mesurée non facturée: 5 | 2,140 | ML/an  
**CONSUMMATION AUTORISÉE**: 168,539 ML/an

PERTES D'EAU (eau distribuée - consommation autorisée): 41,521 ML/an

AWWA WLCC Logiciel gratuit d'audit: bilan d'eau  
Copyright © 2009, American Water Works Association. All Rights Reserved. WASv4.2

Rapport d'audit d'eau de:		Année			
Bendjerrah02		2019			
Volume d'eau du Service (après corrections)	Eau exportée	Eau exportée facturée			
	72,922	Consommation autorisée facturée	Consommation mesurée facturée (incl exportée)		
282,982	Eau distribuée	166,399	166,399		
		168,539	Consommation non mesurée facturée	0,000	
			Eau facturée	166,399	
Eau importée	41,521	Consommation autorisée non facturée	0,000		
		Pertes d'eau	Consommation mesurée non facturée	0,000	
			10,525	Consommation non mesurée non facturée	2,140
				Eau non facturée	43,661
0,000	Pertes réelles	30,996	Consommation non autorisée	0,525	
			Imprécision compteurs usagers	0,000	
			Erreurs systématiques de manipulation des données	10,000	
		Fuites sur conduites de transport ou de distribution			
		<b>Non désagrégé</b>			
		Fuites et débordements réservoirs			

Instructions / Rapport / **Bilan d'eau** / Grille d'évaluation / Schéma branchement / Définitions / Plan réduction pertes / Exemple audit 1 (gallons) / Exemple

**Tableau IV-35 : Récapitulatif des calculs obtenus à partir du logiciel AWWA WLCC**

Années	2016	2017	2018	2019
Eau distribuée	281 271	181 189	198 609	210 060
Consommation autorisée	257 729	159 579	163 050	168 539
Consommation autorisée et facturée	189 589	157 439	160 567	166 399
Consommation autorisée et non facturée	68 140	2 140	2 483	2 140
Consommation mesurée et facturée (excluant l'eau exportée)	124 589	157 439	160 567	166 399
Consommation non mesurée et facturée	65 000	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
Eau facturée	189 589	157 439	160 567	166 399
Consommation non mesurée et non facturée	2 140	2 140	2 483	2 140
Eau non facturée	91 682	23 750	38 042	43 661
Consommation non autorisée	257 729	453	497	525
Pertes apparentes	10 703	10 453	10 497	10 525
Pertes réelles (physiques)	12 839	11 157	25 063	30 996
Pertes totales d'eau	23 542	21 654	35 560	41 512
Rapport (pertes réelles/pertes totales)	<b>0,54</b>	<b>0,51</b>	<b>0,71</b>	<b>0,75</b>

#### **IV-4- Actions stratégiques pour la réduction des pertes dans un réseau de distribution :**

Les pertes d'eau dues aux fuites se produisent dans chaque réseau de distribution, la seule différence réside dans la quantité perdue, c'est pour cela que les pertes physique ont toujours été un défi pour les gestionnaires de l'eau. Ils ont une grande importance dans la qualité de l'action visant à diminuer les pertes visibles et invisibles.

##### **IV-4-1- Action 1 : Rapidité et la qualité des réparations :**

Ils ont une grande importance dans la qualité de l'action visant à diminuer les pertes visibles et invisibles.

##### **a)- Rapidité des réparations :**

L'effet du temps sur les fuites peut générer des pertes considérables et doit être pris en considération.

**b)- Qualité des réparations :**

La qualité des réparations joue un rôle très important dans la lutte contre les fuites dans le réseau de distribution, car une réparation de la fuite menée de façon inefficace va conduire à la réapparition de cette fuite.

**IV-4-2- Action 2: Recherche active des fuites :**

La recherche de fuites est conditionnée par les objectifs de récupérer les volumes perdus qui sont liés aux fuites invisibles mais aussi d'améliorer le rendement du réseau et orienter les renouvellements de celui-ci pour les tronçons vétustes et vulnérables.

**IV-4-3- Action 3 : Gestion du patrimoine :**

**a)- Réalisation de campagnes de mesure ponctuelles :**

L'exploitant doit organiser le recueil et l'archivage de toutes les interventions réalisées sur le réseau (fuites, réparations, incidents,...).

**b)- Renouvellement et réhabilitation du réseau :**

La mise en place d'une politique de gestion patrimoniale des installations est de la responsabilité de la collectivité. Elle garantit la conservation du patrimoine et limite ainsi les risques de défaillances et les pertes d'eau qui y sont liées.

**IV-4-4- Action 4 : Gestion de la pression :**

L'objectif de cette approche est de diminuer la pression nocturne du réseau afin de réduire les contraintes dans les conduites. On limite ainsi le débit des fuites existantes, de même que l'on réduit le risque d'apparition de nouvelles fuites.

Cette partie de recherche est axée sur la bonne gestion et l'amélioration du rendement du réseau en gérant le paramètre «pression».

La figure (IV-22) montre un exemple d'économie d'eau dans un réseau de distribution en réduisant la pression au court du temps.

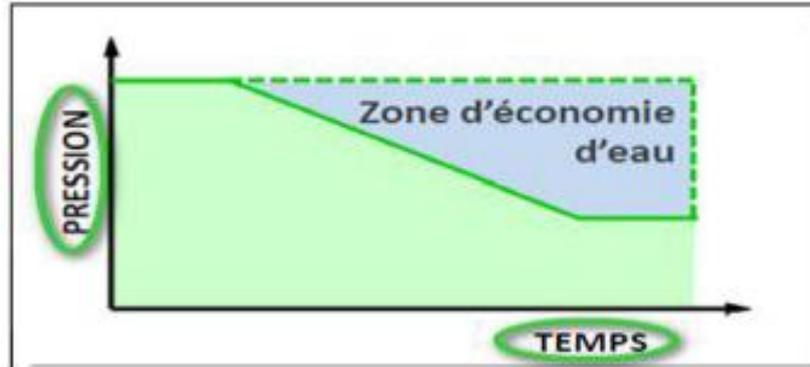


Figure IV-23 : Diagramme d'économie d'eau

Le diagramme ci-dessus montre la zone d'économie d'eau réalisable en produisant un abaissement de la pression (zone bleue).

Elle représente, en fonction du temps, un abaissement de la pression possible pendant une période de basse de consommation.

La figure (IV-23) illustre un exemple d'économie d'eau dans un réseau de distribution par l'abaissement de la pression (réduire le volume des fuites).

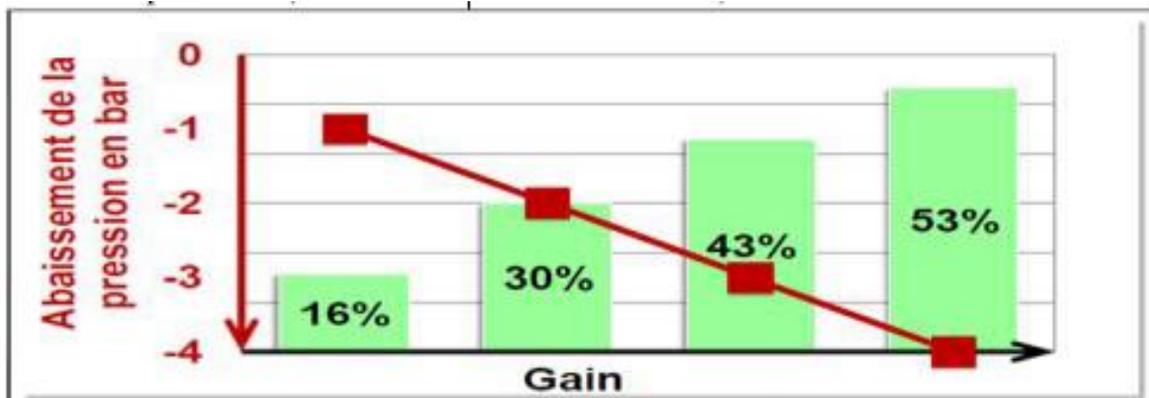


Figure IV-24 : Diagramme de réduction du volume des fuites / la pression

La figure ci-dessus montre qu'il suffit d'abaisser la pression initiale de 2(bar) pour réduire le volume des fuites de 30 % !

La figure (IV-25) montre un exemple d'économie d'eau dans un réseau de distribution Evaluation du volume de fuites.

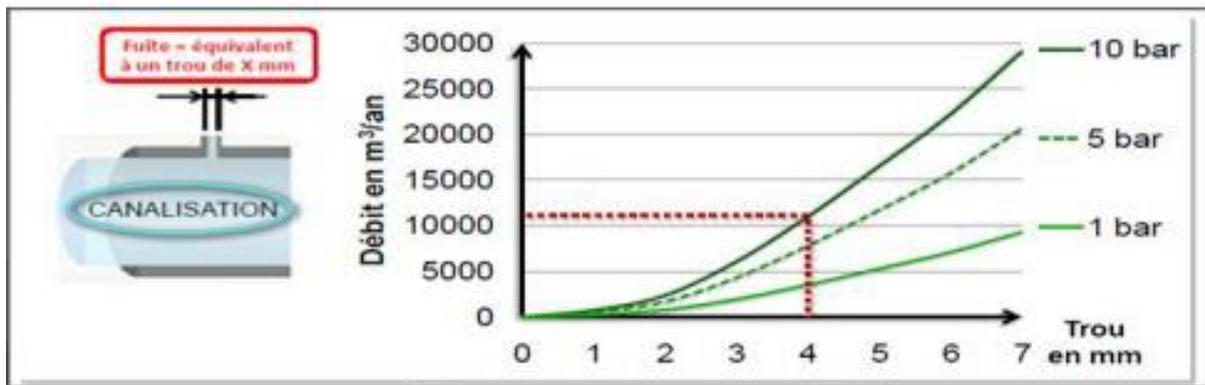


Figure IV-25 : diagramme de réduction du volume

D'après la figure (IV-24), il est à constater que le volume d'une fuite annuelle d'un trou de 4 mm de diamètre à une pression de 10 (bar) est de 11000 m<sup>3</sup> soit l'équivalent de 4 piscines olympiques !

#### IV-5- Conclusion :

Ce chapitre a permis de définir et d'expliquer ce qu'est une perte, ses méthodes de calcul, ainsi que son application dans un réseau de distribution. Une fois ces pertes sont évaluées il est primordiale d'œuvrer dans le but de préserver cette ressource et garantir une bonne continuité de service dans le cadre d'un développement durable.

Afin de combler le déficit en eau observé ; il est nécessaire de minimiser les pertes en eau de telle façon à augmenter le rendement du réseau d'AEP.

La maîtrise de ses pertes physiques implique donc, de la part des distributeurs d'eau la décision de lancer un programme de recherche de fuites et de gestion de pression a court terme mais aussi un combat a long terme de renouvellement et d'entretien du réseau.

A decorative rectangular border with ornate, symmetrical floral and scrollwork patterns in each corner and along the sides.

# Conclusion

## Conclusion

L'absence d'un système fiable de comptage et la facturation forfaitaire appliquée aux abonnés sans compteurs sont considérées comme les causes principales de la surconsommation d'eau et du phénomène de gaspillage. L'utilisation frauduleuse de l'eau potable, par certains abonnés contribue également à augmenter le volume des pertes.

D'autres facteurs sont également à l'origine de ces importantes pertes d'eau. Il s'agit notamment de:

- La mauvaise qualité des travaux de pose des conduites,
- La dégradation continue des installations du système d'eau potable (vannes, poteaux d'incendie...) et l'absence d'entretien,
- Le taux de fuites élevé (joints, casses, corrosion, étanchéité défectueuse des réservoirs, branchements, chez l'utilisateur),
- Le gaspillage dans les établissements publics sans compteur (écoles, mosquées, marchés...),
- Les branchements clandestins,
- Les compteurs défectueux ou détériorés.

Cette analyse a permis de mettre en évidence l'importance de la connaissance et de la maîtrise du fonctionnement des systèmes de distribution d'eau potable dans la commune de Bendjerrah.

Dans les réseaux d'eau potable, les pertes en eau peuvent atteindre un niveau élevé. L'International Water Association (IWA) les classe en deux catégories : les pertes apparentes et les pertes réelles.

- Les pertes apparentes correspondent à des erreurs de comptage ou à des consommations non autorisées,
- Les pertes réelles comprennent les fuites sur les systèmes de transport et de distribution, ainsi que les fuites et débordements au niveau des réservoirs.

On s'est intéressé essentiellement, dans le cadre de ce mémoire, aux pertes (fuites) en adduction et sur le réseau de distribution d'eau potable depuis la sortie du réservoir jusqu'au compteur de l'abonné. Ces pertes résultent de casses franches généralement réparées rapidement et de fuites non détectées qui proviennent pour la plupart d'une mauvaise étanchéité des canalisations et des organes hydrauliques.

Les fuites non détectées n'entraînent pas d'interruption de service et le système de distribution continue de fonctionner correctement dans la plupart des cas. Cependant, ces fuites sont responsables de pertes pouvant atteindre 30% du volume d'eau introduit dans le réseau. Dans un contexte de ressources rares, les fuites diminuent d'autant les potentialités d'alimentation.

Une étude préliminaire a été menée, dans le cadre de ce travail. On s'intéressé à une évaluation des indices de performances du réseau de la commune de Bendjerrah. En outre un

logiciel d'audit **AWWA WLCC** (Bilan d'eau) a été effectué. Il en découle que le rendement du réseau le classe dans la rubrique moyenne et que les pertes sont d'une moyenne de 38%. Ce résultat doit interpeller les autorités concernées à prendre la problématique avec un peu plus de soucis.

Il existe quatre familles d'actions pour lutter contre les pertes :

- La recherche active de fuites permet de réduire les pertes dues aux fuites détectables non-visibles ;
- La rapidité d'intervention permet de réduire les pertes dues aux fuites visibles ou détectées en réduisant leur temps d'écoulement ;
- Le contrôle de la pression permet de réduire les pertes dues aux fuites de tous types en réduisant leur débit d'écoulement, elle permet par ailleurs de réduire le nombre de casses ;
- La gestion patrimoniale ciblée (renouvellement ou réhabilitation des canalisations, branchements et autres organes du réseau), réduit le nombre de fuites de tous types sur les organes concernés.

Pour remédier aux problèmes de perte et de gaspillage de l'eau, les recommandations émises et qui peuvent être appliquées sont :

- Bâtir un plan d'action cohérent, à partir des diagnostics d'économie d'eau, identifier les secteurs sur lesquels se dérouleront des opérations d'économie d'eau, et mobiliser les partenaires.
- Entreprendre des actions de sensibilisation et d'information afin de susciter une prise de conscience collective quant à l'importance capitale de l'eau ;
- Assurer le suivi régulier de la consommation d'eau ;
- Renforcer l'entretien des équipements par la formation des agents et la constitution des cellules d'entretien dans les établissements publics ;
- Favoriser l'utilisation des équipements d'eau appropriés et de bonne qualité qui contribuent à économiser l'eau.



# Références bibliographiques

## Références bibliographiques

[1]- **A.DUPONT** : « Hydraulique urbaine : tome 1 » : la distribution d'eau dans les agglomérations urbaines et rurales.

[2] **A. DUPONT** ; Hydraulique urbaine, Tome 2, Edition Eyrolles, 1979, 484 p.

[3] **Adour-Garonne** ; Les études de l'Agence de l'Eau : « Connaissance et maîtrise des pertes dans les réseaux d'eau potable » Aout 2005

[4] **IWA (2000)**: The blue pages “Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures“, International Water Association

[5] **Mohamed BOULOARD** ; Gestion et exploitation de réseau d'eau potable, Formation Maroc, 2014.

[6] **Valiron F** ; Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement, Tome 1, .2, 3, Edition Lavoisier, 1994, 1268 p

### Mémoires :

**Mémoire** pour l'obtention du diplôme de **master II** en hydraulique urbaine : « Fuites et rendement des réseaux ». Réalisé par : **Ghardaoui Sihem** Encadré par : Pr **Mansouri Rachid**. Juin 2015

**Mémoire** pour l'obtention du diplôme de **master II** en hydraulique : « Dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable de secteur route Touggourt – EL OUED », Réalisé par : **Ouellebi F, Chettouh Y** ; Mai 2016

**Mémoire** pour l'obtention du diplôme de **master professionnel** en hydraulique. « Diagnostic et étude des pertes d'eau potable dans le réseau d'alimentation en eau potable ; vas de ville d'El Oued ». Présenté par : **BENAMARA Daoud** ; **CHEKIMA Ali** Encadré par : **MEGUELLATI Soumia**. Juin 2015.

**Mémoire** pour l'obtention du diplôme de **master II** en hydraulique. Option : Alimentation en eau potable : « Etude comparative sur les systèmes de contrôle de pression dans les réseaux d'eau potable ». Présenté par : **ARAR Salah** Encadré par : **BOUKHELIFA Moustafa** .Mai 2016.