

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**



**Université HAMMA LAKHDAR EL-OUED
Faculté de Technologie
Département de : Hydraulique & Génie Civil**



MEMOIRE

Présente en vue de l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique

**THEME : ANALYSE DES PERFORMANCES DU RESEAU
D'EAU POTABLE DANS LA VILLE D'EL-OUED**

Dirigé par :

Mr. Megullati Soumia

Présenté :

Yahiaoui Abbas

Zellouma Mohammed Abdelhamid

Hachef Sadok

Devant les membres du jury :

Mr. Ghomri Ali

Promotion : Juin 2021

DEDICACES

À la mémoire de mon père.

Je dédie ce présent travail à ma mère.

À tous les membres de ma chère famille sans exception qui ont eu le courage de supporter mon isolement pour arriver au bout de ce travail.

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents. A mes frères et sœurs.

REMERCIEMENT

*Une grande gratitude à notre encadreur **M. MEGUELLATI Soumia** pour avoir encadrer notre travail et nous avoir beaucoup aider par ses orientations et ses précieux conseils pour l'élaboration de cette étude.*

Nos remerciements vont également aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail.

Nous souhaitons également nos remerciements à tous les cadres et travailleurs du subdivision des ressources en eau à la ville de El-Oued.

A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, par des gestes, des mots ou des conseils, nous disons merci.

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. Cette recherche présente d'une part, une analyse de la demande dans la région de La commun d'El oued dans le Sud Algérien fondée sur une extrapolation à partir d'un panel d'abonnés pour lesquels les données de prélèvement sont disponibles. La comparaison par rapport aux volumes produits et les mesures de débit permettent d'apprécier les pertes d'eau dans le système de distribution. 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. Nous tenterons ainsi de formuler les recommandations nécessaires pour aboutir à une meilleure connaissance du fonctionnement des systèmes de distribution d'eau en Algérie.

Mots clés : analyse de performance - réseau d'eau - eau potable

الملخص:

لطالما اعتُبر التحكم في إدارة المياه في الجزائر هدفاً ذا أولوية لتنمية البلاد. يمكن أن يساعد الحد من فقد المياه في شبكات التوزيع في الحفاظ على الموارد النادرة. إن قلة عدد العدادات والتوزيع المتقطع يجعل من الصعب تحديد كمية التسربات. يقدم هذا البحث ، من جهة ، تحليلاً للطلب في منطقة الوادي في جنوب الجزائر ، بناءً على استقراء من مجموعة من المشتركين الذين تتوفر بيانات تجريبية لهم. تتيح المقارنة مع الأحجام المنتجة وقياسات التدفق تقييم خسائر المياه في نظام التوزيع. من ناحية أخرى ، عملية لتقييم وتحليل موثوقية أنظمة التوزيع بناءً على معرفة معايير ومؤشرات الأداء الفني. لذلك سنحاول صياغة التوصيات الضرورية لتحقيق معرفة أفضل بعمل أنظمة توزيع المياه في الجزائر.

كلمات المفتاحية: تحليل الأداء - شبكة المياه - مياه الشرب

abstract

Control of water management has always been considered in Algeria as a priority objective for the development of the country. Reducing water loss in distribution networks can help preserve a scarce resource. The low number of meters and the intermittent distribution make it difficult to quantify leaks. This research presents, on the one hand, an analysis of the demand in the region of La commun d'El oued in southern Algeria, based on an extrapolation from a panel of subscribers for whom abstraction data is available. The comparison with the volumes produced and the flow measurements make it possible to assess the water losses in the distribution system. On the other

hand, a process for assessing and analyzing the reliability of distribution systems based on knowledge of technical performance parameters and indicators. We will thus try to formulate the necessary recommendations to achieve a better knowledge of the functioning of water distribution systems in Algeria.

Keywords: performance analysis - water network - drinking water

LISTE DES ABREVIATIONS

ABHS: Agence de Bassin Hydrographique Sahara

ADE: Algérienne Des Eaux

AEA : Alimentation en Eau d'Agriculture.

AEI : Alimentation en Eau d'Industrie.

AEP : Alimentation en Eau Potable.

ANRH: Agence Nationale des Ressources Hydriques

CI: Continental Intercalaire

CT: Complexe Terminal

DSA : Direction des Services Agricoles.

DRH : Direction des Ressources Hydriques.

GIRE : Gestion Intégrée de la Ressource en Eau.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONA : Office nationale de l'assainissement.

ONM : Office National Météorologique.

SOMMAIRE

Résumé	
Dédicace	
Remerciement	
Liste des abréviations	
Table des matières	
Liste des tableaux	
INTRODUCTION GENERALE.....	1

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

INTRODUCTION.....	1
I. Aperçu historique sur la région d'oued- Souf.....	2
I-1. SITUATION GEOLOGIQUE.....	3
I-2. Relief.....	3
I-3. LA TOPOGRAPHIE DE LA REGION	4
I-4. SITUATION CLIMATOLOGIQUE.....	7
I-4-1. La température.....	7
I-4-2. La précipitation :	8
I-4-3. Le vent.....	9
I-4-4. L'évaporation.....	10
I-4-5. L'humidité relative	10
I-4-6. L'ensoleillement.....	11
I-5. SITUATION HYDROGEOLOGIQUE.....	12
I-5-1. Nappe Phréatique.....	12
I-5-2. Nappe du Complexe Terminal.....	13
I-5-3. Nappe du Continental Intercalaire	13
I-6. Densité de la région d'étude.....	14
I-6. Qualité des ressources.....	15
CONCLUSION	16

CHAPITRE II : Information générales et chiffres clefs 2018 de la ville d'El-Oued

II. L'impact des fuites sur les réseaux d'eau potable.....	17
II-1. Types des fuites	18
II-2 . Causes des fuites	24
II-3. Les différentes contraintes qui agissent sur une canalisation.....	24
II-4. Les éléments influençant l'apparition des fuites	25
II-4-1. Les éléments propres à la canalisation.....	25
A- Le diamètre.....	25
B- Le matériau.....	25
C- Le type des joints.....	25
D- la corrosion interne.....	26
II-4-2. Les éléments extérieurs aux réseaux.....	27
A- La corrosion externe.....	27

B- Les mouvements de sol et le trafic.....	28
C- Les charges du terrain.....	28
II-5. Les éléments liés à l'exploitation des réseaux	28
II-6. Les manifestations des fuites.....	29
II-7 . CYCLE DE L'EAU POTABLE.....	30
II-7-1. Description d'un réseau d'A.E.P	30
II-7-2. Maillon ressource	31
II-7-3. Maillon production – adduction.....	31
II-7-4. La station de pompage	31
II-7-5. Le dispositif d'adduction	31
II-7-6. Le maillon traitement	32
II-7-7. Le maillon stockage	32
II-8. Le réseau de distribution	33
II-8-1. Définition	33
II-8-2. Ossature du réseau	33
II-9. Éléments constitutifs d'un réseau de distribution d'eau potable	35
II-9-1. Les matériaux des canalisations.....	35
II-9-2. Les joints.....	35
II-9-3. Les vannes.....	36
II-9-4. Les ventouses	37
II-9-5. Les décharges.....	38
II-9-6. Les poteaux d'incendie	38
II-10. La pression dans le réseau	40
II-10-1. Problèmes rencontrés dans un réseau d'A.E.P.....	40
II-10-2. Problème de gestion des réseaux d'A.E.P en Algérie.....	40
II-11. les chiffres clefs 2018 de la ville d'el-oued	41
II-11-1. connaissance des reseaux d'eau potable	41
II-12. Estimation des pertes d'eau.....	46
II-12-1. Par bilan : Production – Consommation	46
II-12-2. Effet de l'utilisation des pompes domestiques sur les pertes d'eau.....	48

CHAPITRE III : LE RENDEMENT PRIMAIRE DE RESEAU D'EAU POTABLE

I. LE RENDEMENT PRIMAIRE DU RESEAU D'EAU POTABLE	49
III-1. DEFINITION	49
II-2. Le rendement.....	49
A) Rendement primaire	49
B) Rendement net.....	50
III-3. Analyse départementale	50
III-3-1. Estimation des besoins actuels et futurs	50
III-3-2. Consommations	50
III-3-3. Méthode de calcul retenue	50
III-3-3. Estimation de la population actuelle et future	50
III-3-4. Besoins actuels et futurs	50
III-3-5. Besoins du jour moyen	52

III-3-6. Besoins du jour de pointe	53
III-3-7. Schéma de fonctionnement proposé	54
III-4. Limites de l'indicateur	55

CHAPITRE IV : L'INDICE LINEAIRE DE PERTE PRIMAIRE DES RESEAUX D'EAU POTABLE (IPL)

IV l'indice lineaire de perte primaire des reseaux d'eau potable (ILP)	56
IV-1. Définition	56
IV-2. Les indices linéaires	56
IV-3. Indice linéaire des fuites	58
IV-4. Indice linéaire de consommation :	59
IV-5. Limites des indicateurs de type indice linéaire	60
CONCLUSION	61

CHAPITRE V : Eco-conditionnalité et qualité des réseaux d'eau potable

V. Eco-conditionnalité et qualité des réseaux d'eau potable.....	62
V-1. la mise en place de conditions a l'attribution de subvention en eau potable.....	62

CHAPITRE VI : Modes de Gestion et performances des réseaux d'eau potable

VI. Modes de Gestion et performances des réseaux d'eau potable.....	63
VI-1. La gestion classique	63
V-2. La gestion informatisée	63

Annexes

- Annexes.....	64
- Résultats de l'analyse commune par commune	64
- Fiche de renseignement adressée aux gestionnaires du réseau d'eau potable.....	66

CONCLUSION GENERAL.....	68
-------------------------	----

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
-----------------------------------	--

Liste des tableaux

Tableau I.1: Répartition mensuelle de la température (1976 à 2018).....	7
Tableau I.2: Répartition mensuelle de la pluviométrie (1976 à 2018)	8
Tableau I.3: Les variations de la vitesse moyenne mensuelle du vent (1976 à 2018)	9
Tableau I.4: Les moyennes mensuelles de l'évaporation (1976 à 2018).....	10
Tableau I.5: Les moyennes mensuelles de l'humidité relative (1976 à 2018)	11
Tableau I.6: Les moyennes mensuelles de l'ensoleillement (1976 à 2018)	11
Tableau I.07: Les caractéristiques des nappes d'El-Oued (ANRH, 1989).....	14
Tableau I.08: Analyse d'eau d'El-Oued -Tiksebt	15
Tableau II.01 : Les équipements existants	42
Tableau II.02 : Liste des sites de production d'eau de la ville d'El-Oued	44
Tableau II.03: Liste des ouvrages de stockage de la ville d'El-Oued.....	44
Tableau II.04: Volumes et taux de pertes d'eau par bilan: Production – consommation totale facturée 2006-2013.....	47
Tableau III.01: Référentiel d'appréciation du rendement primaire	49
Tableau III.02: Estimation de la population et des consommations.....	51
Tableau III.03: Hypothèses de rendement prises en compte pour le calcul des besoins.....	52
Tableau III.05: Besoins du jour de pointe ($K_{pj} = 1,3$) $1.1 < K_{pj} < 1.6$	53
Tableau III.06: Besoins par secteurs et par horizon.	54
Tableau IV.01: Référentiel du Laboratoire GEA pour l'ILP	56
Tableau IV.02: Proposition d'un référentiel adapté au contexte réunionnais	57
Tableau IV.03: Indices linéaires de pertes des systèmes d'eau potable en 2014.....	57
Tableau IV.04: Valeurs guides de l'indice linéaire de pertes en fonction de la taille de la population...	57
Tableau IV.05: Indice linéaire des fuites d'eau potable en 2014.....	58
Tableau IV.06: Indices linéaires de consommation d'eau potable en 2014	59
Tableau IV.07: Débits de distributions dans les zones testées	59
Tableau V-01 : la distinction de ILP	61
Tableau VII-01: présente les résultats de l'analyse menée en 2018 sur la ville de EL-OUED...	64

Liste des figures

Fig I.1: Situation géographique de la zone d'étude (source D.U.C2015).....	5
Fig I.2: Carte topographique de la ville de Oued- Souf Source : Source ADE.....	6
Fig I.03 : Moyennes mensuelles des températures moyennes en (°C).....	7
Fig I.04 : Répartition mensuelle de la pluviométrie (mm).....	8
Fig I.05: Moyennes mensuelles des vitesses des vents (m/s).....	9
Fig I.06: Les moyennes mensuelles de l'évaporation (1976-2018).....	10
Fig I.07 : Moyennes mensuelles de l'humidité relative en (1976-2018).....	11
Fig I.08 : Moyennes mensuelles de l'ensoleillement (1976-2018).	12
Fig I.09 : Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (Gendouz et al, 2003).	13
Fig II.01 : Une conduite ayant subi une rupture	20
Fig II.02 : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Eclatement).....	21
Fig II.03 : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure transversale)	21
Fig II.04: Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure longitudinale)	22
Fig II.05 : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure autour de la tulipe et joint)	22
Fig II.06 : Fréquence des types de ruptures en fonction du diamètre	23
Fig II.07 : Répartition des fuites sur tuyau et sur joint en fonction du diamètre	23
Fig II.08 : Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable.....	24
Fig II.09 : Contraintes subis par une conduite d'eau potable	25
Fig II.10 : Conduite subi une corrosion interne	25
Fig II.11 : Conduite subi une corrosion externe par courant vagabonds	27
Fig II.12 : Schéma général d'un réseau d'A.E.P.....	31
Fig II.13 : Schéma général d'un réseau de distribution (R : Réservoir)	35
Fig II.14 : Différents types de joints	37
Fig II.15 : Différents type de vannes	38
Fig II.16 : Types de ventouses	39
Fig II.17 : Poteau d'incendie.....	40
Fig II.18 : Installation d'un poteau d'incendie vue en coupe	40
Fig II.19 : Branchements individuels en cité 08 Mai.....	48
Fig III.01: Présentation de l'évolution de la population retenue	51

INTRODUCTION ENERALE

L'eau est depuis la création de l'univers la matière essentielle de la vie sur terre, lorsqu'on parle de l'eau on pense à la vie et en aucun cas ne sera la vie sans l'existence de l'eau, ce qui est apparent que l'eau est inépuisable d'un point de vue que l'eau représente la 3/4 de notre planète, tandis qu'en réalité le taux de l'eau douce appropriée à l'homme est très faible et a une forte tendance à se réduire en considérant la croissance démographique et la pollution.

le but de notre travail est l'étude de l'analyse des performances du réseau d'eau potable dans la ville d'El-oued . Il s'agit d'abord d'avoir une connaissance poussée et fine des points de production des eaux qui alimentent le Groupement Urbain d'un côté et de l'autre côté il faut bien connaître le système et le mode de distribution des eaux aux abonnés, cela permet de proposer des variantes de sécurisation d'eau potable en cas de déficit d'un point de production ou d'une conduite d'adduction

Ce travail est organisé de manière à couvrir les axes d'analyse suivants :

- Présentation de la région d'étude (situation géographique, topographique, climat, démographique et hydraulique), et la proposition des problématiques dans le chapitre I.
- Information générales et chiffres clefs 2018 de la ville d'El-Oued sont exposés dans le chapitre II.
- le rendement primaire de réseau d'eau potable sont exposés dans le chapitre III.
- l'indice linéaire de perte primaire des réseaux d'eau potable (ILp) sont exposés dans le chapitre IV.
- Eco-conditionnalité et qualité des réseaux d'eau potable, cette protection est faite dans le chapitre V.
- Modes de Gestion et performances des réseaux d'eau potable sont exposés dans le chapitre VI.
- Annexes sont exposés dans le chapitre VII.

Enfin. Ce présent travail est terminé par une conclusion générale.

INTRODUCTION

Au cours de ce chapitre, nous nous présentons les caractéristiques physiques du lieu et les facteurs qui influencent sur la conception de ce projet.

I. APERÇU HISTORIQUE SUR LA REGION D'OUED-SOUF :

Souf est un mot berbère qui a la même signification en arabe que le mot Oued. L'expression "Oued Souf" a donc la particularité de répéter deux fois le même terme mais en 2 dialectes distincts. Ces 2 expressions signifient fleuve en français...

Y aurait-il donc un fleuve dans cette région ensablée? La réponse est oui.

Il y a bien un fleuve mais il est souterrain. En effet, une nappe aquifère s'écoule lentement en remontant à la surface du Sud vers le Nord. Cette nappe phréatique est assez proche de la surface (entre 4 et 15 mètres de profondeur selon l'endroit) pour que les paysans souafas aient imaginés un système d'irrigation original. Au lieu d'irriguer en surface, ils vont à la rencontre de l'eau en creusant des palmeraies entonnoirs; ainsi les palmiers n'ont plus qu'à puiser l'eau d'eux mêmes au bout de leurs racines. Mais, si l'irrigation se fait toute seule, l'entretien des Ghouts (entonnoir) n'a rien de facile. C'est une lutte sans fin contre le vent qui aurait tôt fait de combler le cratère et d'ensevelir les palmiers.

La région ayant une identité spécifique, mais dont l'histoire est très mal connue. Sa population métissée comprend des descendants d'ancêtres nomades de Troude et Adouane venus du Yémen mêlés à des populations Zénètes préexistantes. Le souf est aussi le pays des roses des sables, des fennecs et des tapis de haute laine ou en poil de chameau.

El Oued: la ville aux mille coupoles, capitale du Souf, l'architecture s'y distingue de celle des autres villes sahariennes. Au lieu de terrasses, ce sont des coupoles qui coiffent les maisons.

Mais ses efforts ne sont pas vains car le sol riche et l'ensoleillement maximal du Souf joignent leurs vertus à celle du Ghout pour produire des dattes qui, avec celles de la région de Biskra, sont parmi les plus réputées au monde. Nombre de palmeraies jouissant d'une eau douce peuvent se permettre de cultiver la variété "Dégla", exigeante mais lucrative car exportée. La seule connue en Europe est la Déglat-Nour (doigt de lumière).

é

D'autres variétés, plus rustiques, qui peuvent se contenter d'eau plus salée, alimentent les marchés locaux. Les Dattes-Ghars peuvent être compressées dans des sacs ou dans des jarres et être ainsi conservés très longtemps (jusqu' à 15 ans). Ce qui explique qu'elle est constituée au fil des temps, la base de la nourriture des nomades avec le lait. Au fond de l'entonnoir, le propriétaire réserve un périmètre, irrigué par la Khottara (puits à balancier) pour quelques primeurs (pastèques, melons, poivrons, navets, carotte, etc...). La culture du tabac à chiquer était très importante surtout dans la région de Guemar mais elle a été quasiment abandonnée dans les années 60, sa culture étant trop ingrate.

I-1. SITUATION GEOLOGIQUE :

El oued est située dans le Sahara algérien, c'est une Wilaya depuis 1984 et couvre une superficie totale de 44586.80 km², la population est de 900000 habitants, se trouve à environ 700 km au Sud- Est d'Alger (Figure I.1) et 350 km à l'Ouest de Gabes (Tunisie). Elle est limitée :

- Au Nord par les wilayas de Biskra, Khenchela et Tébessa,
 - A l'Est par la Tunisie,
 - A l'Ouest par les wilayas Biskra, Djelfa et Ouargla,
 - Au Sud par la Wilaya d'Ouargla. L'aire d'étude représente la vallée du Souf, par 7°E et 33°5N. La vallée de Souf ce n'est pas un bassin versant mais une unité de ressource en eau qui est délimitée :
- ✓ Au Sud par la mer de dunes du grand erg oriental.
 - ✓ A l'Est par une série de chotts.
 - ✓ A l'Ouest par l'Oued Right et par la ligne de palmeraie qui court de Biskra à Touggourt.

I-2. RELIEF :

Le relief de la ville d'El Oued est caractérisé par l'existence de trois principales formes :

- Une région sableuse : qui se présente sous un double aspect ; l'Erg et le Sahara.
- Une forme de plateaux rocheux : qui s'étend vers le Sud avec une alternance de dunes et de crêtes rocheuses.
- Une zone de dépression : caractérisée par la présence d'une multitude de

- chotts qui plongent vers l'Est.

Il est à signaler que l'altitude diminue du Sud vers le Nord et de l'Ouest vers l'Est pour devenir négative au niveau des chotts.

I-3. LA TOPOGRAPHIE DE LA REGION :

La région d'Oued Souf appelée aussi région du Bas-Sahara caractérisée par une faible altitude au Sud-est du pays. Le point le plus haut se trouve à la cote 125m dans la ville Bayada (Essoualah), alors que le point le plus bas se trouve à la cote -3 m à Foulia commune de Réguiba (ANRH/2016).

L'altitude moyenne de la région est de 61 m et dénonce une diminution du Sud vers le Nord pour être de 25 m au-dessous du niveau de la mer dans la zone des Chotts (ANRH, 2016).

é

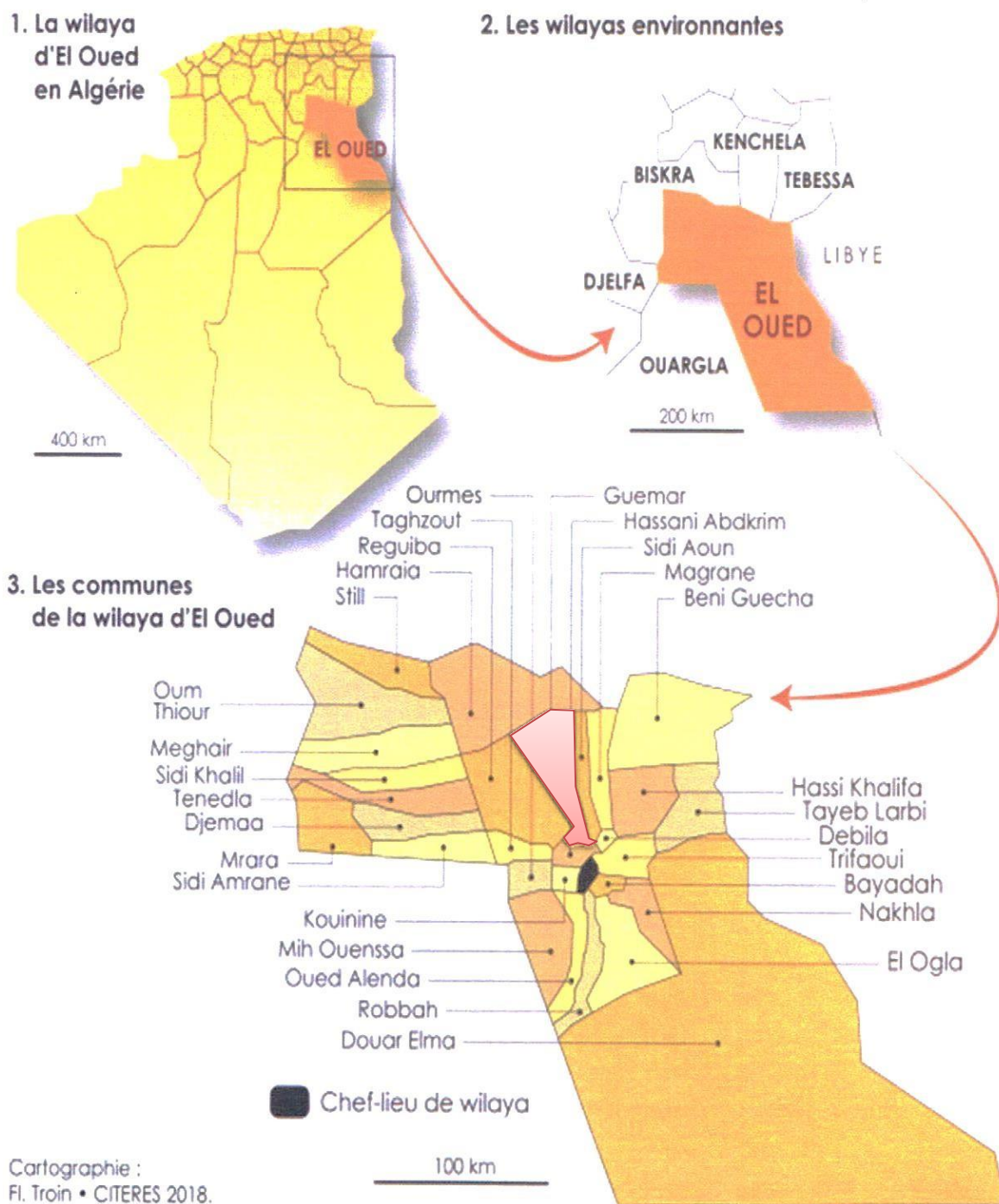
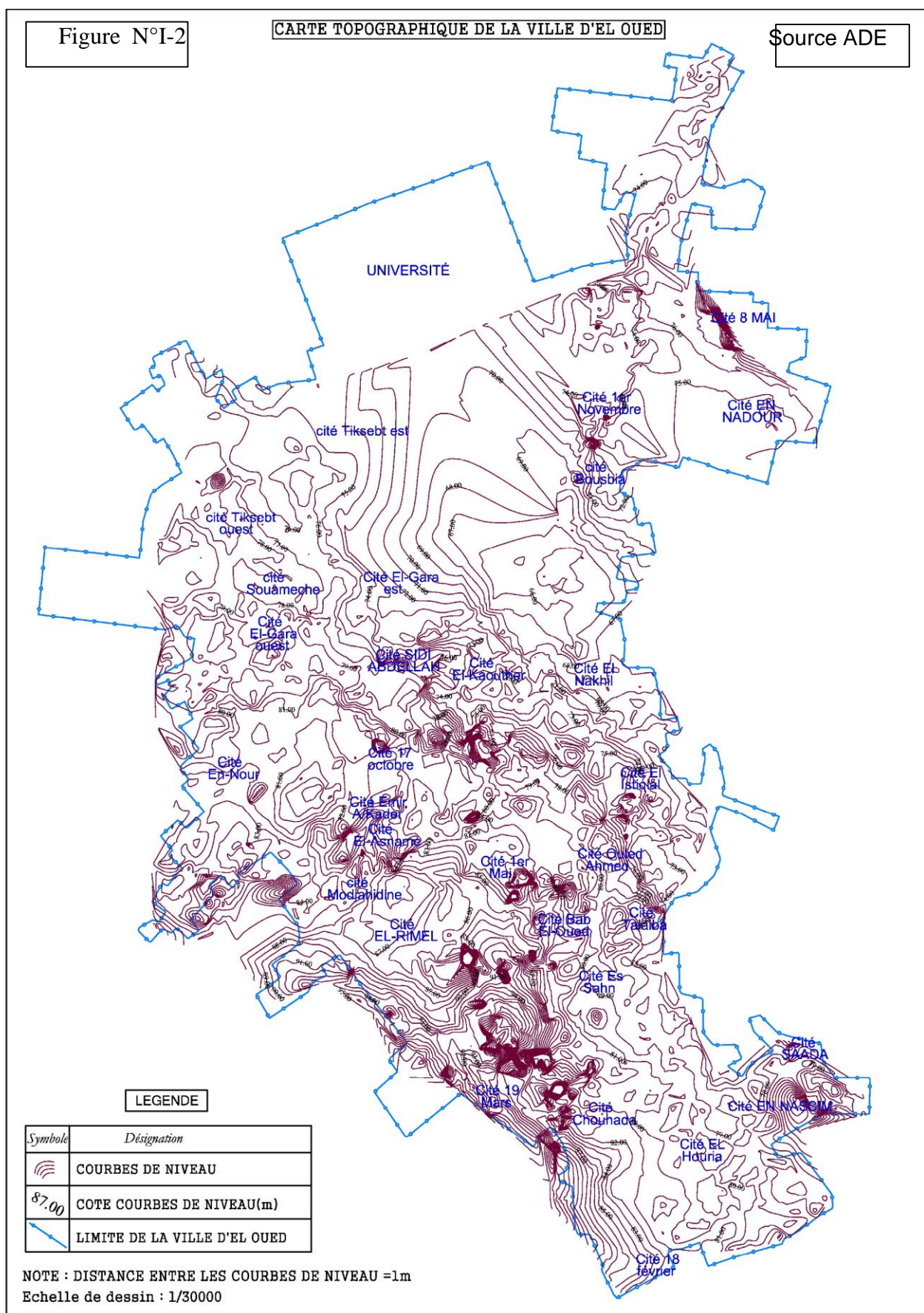


Fig I.1: Situation géographique de la zone d'étude (source D.U.C2015)

é



é

I-4. SITUATION CLIMATOLOGIQUE :

Le climat est de type saharien, caractérisé par un été chaud et sec, un hiver plutôt doux, une faible pluviométrie et une forte évaporation. La caractérisation du climat de la zone d'étude a été établie sur la base des données climatiques disponibles de la station météorologique

O.N.M. d'EL OUED pour la période allant de 1976 à 2018.

I-4-1. La température :

La température est un paramètre important dont il faut tenir compte pour la caractérisation d'une région donnée. Le tableau suivant représente la répartition moyenne mensuelle de la température.

Tableau I.1: Répartition mensuelle de la température (1976 à 2018)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Moy
T moy	30.29	24.19	17.5	12.43	11.77	14.3	18.51	22.2	27.61	32.24	35.03	29.47	22.96

Source : (ONM 2018)

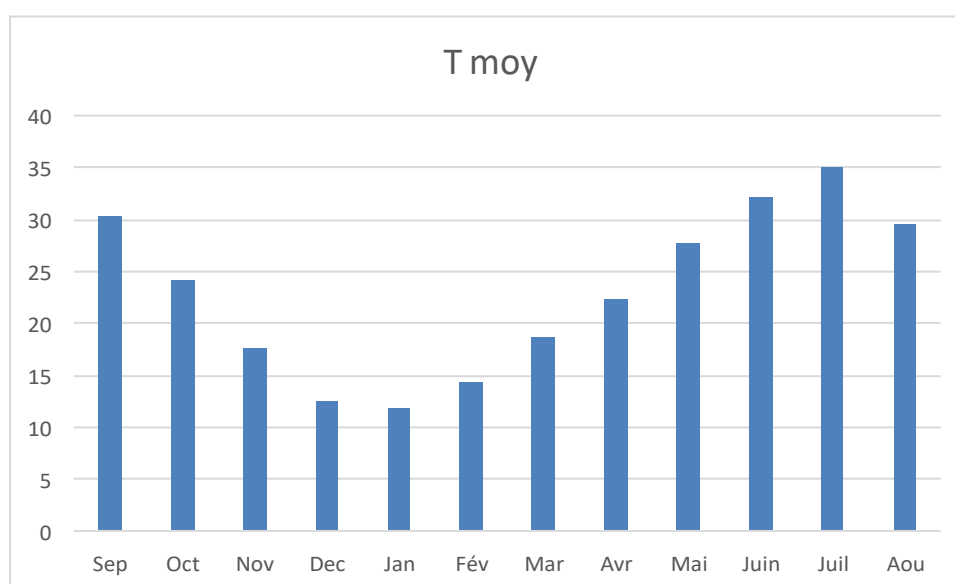


Fig I.3 : Moyennes mensuelles des températures moyennes en (°C).

é

I-4-2. La précipitation :

L'étude pluviométrique présente un intérêt considérable dans l'hydro climatologie qui sert à obtenir une description des régimes pluviométriques d'une part et d'autre part son rôle sur l'écoulement.

Tableau I.2: Répartition mensuelle de la pluviométrie (1976 à 2018)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Moy
P mm	5.37	7.18	9.06	6.24	14.6	6.92	8.05	6.67	4.78	1.45	0.48	1.98	72.84

Source : (ONM 2018)

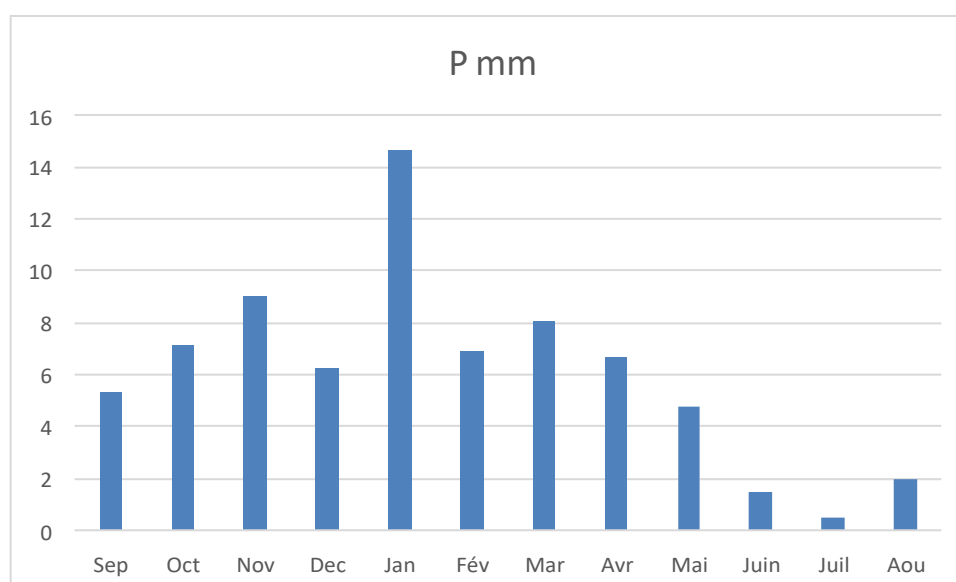


Fig I.4 : Répartition mensuelle de la pluviométrie (mm).

La moyenne annuelle des précipitations enregistrées au cours des 42 années est faible, elle est estimée 72.84 mm, avec un maximum des jours de pluies au mois des janvier 14.66 mm et un minimum de 0.48 mm jours de pluies au mois de juillet. Sa répartition à travers les mois et les saisons se fait d'une manière irrégulière, la période la plus pluvieuse est la période à partir du mois de septembre au mois de mars.

é

I-4-3. Le vent :

Les vents sont fréquents, les plus violents se situent au printemps. La direction dominante est Nord-Est, à l'exception des mois d'hivers dont la direction est Sud-Ouest. Le sirocco (Chihili) présente le vent caractérisant la saison d'été souffle fréquemment dans la région, prenant un sens Sud- Nord et jeter des courants d'air chaud parfois avoisiner des vagues de sables. Il faut aussi parler des vents de sables qui ont leurs saisons de prédilection entre février et avril (durant le printemps). Mais heureusement, les véritables tempêtes restent très rares.

Tableau I.3: Les variations de la vitesse moyenne mensuelle du vent (1976 à 2018)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Mo
V m/s	4.08	2.81	2.88	3.04	2.99	3.64	4.06	4.99	5.14	5.15	4.66	4.28	3.98

Source : (ONM 2018)

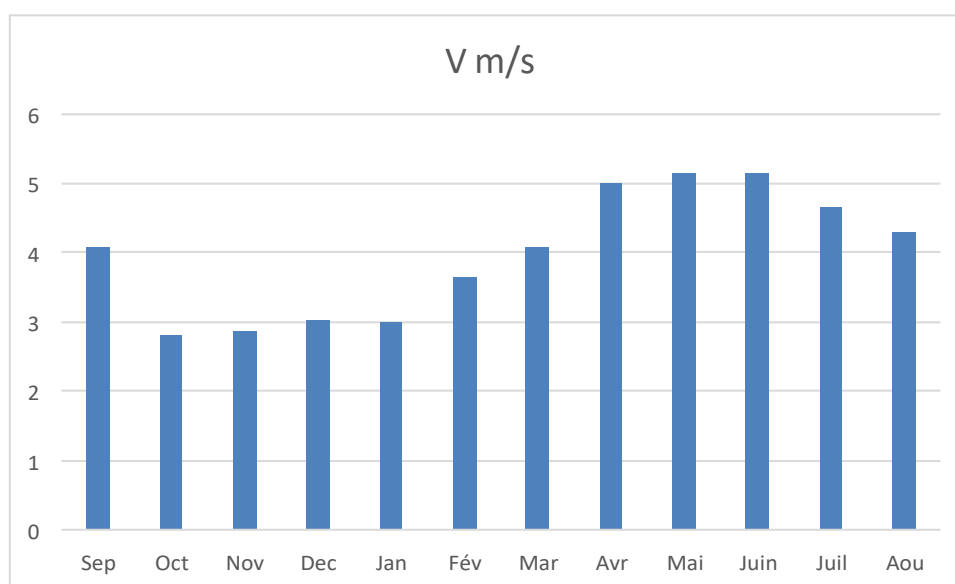


Fig I.5: Moyennes mensuelles des vitesses des vents (m/s).

Nous remarquons que les vents sont fréquents durant toute l'année les vitesses les plus élevées sont enregistrées durant le mois de Février jusqu'à le mois d'Aout, avec un maximum de 5.15 m/s durant le mois Juin. Le chihili (ou sirocco) provoque des dégâts très sévères (dessèchement, déshydratation) ; Les vents de sable freinent considérablement l'activité socioéconomique et envahissent les cultures.

é

I-4-4. L'évaporation :

L'évaporation est un passage progressif de l'état liquide à l'état gazeux. Ce phénomène est donc une vaporisation progressive. Le tableau ci-après fait ressortir que l'évaporation maximale est de l'ordre de 361.5 mm enregistré pendant le mois de Juillet.

Tableau I.4: Les moyennes mensuelles de l'évaporation (1976 à 2018)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Moy
Ev mm	184.2	144.8	105	87.3	80.3	93.1	168	203	288.5	337.3	361.5	321	197.85

Source : (ONM 2018)

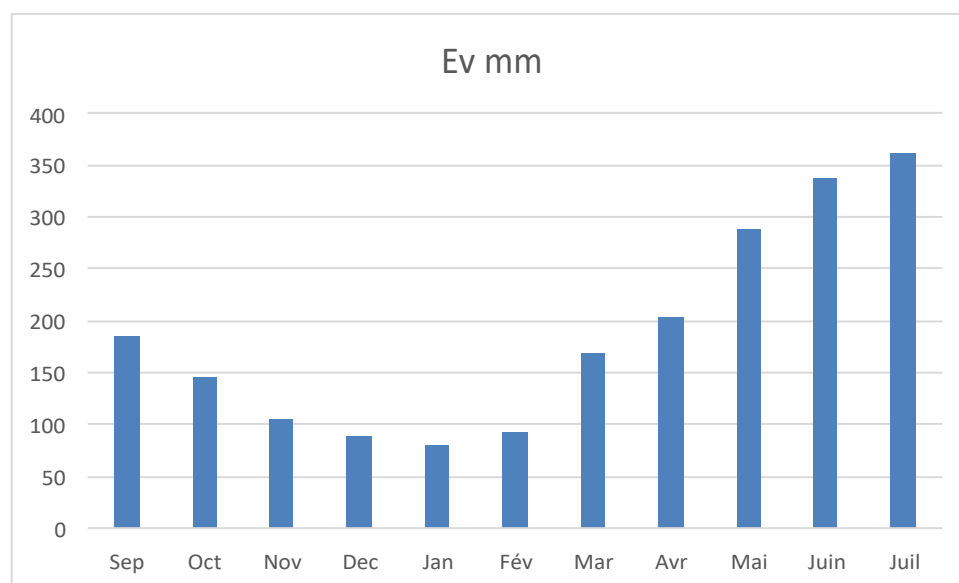


Fig I.6: Les moyennes mensuelles de l'évaporation (1976-2018).

I-4-5. L'humidité relative :

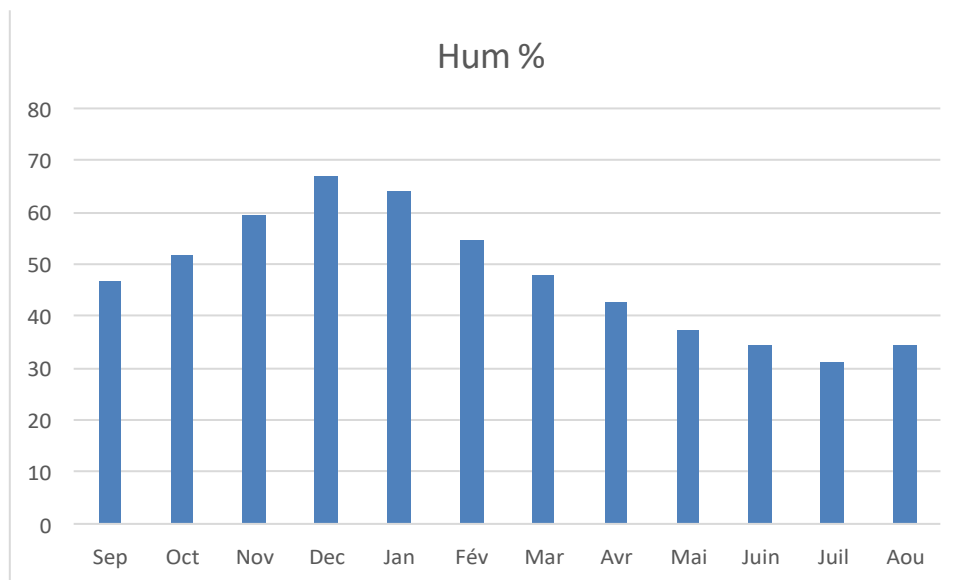
La région se caractérise par un air sec. Avec une humidité Moyenne annuelle de 47.59% le taux d'humidité relative varie d'une saison à l'autre. La valeur de l'humidité moyenne maximale dans la région est enregistrée pendant le mois de Décembre avec 66.99% et la valeur de l'humidité moyenne minimale dans cette region est enregistrée pendant le mois de Juillet avec 31.15%.

é

Tableau I.5: Les moyennes mensuelles de l'humidité relative (1976 à 2018)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Moy
Hum %	46.87	51.47	59.39	66.99	63.77	54.42	48.02	42.62	37.43	34.44	31.15	34.46	47.59

Source : (ONM 2018)

**Fig I.7:** Moyennes mensuelles de l'humidité relative en (1976-2018).**I-4-6. L'ensoleillement :**

Les radiations solaires sont importantes au Sahara, car l'atmosphère présente une grande pureté durant toute l'année.

On peut remarquer que les valeurs les plus importantes sont enregistrées en période allant du mois de Mars ou mois de mai, la valeur la plus élevée est celle du mois de juillet avec une valeur de 360 Heures.

Tableau I.6: Les moyennes mensuelles de l'ensoleillement (1976 à 2018)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Moy
Ensol Heur	282.1	266	239.2	233.3	268.3	255.2	284.7	297	317.9	353.1	360	339.3	291.34

Source : (ONM 2018)

é

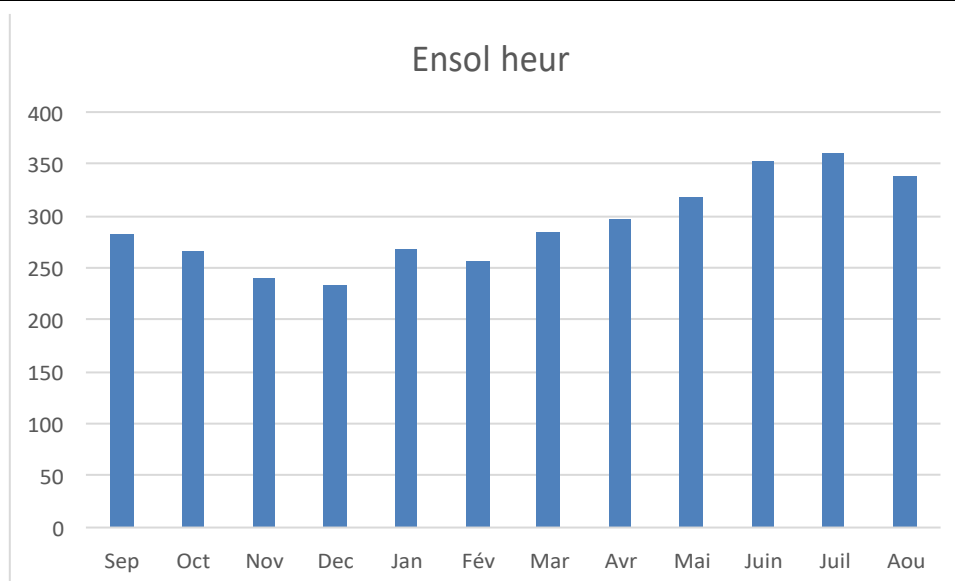


Fig I.8 : Moyennes mensuelles de l'ensoleillement (1976-2018).

I-5. SITUATION HYDROGEOLOGIQUE :

Le Sahara septentrional Algérien se caractérise par un système aquifère composé de deux importantes nappes profondes, qui sont la nappe du Continental Intercalaire (CI) et celle du Complexe Terminal (CT) s'étendent sur des superficies respectivement 700 000 km² (épaisseur peut atteindre 1000 m) et 350 000 km² (profondeur oscillante entre 100 et 500 m), les réserves théoriques des deux aquifères sont estimées à près de 60 000 milliards de m³ (Khadraoui, 2006).

I-5-1. Nappe Phréatique :

La nappe phréatique présente dans toute l'oasis du Souf correspond essentiellement à la partie supérieure des formations Continentales déposées à la fin du Quaternaire, avec une profondeur variable entre 10 et 40 mètres.

Cette nappe est la source principale d'irrigation d'importantes palmeraies, elle est surtout exploitée par des puits traditionnels.

La profondeur du toit de cette nappe, d'après les coupes géologiques, dépasse parfois 20 mètres. La circulation des eaux dans cette nappe est relativement lente sur toute la région du Souf particulièrement dans les zones caractérisées par l'existence de lentilles argileuses qui influent sur la perméabilité des sables. Excepté dans la région des Chotts. La nappe phréatique est présente sur toute la zone d'étude.

I-5-2. Nappe du Complexe Terminal :

Elle est Composée des trois nappes : les deux premières correspondent aux nappes des sables d'âge Mio-Pliocène et Pontien, la troisième est la nappe des calcaires d'âge Senono -Éocène.

La première correspond à la formation supérieure du Complexe Terminal (CT), elle est constituée par du sable peu grossier se trouve à une profondeur moyenne de 280 m, cette nappe du Mio-Pliocène couvre presque tout le Souf. La deuxième nappe de sable est d'âge Potier (Eocène Supérieur). Elle prend position entre la 1ère et la nappe de calcaire. Sa profondeur varie entre 400 et 480 m avec une épaisseur moyenne de 50m.

I-5-3. Nappe du Continental Intercalaire :

Elle est située à une profondeur allant de 1400m à 1800m. On l'appelle nappe albienn. L'eau de cette nappe est chaude (40 à 60 °C), elle présente un handicap majeur pour l'irrigation qui demande un refroidissement.

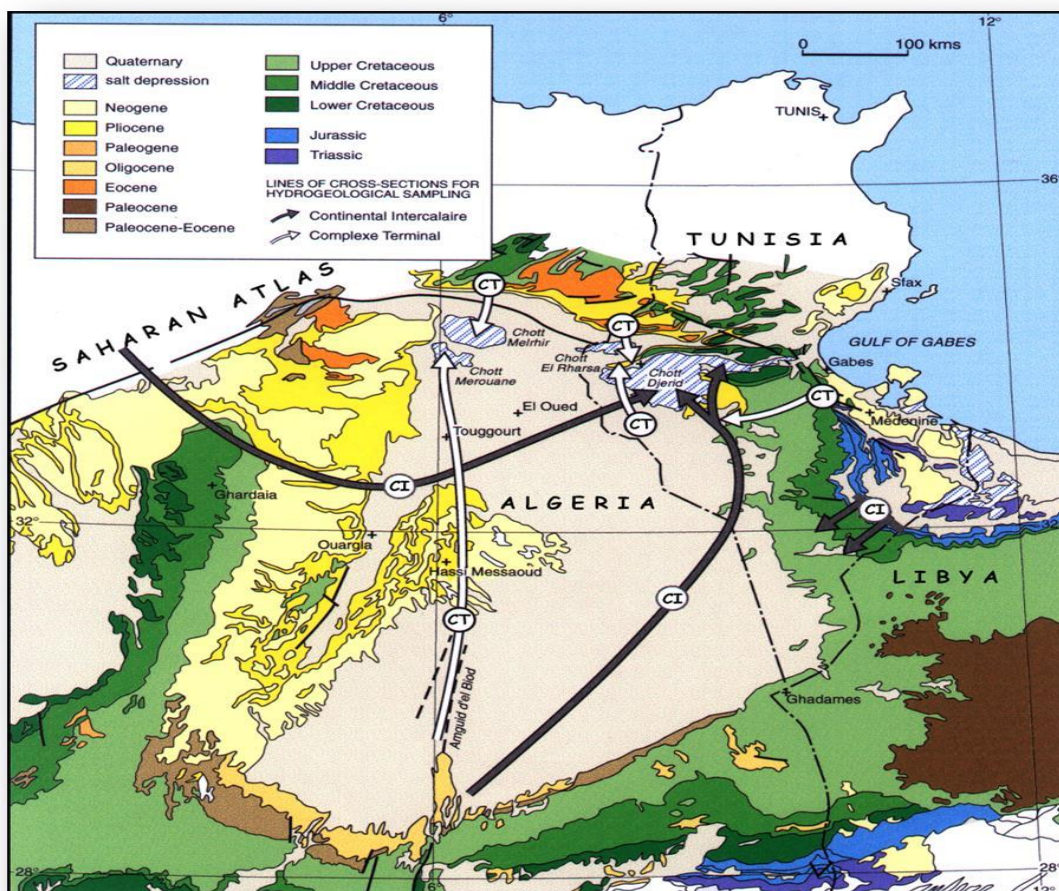


Fig I.9 : Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (Gendouz et al, 2003).

Le tableau suivant présente les caractéristiques concernant les deux nappes souterraines (CT, CI) de la zone d'étude.

Tableau I.7: Les caractéristiques des nappes d'El-Oued (ANRH, 1989)

Nappe Caractéristiques	Complexe Terminal (CT)	Continental Intercalaire (CI)
Température (°C)	22	70
Salinité (g/l)	4.5	1.95-2
Profondeur (m)	Plus de 140	Plu de 1200

I-6. Densité de la région d'étude

L'évaluation de la densité d'habitants est nécessaire pour la réalisation de n'importe quel projet. La population estimée était de 164 766 (2015) habitants avec un taux d'accroissement de 2,92% et la superficie de la commune d'El oued égale à 25 Km². La densité est :

$$d = \text{nombre d'habitants /superficiel hab/km}^2 \quad d = 164766 / 25 = 6591 \text{ hab/km}^2$$

. Ressources en eau potable

La région d'étude repose sur trois importantes nappes:

- ❖ Nappe phréatique ;
- ❖ Nappe du complexe terminal (CT);
- ❖ Nappe du continental Intercalaire (CI).

Les réserves en eau pour ces deux dernières sont estimées par une totale de 10094 l/s; 3200 l/s pour les Continentale Intercalaire et 6894 l/s pour le Complexe Terminale.

✓ Le complexe terminal

La nappe du complexe terminal est contenue dans les divers horizons perméables

du Crétacé supérieur et du Tertiaire. Elle s'étend en Algérie sur un vaste territoire allant de dorsale du M'zab à l'ouest jusqu'à la hamada du Tinhert au sud

✓ Le continental intercalaire

En géologie le continental intercalaire désigne les formations continentales qui se sont déposées entre le cycle marin du Paléozoïque clôt par l'orogénèse hercynienne et la transgression marine du Cénomanién. Elle couvre une large période du Trias à l'Albien.

En hydrogéologie la nappe du continental intercalaire, plus souvent dite nappe albienne correspond à un niveau plus réduit. Elle est définie par les formations continentales du Crétacé inférieur compris entre le Néocomien et le Cénomanién qui sont constituées de sables, de grès avec intercalations d'argiles.

I-6-1 . Qualité des ressources

L'eau de Souf est généralement comme les eaux sahariennes, chargée des différents types de sels, qui sont essentiellement le chlorure de sodium et chlorure de potassium (NaCl et K Cl), le magnésium et les sulfates (Mg^{2+} et SO_4^{2-}) et le calcium ($CaCO_3$). Parmi les cations Na^+ est dominant, parmi les anions les chlorures Cl^- et les sulfates SO_4^{2-} sont les plus abondants.

Pour les éléments les plus importantes, pour les plants: " les nitrates et le phosphore, l'eau est très pauvre de ces éléments.

Le tableau ci-dessous (tableau N°I-3) explique ces caractéristiques.

Tableau I-8 : Analyse d'eau d'El-Oued -Tiksebt

Origine	Teneurs en milligrammes par litre					
	Ca^{++}	Mg^+	Na^+	Cl^-	So_4^{-}	Co_3^-
forage Tiksebt	646	87	196	319	1796	50

(Source : A.D.E .2009)

Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons vu que la région d'étude est caractérisée par un climat saharien, et elle repose sur trois nappes aquifères qui alimentent la région. Notre région d'étude est caractérisée principalement par une irrégularité des précipitations, ainsi qu'une humidité remarquable qui caractérise l'Automne et l'hiver. Les vents sont généralement forts, mais au printemps ils deviennent violent et donnent naissance aux vents de sables.

é

II. L'impact des fuites sur les réseaux d'eau potable :

La maîtrise des consommations d'eau contribue à la protection de l'environnement en réduisant la consommation des ressources naturelles. En retardant l'échéance de nouveaux investissements de production, de distribution et de dépollution de l'eau, elle permet aussi aux responsables d'équipements collectifs de réaliser des économies de fonctionnement et aux abonnés de réduire leur facture d'eau.

Si l'on prend en compte l'augmentation démographique et, à terme, la fin du potentiel de réduction des pertes sur le réseau d'eau potable, il apparaît d'autant plus important de limiter les sollicitations sur la ressource.

En LA ALGERIE, on estime à 550 millions le nombre de mètres cubes d'eau qui pourraient être préservés sur le réseau d'adduction (données janv./fev. 2017). La difficulté est que la démarche de détection des fuites est non seulement coûteuse en recherche et en réparation, mais également délicate techniquement, malgré la panoplie d'outils mise à disposition.

Un optimum de gestion doit donc être recherché entre les coûts et la préservation de la ressource.

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 .

é

-
- Erreurs de comptage .
 - Eaux piratées (branchements illicites).

II-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. On peut distinguer :

✓ **Les fuites (leak repair) :**

Ce sont tous les évènements entraînant une réparation sur les conduites, les hydrants, les branchements qui sont :

- * Les fuites sur tuyau (main leak).
- * Les fuites sur joints (joints leak).

✓ **Les ruptures sur conduites (main break) :** Elles représentent les défaillances structurelles du tuyau ou de l'emboîtement dus à une surcharge excessive, une détérioration du lit de pose, un contact avec les autres structures, la corrosion, ou une combinaison entre ces conditions.

On remarque que les définitions précédentes différencient surtout les fuites sur conduites de celles ayant eu lieu sur les différents organes du réseau (vannes ; pompes) par la suite on distingue aussi les fuites et les ruptures.

✓ **La défaillance :** Est une rupture ou une fuite apparente nécessitant une intervention sur le réseau. Elle peut avoir lieu soit sur tuyau, soit sur le joint. Ceci exclut les fuites ayant lieu sur les branchements, ainsi que celles ayant lieu sur les organes du réseau, tels que les pompes, les vannes, les hydrants et autres organes régulateurs.

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.**

✓ **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

é

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 .

✓ **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.

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.

En général ces ruptures sont différentes selon le diamètre. En fonction du diamètre et du type de défaillances, **les ruptures transversales** ont lieu

surtout sur les petits diamètres alors que les gros diamètres subissent plutôt **des ruptures longitudinales ou des piquages**. Elles peuvent également concerner les fuites au niveau des joints (pour les diamètres plus élevés qui, en fonction de leurs importances, deviennent apparentes .



Fig II.1 : Une conduite ayant subi une rupture

é

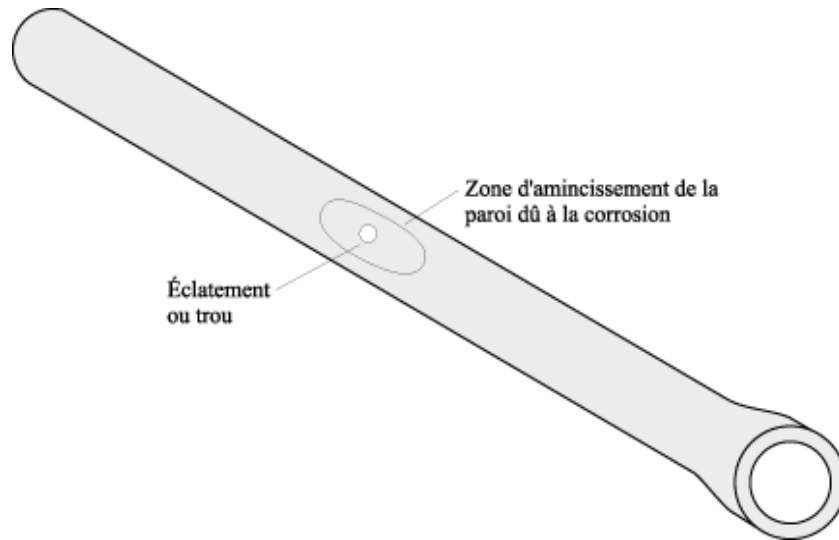


Fig II-2. : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Eclatement)

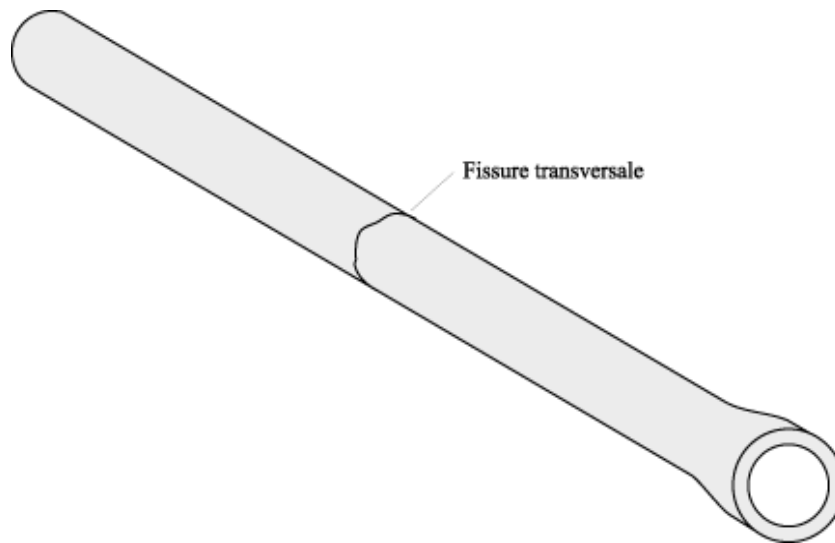


Figure II-3 : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure transversale)

é

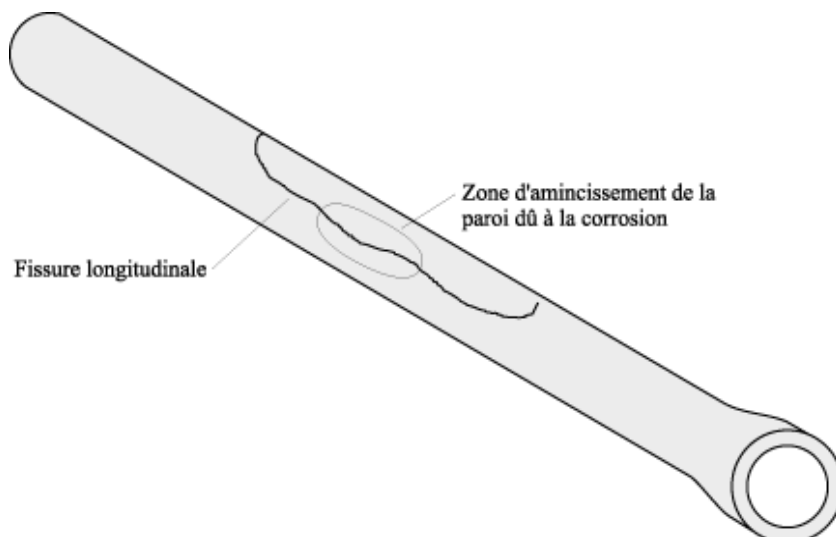


Fig II-4. : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure longitudinale)

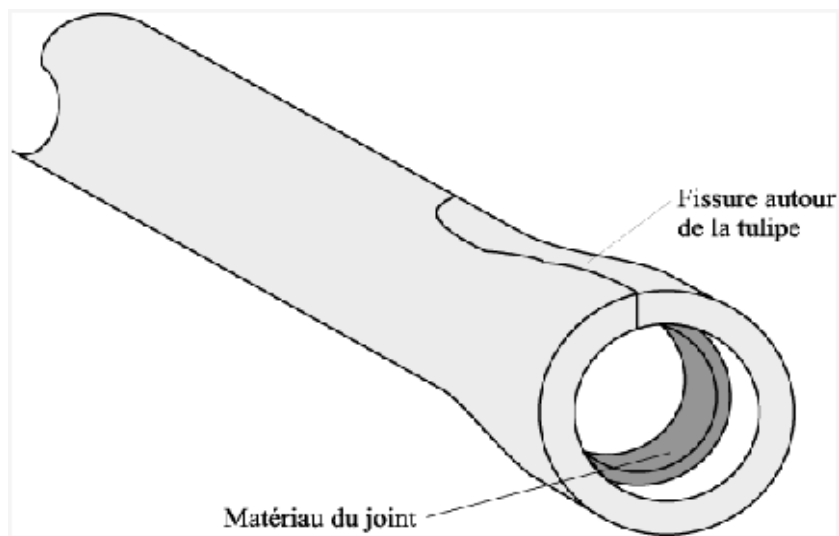


Fig II-5. : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure autour de la tulipe et joint)

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. Comme on a cité auparavant ; les ruptures transversales ont lieu surtout sur les petits diamètres alors que les gros diamètres subissent des ruptures longitudinales ou des piquages. **La figure 1.13** montre la fréquence des défaillances en fonction du diamètre et du type de défaillances [].

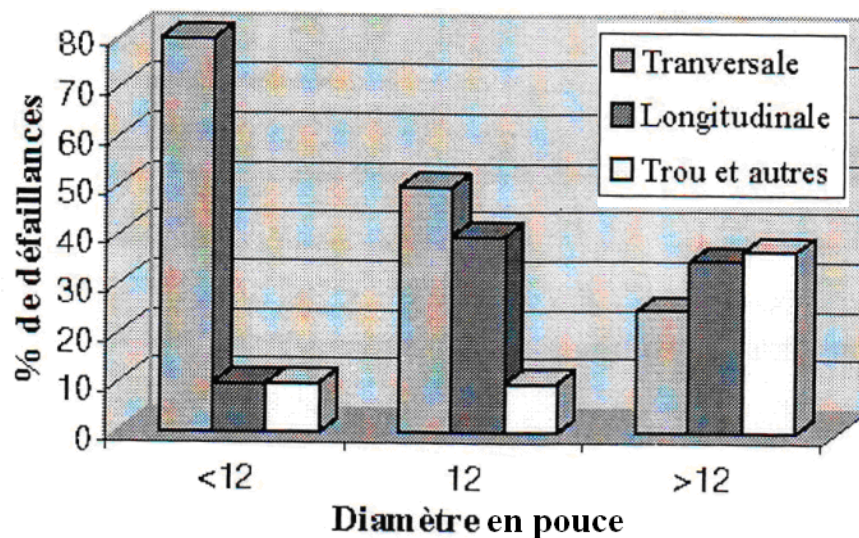


Figure II-6 : Fréquence des types de ruptures en fonction du diamètre

Aussi les fuites se trouvent au niveau des petits diamètres, alors que les diamètres plus élevés ont des fuites au niveau des joints (**figure 1.14**)

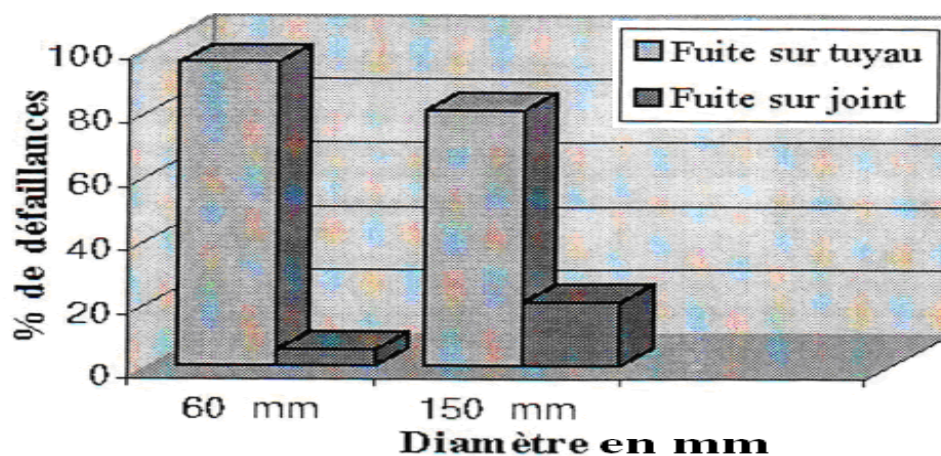


Figure II-7 : Répartition des fuites sur tuyau et sur joint en fonction du diamètre

II-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 1.15 montre les différentes causes qui peuvent entraîner l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable.

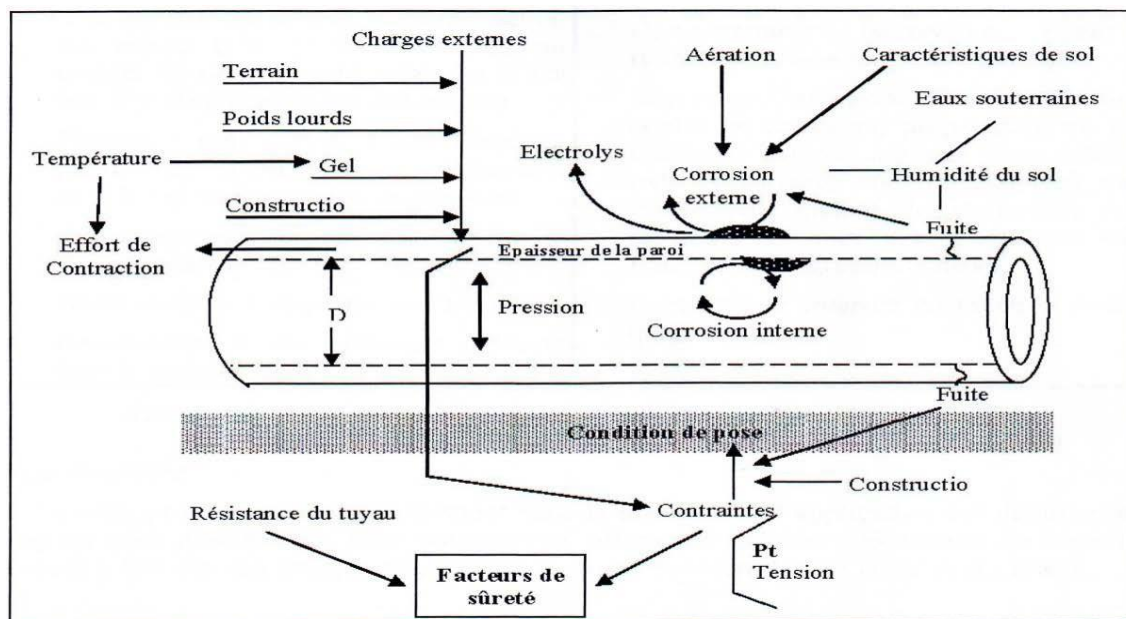


Figure II-8 : Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable

II-3. Les différentes contraintes qui agissent sur une canalisation :

La figure 1.16 récapitule les différentes contraintes mécaniques qui agissent sur une conduite.

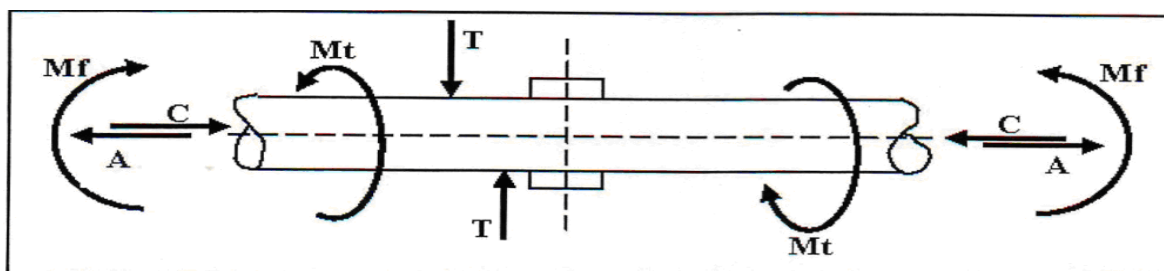


Figure II-9 : Contraintes subies par une conduite d'eau potable

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-4. Les éléments influençant l'apparition des fuites :

II-4-1. 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.

A- 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 100mm ont presque toujours des ruptures transversales.

B- 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.

C- 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.

D- 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).

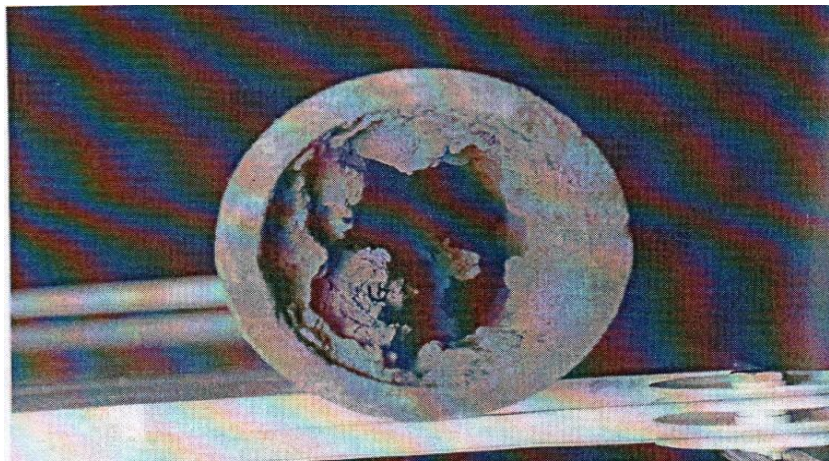


Figure II-10 : Conduite subi une corrosion interne

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.

II-4-2. Les éléments extérieurs aux réseaux :

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

A- 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 parie de la canalisation se trouvant dans le terrain le moins aéré devient anodique et se corrode (pile d'aération différentielle)

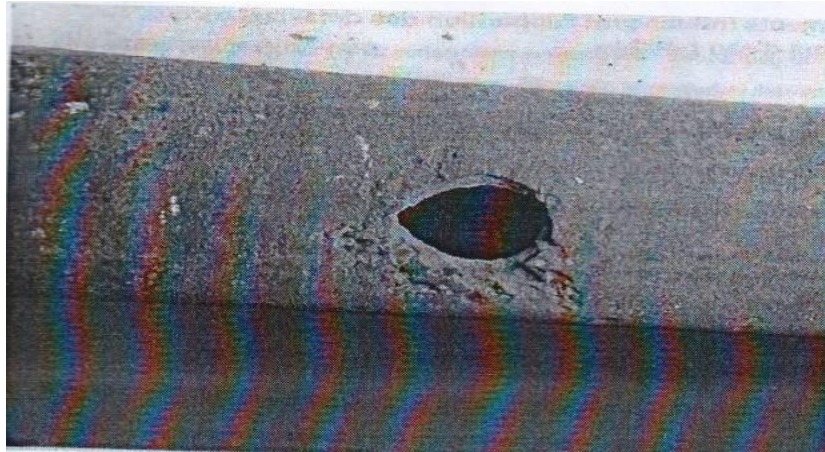


Figure II-11 : Conduite subi une corrosion externe par courant vagabonds

B- 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.

C- 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 [18].

II-5. 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 risque d'apparition de désordres. A l'inverse la pression minimale à l'entrée doit être 1 bars.

- **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. Et une augmentation des contraintes longitudinale de traction. D'où une fragilisation des tuyaux.

- **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. Cette surcharge hydraulique peut alors entraîner une augmentation du nombre de fuites ou de ruptures dans les semaines suivant le changement.

- **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 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-6. Les manifestations des fuites :

Les symptômes des fuites peuvent être multiples:

- ✓ La 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-7. CYCLE DE L'EAU POTABLE :

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), les différents problèmes pouvant être rencontrés dans un tel réseau et les différentes méthodes de réhabilitation permettant d'en remédier.

II-7-1. Description d'un réseau d'A.E.P :

Un réseau d'A.E.P constitue l'ensemble des moyens et infrastructures dont dispose l'ingénieur pour transporter l'eau depuis la source jusqu'au consommateur. Un réseau d'eau potable doit être fiable et durable pour pouvoir répondre aux exigences des consommateurs (quantité et qualité optimales, dysfonctionnement minimaux). Le transport de l'eau de la source jusqu'au point de distribution se fait suivant une chaîne composée de quatre maillons principaux (Figure I.1).

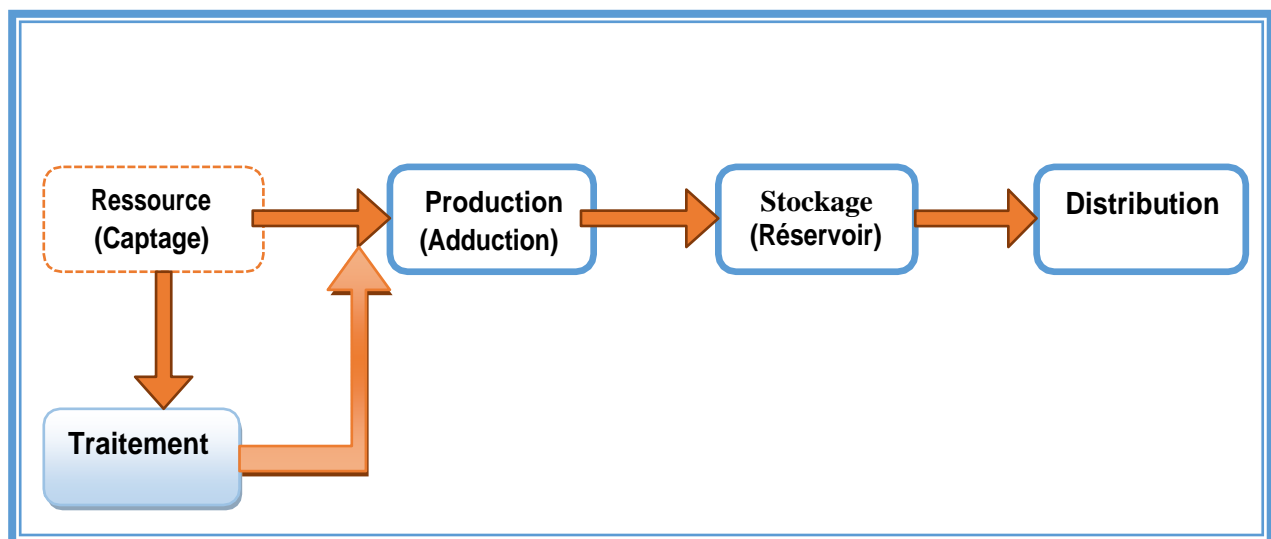


Figure II-12 : Schéma général d'un réseau d'A.E.P

L'incorporation ou non du maillon traitement dépend de la qualité de l'eau de la

source. Avant de détailler le réseau de distribution, sur lequel va porter notre étude, nous allons d'abord décrire brièvement les autres maillons.

II-7-2. Maillon ressource :

La ressource est une structure permettant le captage de l'eau. La prise d'eau se fait habituellement par un captage d'eau de surface (rivière, lac, barrage, etc.). En l'absence d'une telle source, ou lorsque l'eau de surface est trop polluée, on procède au captage d'eau souterraine (forage, puits, galeries, sources, ...).

II-7-3. Maillon production – adduction :

Ce maillon est un ensemble constitué d'une station de pompage et d'un dispositif d'adduction (conduite et accessoires).

II-7-4. La station de pompage :

C'est le dispositif de production. Sa capacité est fonction du ou des réservoirs de stockage. Elle est constituée des ouvrages et des équipements suivants :

- Bâche d'aspiration.
- Chambre de télé-contrôle et d'automatisation.
- Groupes électropompes.
- Autres équipements en amont et en aval des pompes (vannes, clapets, manomètres, etc.).

On remarque l'existence de plusieurs pompes. Ceci permettra d'un côté, de minimiser la consommation de l'énergie électrique, car le débit produit est réparti sur l'ensemble des pompes, et de l'autre côté, d'assurer la continuité du service en cas de panne de l'une d'elles.

II-7-5. Le dispositif d'adduction :

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,

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.

II-7-7. Le maillon traitement :

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). (**Ouellabi f, Chettouh Y (2015)**).

II-7-8. Le maillon stockage :

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.

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.

II-8. Le réseau de distribution :

II-8-1. Définition :

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.

I-8-2. Ossature du réseau :

L'ossature du réseau dépend de la configuration de l'agglomération. Deux géométries de réseau sont possibles : réseau ramifié ou réseau maillé.

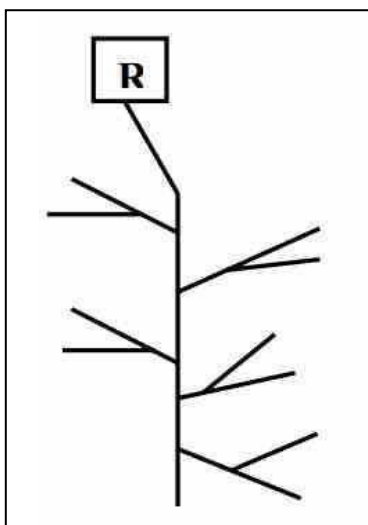
- **Le réseau ramifié :**

il est appelé ainsi car il possède typologiquement une structure d'arbre. Pour ce type de réseau, à partir d'une conduite centrale, on met en relation plusieurs canalisations secondaires, tertiaires, ...etc. jusqu'à chaque compteur individuel. Un tel système présente un grave défaut ; dans une conduite donnée, l'eau circule toujours dans le même sens. Donc, une panne dans la conduite entraîne la perte de service pour tous les usagers situés en aval.

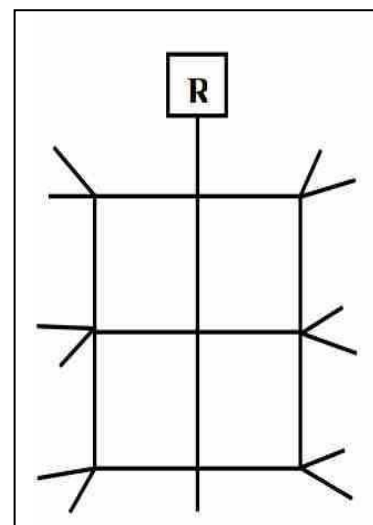
- **Le réseau maillé :**

ce type de réseau est constitué de boucles. Le sens de l'écoulement varie fréquemment selon la demande de certaines conduites. En effet, le nombre d'abonnés non desservis en cas de panne ou de réparation est réduit au maximum puisque l'eau peut atteindre un même point par plusieurs chemins. L'autre intérêt est que la vitesse d'écoulement de l'eau est rarement nulle, ce qui offre l'avantage de maintenir la bonne qualité de l'eau distribuée.

Il y a aussi d'autres types de réseaux comme le réseau **étagé**, **mixte**, et **distincte**.

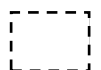


Réseau ramifié



Réseau maillé

Figure II-13 : Schéma général d'un réseau de distribution (R : Réservoir)



II-9. Éléments constitutifs d'un réseau de distribution d'eau potable :

II-9-1. Les matériaux des canalisations :

Trois considérations sont essentielles pour le choix du matériau des canalisations :

- la sécurité de service.
- la longévité.
- le facteur économique.

Pour les conduites maîtresses, les matériaux les mieux adaptés sont la fonte ductile, le béton armé et l'acier, par contre, pour les conduites secondaires, on choisit des tuyaux en acier, polyéthylène et le PVC à joints flexibles.

II-9-2. Les joints :

Ils ont pour fonction d'assurer l'étanchéité des jointures des tuyaux et faire face aux sollicitations mécaniques et chimiques. Pour cela, ils doivent épouser parfaitement la loge qui leur est destinée.

Les joints constituent la partie la plus fragile de la canalisation à cause de leur souplesse ; tout mouvement du tuyau s'articule sur le joint, ce qui provoque en lui des usures mécaniques. L'action des produits chlorés de l'eau et le dessèchement induisent le vieillissement des joints.

Il existe trois principaux types de joints : mécaniques, à emboîtement et à bride. Les joints mécaniques ou à emboîtement sont utilisés pour relier les conduites enfouies dans le sol, alors que les joints à bride sont utilisés pour raccorder des tronçons à l'intérieur des constructions (station de pompage, station de traitement, etc.).

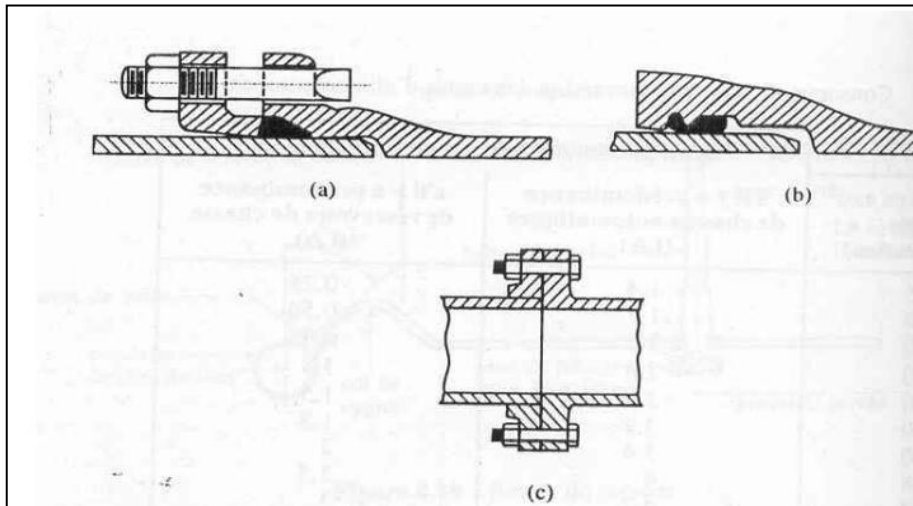


Figure II-14 : Différents types de joints :

- a) mécanique,
- b) à emboîtement,
- c) à bride.

II-9-3. Les vannes :

Elles permettent de maîtriser les écoulements dans le réseau, donc de mieux gérer celui-ci. Il existe plusieurs types de vannes qui satisfont à des besoins variés :

- **Les vannes d'isolement** : permettent d'isoler certains tronçons qu'on veut inspecter, réparer ou entretenir. On distingue deux types : les robinets à papillon pour les conduites de gros diamètres et les robinets-vannes pour les conduites de petits diamètres.
- **Les vannes à clapets de non-retour** : permettent de diriger l'écoulement dans un seul sens. Elles sont installées sur les conduites de refoulement.
- **Les vannes de réduction de pression** : permettent de réduire la pression à une valeur prédéterminée.

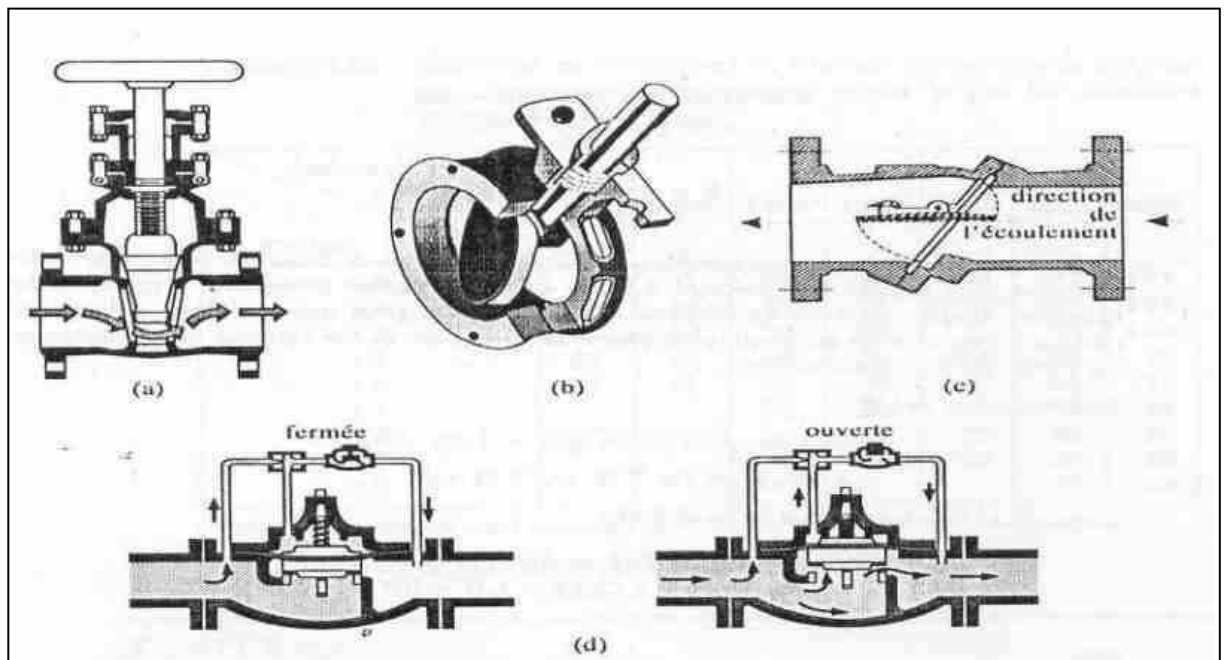


Figure II-15 : Différents type de vannes : a) robinet-vanne b) robinet à papillon c) vanne à clapet de non-retour d) vanne de réduction de pression

II-9-4. Les ventouses :

On installe des ventouses aux points élevés du réseau. Elles permettent d'un côté, de faire évacuer les quantités d'air qui s'y accumulent à la suite, par exemple, du dégazage de l'oxygène dissous, et de l'autre côté, de faire pénétrer l'air lorsqu'un vide se crée dans une conduite et évitent la création de pressions négatives qui risqueraient d'entraîner l'écrasement de la conduite. Trois types de ventouses sont utilisés : ventouses pour petites quantités d'air, ventouses pour grandes quantités d'air et ventouses universelles.

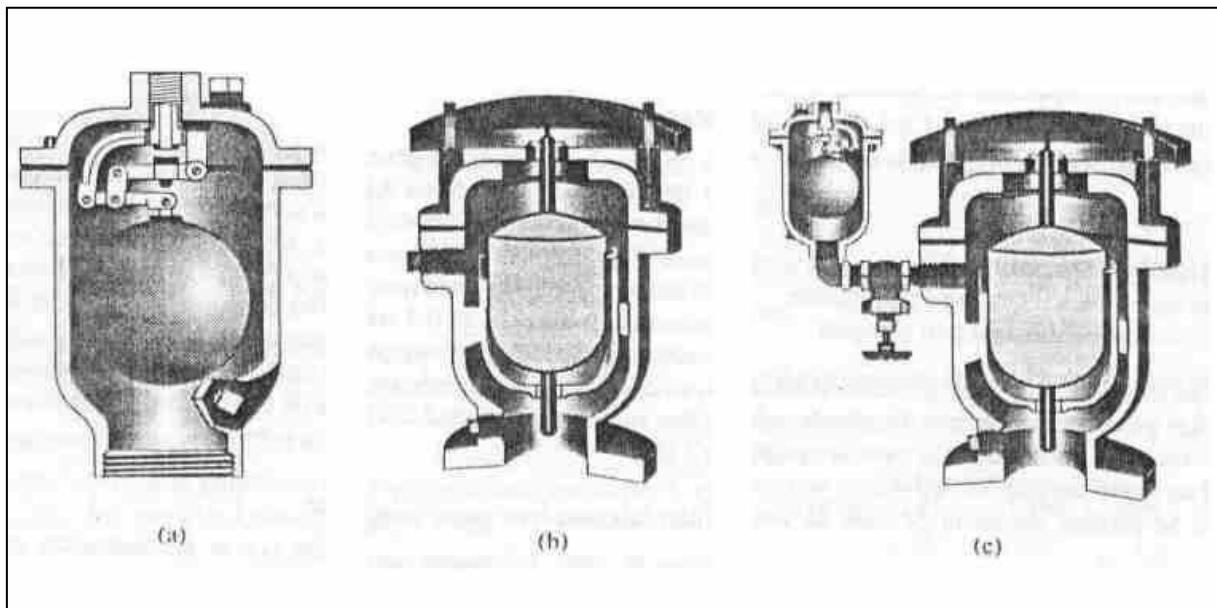


Figure II-16 : Types de ventouses : **a)** ventouse à petites quantités d'air **b)** ventouse à grandes quantités d'air **c)** ventouse universelle

II-9-5. Les décharges :

Une décharge est un robinet placé au point bas de la canalisation pour en permettre la vidange, l'évacuation s'effectue à l'égout le plus voisin ou si le point bas se trouve hors de la ville, dans le fossé le plus proche. Ce robinet sera placé à l'intérieur d'un regard en maçonnerie et doit être facilement accessible.

II-9-6. Les poteaux d'incendie :

Ils permettent de fournir aux pompiers l'eau dont ils ont besoin pour combattre les incendies. Ils sont reliés aux conduites du réseau par des conduites de raccordement dotées d'une vanne d'isolement. Un poteau d'incendie doit comporter au moins deux prises latérales de 65 mm de diamètre et une conduite de 100 mm de diamètre si le débit excède 5000 l/mn ou la pression si est faible.

La superficie desservie par un poteau d'incendie dépend du débit nécessaire pour combattre les incendies ; plus le débit est élevé, plus les poteaux sont nombreux et rapprochés.

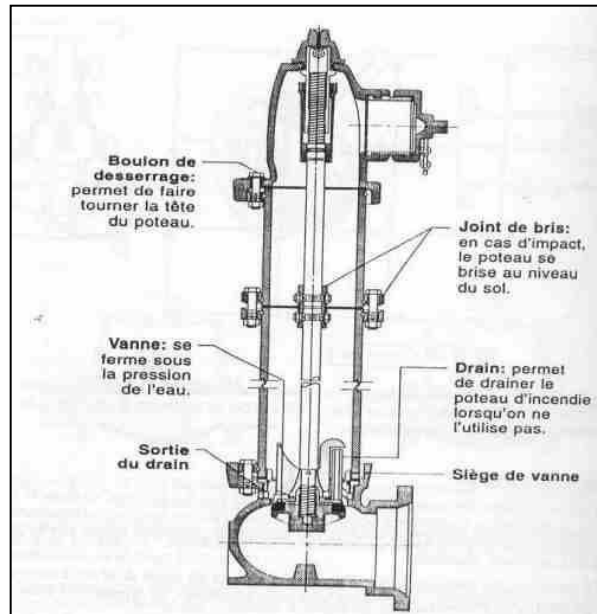


Figure II-17 : Poteau d'incendie

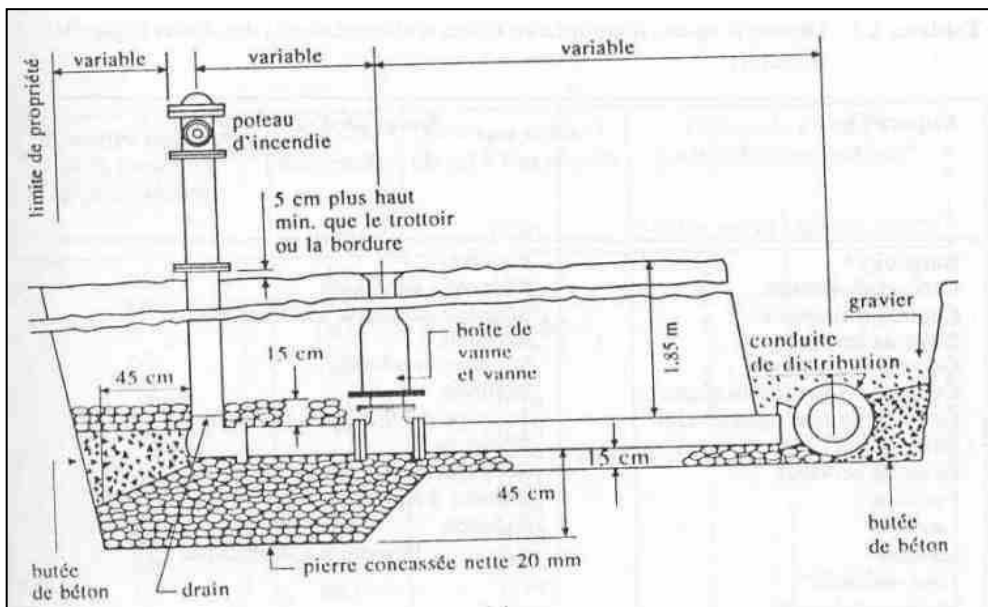


Figure II-18 : Installation d'un poteau d'incendie vue en coupe

II-10. 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 150 kpa 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 500 kpa qui risquent d'apporter des désordres (fuites) et certains bruits désagréables dans les installations intérieures des abonnés.

II-10-1. Problèmes rencontrés dans un réseau d'A.E.P :

Plusieurs problèmes de différentes origines peuvent survenir dans un réseau d'A.E.P ; des fuites, les branchements illicites, les erreurs de compteurs, 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.

II-10-2. Problème de gestion des réseaux d'A.E.P en Algérie :

Les problèmes de gestion des réseaux algériens sont très divers :

- Méconnaissance des besoins en eau des populations.
- Entretien quasi-nul des canalisations et de leurs accessoires.
- Coupures d'eau fréquentes.
- Fuites non répertoriées.
- Interventions trop lentes sur les

- Personnel insuffisant et non qualifié.
- Inexistence de pompes de secours au niveau des stations de pompage.

II-11. LES CHIFFRES CLEFS 2018 DE LA VILLE D'EL-OUED :

II-11-1. CONNAISSANCE DES RESEAUX D'EAU POTABLE :

Selon les renseignements (D.R.E), la dotation en eau potable actuelle est de 200 l/j/hab. Les conduites du réseau d'alimentation sont fabriquées en : acier, amiante, béton, PVC. Il faut aussi tenir compte d'éventuels accidents qui provoquent des pertes considérables en eau potable, et le plus souvent des robinets mal ou non fermés, ainsi que des fuites de canalisations.

Généralement, dans un réseau d'A.E.P on peut estimer les fuites (Source ADE) :

- 20% pour un réseau en bon état.
- 25 à 35 % pour un réseau en état moyen.
- 52% pour un réseau en mauvais état.

En tenant compte des facteurs ci-dessus, on majore les besoins moyens en eau de 20% (pertes et fuites d'eau).

⇒ **Equipements :**

Tableau N°II-1: Les équipements existants

équipements	Commune d'EL-Oued
Scolaires	78 Ecole. 08 Lycées Tech et Généer. 03 C.N.F.P.A 01 C.N.S.F.P 05 Instituts universitaires
Sanitaires	02 Hôpitaux 02 Polyclinique 02 Maternité 14 Centre et salle de soient 39 Pharmacie
Socioculturels	78 Mosquée 06 Hôtels 02 Maison de jaune
Sportifs	03 Stade
Administratifs	01 APC 01 Wilaya 33 Entreprises
Commerçant et activités	32 Café 01 Abattoir 08 Restaurant 75Boulangier 04 Station de lavage

(Source APC2005)

Description :

Le système AEP de la ville d'El-Oued est décrit ci-après :

Forages :

Les ressources en eau sont situées au niveau même de l'agglomération et sont constituées par 14 ouvrages :

- ✓ 2 forages de type artésien, profonds (~ 1 850 m), qui sollicitent l'aquifère Albien.
- ✓ 12 forages, moins profonds (274 m à 345 m), qui sollicitent l'aquifère Pontien.
- ✓ Tableau N° II-2 : Liste des sites de production d'eau de la ville d'El-Oued

Type	Désignation	Caractéristiques
Forages sollicitant l'aquifère Albien (prof : ~ 1 850 m)	Forage Chouhada	~ 145 l/s (6,2 bars)
	Forage Route de Tougourt	~ 145 l/s (7,4 bars)
Forages sollicitant l'aquifère Pontien (prof : 274 m à 345 m)	Forage Chouhada	~ 12 l/s
	Forage 400 Logements	~ 14 l/s
	Forage Nadour	~ 37 l/s
	Forage Chott	~ 26 l/s
	Forage Sidi Mastour	~ 33 l/s
	Forage Université	~ 20 l/s
	Forage Tiksebt oust	~ 23 l/s
	Forage 08 Mai	~ 28 l/s
	Forage bouhmid 01	~ 18 l/s
	Forage bouhmid 02	~ 18 l/s
	Forage 19 Mars	~ 23 l/s
	Forage Chouhada	~26 l/s
TOTAL		~ 568 l/s

Les eaux prélevées ne subissent aujourd'hui aucun traitement correctif. (Source ADE)

Ouvrages de stockage :

Les ouvrages de stockage sont des châteaux d'eau (réservoirs surélevés). La liste des ouvrages est présentée dans le Tableau

Tableau N° II-3 : Liste des ouvrages de stockage de la ville d'El-Oued

Désignation	Capacité
Château d'eau 19 MARS	1 500 m ³
Château d'eau 400 LOGEMENTS	1 000 m ³
Château d'eau CHOUAHADA	1 000 m ³
Château d'eau CHOTT	1 000 m ³
Château d'eau EL GARA	1 000 m ³
Château d'eau SIDI-MESTOUR	1 000 m ³
Château d'eau NADOUR	1 500 m ³
Château d'eau TIKSEPT OUEST	1 500 m ³
TOTAL	9 500 m³

(Source ADE)

Forage du Pontien :

Chaque château d'eau dispose d'un forage du Pontien situé à proximité, qui l'alimente. Aujourd'hui, la plupart du temps les forages refoulent directement dans les réseaux de distribution.

Forages de l'Albien :

La production des 2 forages de l'Albien (environ 51.06% de la production totale), permet d'alimenter 4 châteaux d'eau au total, à savoir :

- ✓ Le forage de la Route de Tougourt dessert alternativement :
 - ◆ Le château d'eau « 400 Logements » (durant 12 h),
 - ◆ Le château d'eau El Gara (durant 12 h) et les quartiers S. Abdallah (en direct),
- ✓ Le forage Chouhada dessert alternativement :
 - ◆ Le château d'eau « Chouhada »,
 - ◆ Le château d'eau « 19 Mars ».

Les ouvrages sont parfois by-passés. Des piquages sur les conduites d'adduction ont été effectués.

D'après l'ADE, le réseau d'El-Oued est découpé en plusieurs secteurs :

- ✓ Secteur Chott : alimenté par le réservoir Chott, le forage Nadhour , 08 Mai et Forage Université
- ✓ Secteur Route Touggourt : alimenté par le forage albien Route Touggourt ;
- ✓ Secteur 400 Logements : alimenté par le forage albien Rout Touggourt et le pontien 400 Logements ;
- ✓ Secteur 19 Mars : alimenté par le forage 19 Mars ;
- ✓ Secteur Sidi Mestour : alimenté par le forage Sidi Mestour, Bouhmid 01 et Bouhmid 02 ;
- ✓ Secteur Chouhada : alimenté par les forages albien et Pontien Chouhada ;
- ✓ Secteur Naoura : alimenté par le forage pontien Naoura.
- ✓ Secteur Gara : alimenté par le forage albien Route Touggourt

Tous ces secteurs sont interconnectés. Les forages alimentent régulièrement les réseaux en direct. Ce mode de fonctionnement a pour incidence directe :

- ✓ D'arrêter la distribution en sortie de certains réservoirs pour permettre leur remplissage ;

- ✓ De modifier en permanence les régimes de pompage au niveau des forages qui varient en fonction de la demande.

II-12. Estimation des pertes d'eau :

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 ville d'El-Oued. 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.

II-12-1. Par bilan : Production – Consommation

Les campagnes de mesures de la distribution, effectuées en **2005 -2014** dans la ville d'El-Oued ont permis d'évaluer les consommations domestiques des populations. Les consommations commerciales, publiques et industrielles ont été déduites des relevés des factures établies par l'exploitant. Par ailleurs, l'extrapolation de la consommation domestique avec comptage à toutes les populations a abouti également à une quantification des consommations qui nous permettra encore une fois d'évaluer les pertes d'eau.

Le bilan Production – Consommation d'eau consiste à établir une comparaison, d'une part, entre les volumes produits mis en distribution, et d'autre part, les volumes consommés déduits des factures du service d'eau et les volumes des consommations mesurées. (Tableau N° III-1). Avec le taux de pertes est calculé par la formule suivant :

$$\text{Taux de pertes (\%)} = \text{Pertes en (m}^3\text{/j)} / \text{production en (m}^3\text{/j)}$$

Tableau N°II-4: Volumes et taux de pertes d'eau par bilan: Production – consommation totale facturée 2006-2013.

Année	Trimestre	Consommations facturées (m ³ /j)			Production (m ³ /j)	Pertes (m ³ /j)	Taux de pertes (%)
		Domestique	Commerciale et publique	Industrielle			
2006	T1	16526	3225	403	35989	15835	44
	T2	17411	3397	425	35989	14755	41
	T3	16821	3282	410	35989	15475	43
	T4	15641	3052	381	35989	16915	47
2007	T1	17928	3498	437	40487	18624	46
	T2	18592	3628	453	40487	17814	44
	T3	18260	3563	445	40487	18219	45
	T4	18924	3692	462	40487	17410	43
2008	T1	19256	3757	470	40487	17005	42
	T2	19256	3757	470	40487	17005	42
	T3	18260	3563	445	40487	18219	45
	T4	18592	3628	453	40487	17814	44
2009	T1	17928	3498	437	40487	18624	46
	T2	16600	3239	405	40487	20244	50
	T3	16268	3174	397	40487	20649	51
	T4	16932	3304	413	40487	19839	49
2010	T1	17706	3455	432	44986	23393	52
	T2	18075	3527	441	44986	22943	51
	T3	18444	3599	450	44986	22493	50
	T4	18075	3527	441	44986	22943	51
2011	T1	18813	3671	459	44986	22043	49
	T2	17338	3383	423	44986	23843	53
	T3	18075	3527	441	44986	22943	51
	T4	16600	3239	405	44986	24742	55
2012	T1	16231	3167	396	44986	25192	56
	T2	18075	3527	441	44986	22943	51
	T3	18444	3599	450	44986	22493	50
	T4	17706	3455	432	44986	23393	52
2013	T1	18813	3671	459	44986	22043	49
	T2	18075	3527	441	44986	22943	51
	T3	16969	3311	414	44986	24292	54
	T4	16600	3239	405	44986	24742	55

Source A.D.E

II-12-2. Effet de l'utilisation des pompes domestiques sur les pertes d'eau :

Les pompes sont généralement installées sur les conduites des branchements individuels. Puisant directement de cette dernière, les pompes refoulent des débits dépassant largement les besoins de l'utilisateur. En effet, pour éviter l'étouffement de la pompe et protéger la tuyauterie contre les fortes pressions, les usagers procèdent souvent à l'ouverture simultanée de plusieurs robinets. Ces pratiques qui occasionnent des surconsommations sont observées beaucoup plus chez les usagers sans compteurs où la facturation des consommations d'eau est forfaitaire.

D'autres facteurs sont également à l'origine de ces importantes pertes d'eau. Il s'agit essentiellement de :

- La multiplication des interruptions de service (favorise le stockage de grandes quantités d'eau chez l'utilisateur),
- L'absence d'entretien des réseaux et des équipements,
- Branchements clandestins,
- Compteurs défectueux ou détériorés.

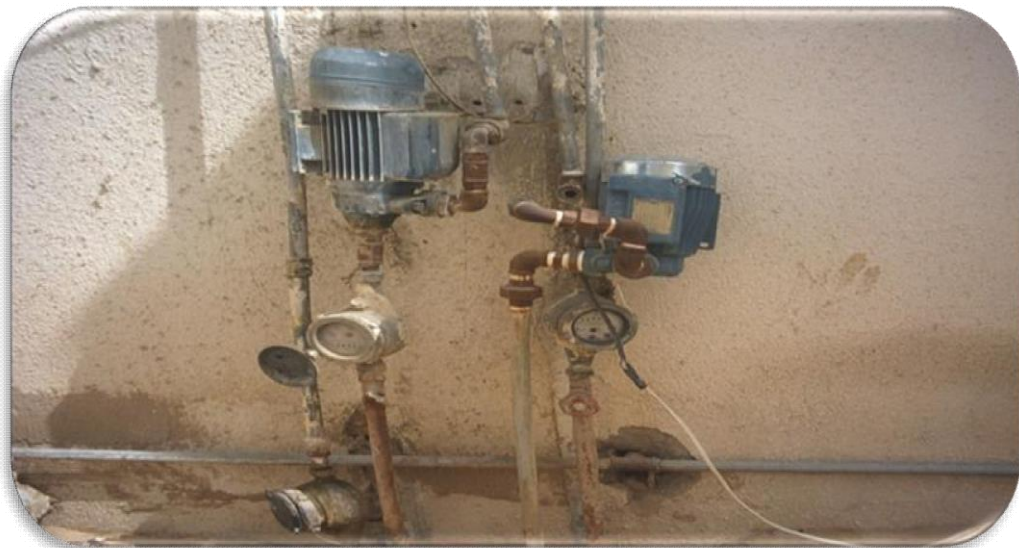


Photo II.19 : Branchements individuels en cité 08 Mai

III. LE RENDEMENT PRIMAIRE DE RESEAU D'EAU POTABLE :

III-1. DEFINITION :

III-2. Le rendement :

C'est le rendement le plus simple à calculer, il ne tient pas compte des volumes utilisés noncomptabilisés.

$$\text{Rendement primaire (\%)} = \frac{\text{volume consommé (comptabilisé)}}{\text{volume produit} + \text{volume importé} - \text{volume exporté}}$$

C'est le rendement le plus simple à calculer, et aussi le moins élaboré. Il ne prend en compte pour les comparer aux volumes mis en distribution, que la consommation totale comptabilisée.

Il est le seul dont les chiffres ne fassent pas intervenir de partie estimée (en négligeant celle inhérente aux relevés des compteurs abonnés, qui doit représenter un faible pourcentage du total).

Il n'existe pas de référentiel unique permettant d'apprécier les valeurs du rendement primaire. Dans la suite de l'analyse, on utilisera les critères suivants :

Rendement primaire	Appréciation
Supérieur à 75%	Très bon
Entre 65% et 75%	Bon
Entre 55% et 65%	Moyen
Entre 45% et 55%	Mauvais
Inférieur à 45%	Très mauvais

Tableau III-1 : Référentiel d'appréciation du rendement primaire

L'examen des RAD révèle que la définition utilisée pour le rendement primaire n'est pas la même d'un service à l'autre.

A) Rendement primaire :

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

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

B) 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.

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

III-3. Analyse départementale :**III-3-1. Estimation des besoins actuels et futurs :**

On désigne par besoins, la somme :

- ✓ De la consommation des abonnés, également désignée par « demande en eau » ou « dotation » ;
- ✓ Des pertes physiques.

Les besoins correspondent donc aux volumes à produire et à injecter en tête de réseaux. Dans les calculs, les pertes sont traduites par le rendement qui correspond au ratio suivant (%) :

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Consommation}}{\text{Besoins}}$$

III-3-2. Consommations :

Les usages identifiés sont :

- ✓ La consommation de type domestique (principal usage) ;
- ✓ La consommation de l'administration et des équipements.

Les industries disposent a priori de leurs propres ressources en eau.

III-3-3. Méthode de calcul retenue :

La consommation a été estimée sur la base des hypothèses suivantes (Source ADE):

- ✓ Les projections de population
- ✓ Consommation domestique : 200 l/j/hab.
- ✓ Consommation pour l'administration, le commerce et l'industrie (petite industrie) : 20% de la consommation totale.

III-3-4. Estimation de la population actuelle et future :

L'évolution de la population suit la loi des intérêts composés donnée par la formule suivante :

$$P = P_0(1+T/100)^n$$

P : Population future.

P₀ : Population de départ

T : Taux d'accroissement de la population : 2.92 % (selon APC El Oued)

n : Nombre d'années séparant les deux horizons.

La population actuelle et future a été estimée sur la base :

✓ Du recensement de 2008 ;

✓ Des taux de croissances est égale : 2,92%

Calcul de la consommation Il est, selon les relations suivantes **Consommation domestique= Population (hab) × Dotation (200 l/j/hab)** **Consommation équipement= Consommation domestique × 20%**

Consommation global= Consommation domestique + Consommation équipement

Les résultats sont synthétisés dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.4.**

N° III-2: Estimation de la population et des consommations

	2015	2020	2025	2040
Population estimée (hab)	164766	190268	219718	338346
Consommation domestique (m³/j)	32953.2	38053.6	43943.6	67669.2
Consommation pour l'administration, le commerce et l'industrie (m³/j)	6590.64	7610.72	8788.72	13533.84
Total (m³/j)	39543.84	45664.32	52732.32	81203.04

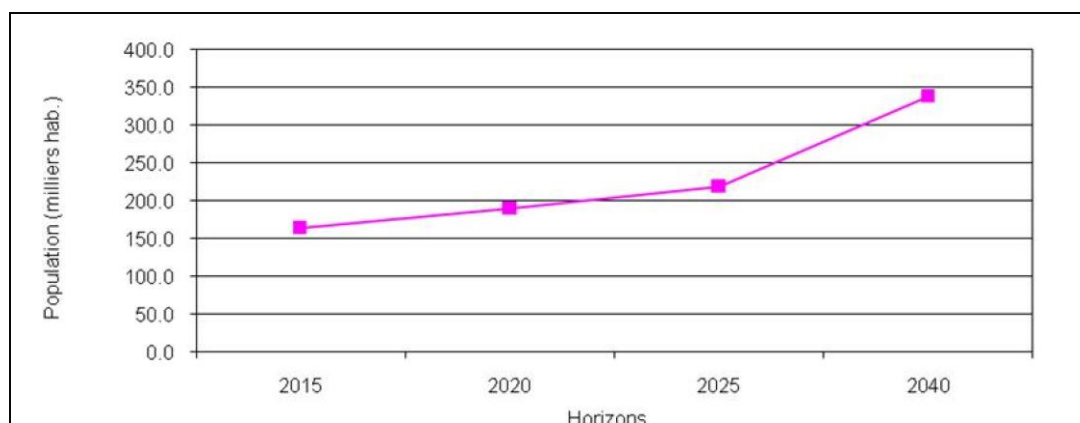


Figure N°III-1 : Présentation de l'évolution de la population retenue

L'augmentation de population entre 2015 et 2040 s'élève à 105.35%

Deux hypothèses de rendement sont prises en compte :

- ✓ Hypothèse basse : Conservation d'un rendement faible (60%) ;
- ✓ Hypothèse haute : Amélioration des rendements jusqu'à 80%.

Les 2 scénarios de réduction des pertes pris en compte dans le calcul des besoins sont synthétisés dans le Tableau N° II--5.

Tableau N° III-3 : Hypothèses de rendement prises en compte pour le calcul des besoins.

	2020	2025	2040
Hypothèse haute	65%	70%	80%
Hypothèse basse	60%	60%	60%

III-3-5. Besoins actuels et futurs :

Deux niveaux de besoins sont proposés :

- ✓ Les besoins du jour moyen (m^3/j) ;
- ✓ Les besoins du jour de pointe (m^3/j).

Besoins du jour moyen :

Besoins journaliers= Consommation global / Rendement Tableau N° III-4 : **Besoins actuels et futurs journaliers moyens (m^3/j)**

Hypothèses de Rendements	Besoins journaliers en m^3/j		
	2020	2025	2040
Hypothèse haute (améliorés)	70252.80	75331.89	101503.80
Hypothèse basse (non améliorés)	76107.20	87887.20	135338.40

III-3-6. Besoins du jour de pointe :

Les besoins du jour de pointe ont été calculés selon la relation suivante :

$$B_{JP} = \frac{Conso.x.K_{JP}}{Rendement}$$

Le coefficient du jour de pointe (K_{JP}) retenu est égal à 1,3. Il s'agit d'une valeur habituellement retenue localement.

Tableau N° III-5 : Besoins du jour de pointe ($K_{JP} = 1,3$) $1.1 < K_{JP} < 1.6$

Hypothèses de Rendements	Besoins journaliers en m³/j		
	2020	2025	2040
Hypothèse haute	91328.64	97931.45	131954.94
Hypothèse basse	98939.36	114253.36	175939.92

III-3-7. Schéma de fonctionnement proposé :

Au préalable, le tableau N° II-9 présente les besoins établis par secteurs de distribution.

Tableau N° III-6: Besoins par secteurs et par horizon.

Secteurs	Scénarios de besoins		2015	2020	2025	2040
NADHOR	Population (hab.)		15200	17552	20269	31213
	Besoins (m ³ /j)	Hypothèse basse	6080	6481	6949	9364
		Hypothèse haute	6080	7021	8108	12485
CHOTT	Population (hab.)		12160	14042	16215	24970
	Besoins (m ³ /j)	Hypothèse basse	4864	5185	5560	7491
		Hypothèse haute	4864	5617	6486	9988
SIDI MESTOUR	Population (hab.)		14762	17047	19685	30314
	Besoins (m ³ /j)	Hypothèse basse	5905	6294	6749	9094
		Hypothèse haute	5905	6819	7874	12126
CHOUHADA	Population (hab.)		22459	25935	29950	46120
	Besoins (m ³ /j)	Hypothèse basse	8984	9576	10268	13836
		Hypothèse haute	8984	10374	11980	18448
19_MARS	Population (hab.)		21110	24377	28150	43348
	Besoins (m ³ /j)	Hypothèse basse	8444	9001	9651	13004
		Hypothèse haute	8444	9751	11260	17339
ROUTE TOUGGOUR T	Population (hab.)		26217	30274	34960	53836
	Besoins (m ³ /j)	Hypothèse basse	10487	11178	11986	16151
		Hypothèse haute	10487	12110	13984	21534
NAOURA	Population (hab.)		6396	7386	8529	13134
	Besoins (m ³ /j)	Hypothèse basse	2558	2727	2924	3940
		Hypothèse haute	2558	2954	3412	5254
GARA	Population (hab.)		23165	26750	30890	47568
	Besoins (m ³ /j)	Hypothèse basse	9266	9877	10591	14270
		Hypothèse haute	9266	10700	12356	19027
400 LOGTS	Population (hab.)		23298	26904	31069	47843
	Besoins (m ³ /j)	Hypothèse basse	9319	9934	10652	14353
		Hypothèse haute	9319	10762	12427	19137
TOTAL	Population (hab.)		164766	190268	219718	338346
	Besoins (m ³ /j)	Hypothèse basse	65906	70253	75332	101504
		Hypothèse haute	65906	76107	87887	135338

Source A.D.E

- ✓ Consommation domestique : 200 l/j/hab ;
- ✓ Consommation des équipements : 20% de la consommation totale ;
- ✓ Rendement :
 - Améliorés (besoins hypothèse basse) : 60% en 2015 à 80% en 2040,
 - Non améliorés (besoins hypothèse haute) : 60% en 2015 jusqu'à 2040 (Constant).

III-4. Limites de l'indicateur :

Le rendement s'améliore mathématiquement avec l'augmentation des consommations d'eau. Ainsi, pour 2 communes de tailles de population différentes, et à volumes de pertes en eau égaux, le rendement favorise le service d'eau présentant les plus fortes consommations. Dans le même temps, tout effort d'économie de consommation d'eau par l'abonné se traduit mathématiquement par une baisse du rendement si les fuites ne sont pas réparées.

Ce constat, couplé au fait que le rendement de réseau ne prend en compte aucun des facteurs d'influence pesant sur les réseaux (longueur des réseaux, densité des branchements...), montre que, bien que largement utilisé, cet indicateur ne peut qualifier à lui seul les performances d'un réseau d'eau.

IV. L'INDICE LINEAIRE DE PERTE PRIMAIRE DES RESEAUX D'EAU POTABLE (ILP) :

IV-1. Définition :

IV-2. Les indices linéaires :

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 ou ILP.

L'ILP permet de connaître par km de réseau la part des volumes mis en distribution qui ne sont pas consommés avec autorisation sur le périmètre du service. Il s'agit du ratio entre le

$$ILP(m^3 / jour / km) = \frac{\text{volume mis en distribution} - \text{volume comptabilisé}}{\text{linéaire} \times 365}$$

volume de pertes, qui est la différence entre le volume mis en distribution et le volume consommé autorisé, et le linéaire de réseau de desserte. Il représente le volume journalier d'eau perdu par longueur de réseau.

Cet indice présente le gros avantage de prendre en compte l'effet de la densité de la population d'une commune (réseau rural, semi rural, urbain) et de suivre l'évolution des réseaux.

En outre il permet de rapporter le volume de pertes à l'importance du réseau et donc de comparer l'état physique de deux réseaux. Il est donc utilisé pour comparer les performances des réseaux.

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. Par ailleurs il n'y a pas à l'heure actuelle de référentiel désigné pour qualifier les performances des réseaux d'AEP à **la Réunion**.

Le référentiel du Laboratoire GEA a été bâti dans le cadre d'une étude commandée par le Ministère de l'agriculture. Il est basé sur des données relatives à l'année 2004, fournies par les DDAF [GEA 2006], et se présente comme suit :

Type	Rural	Intermédiaire	Urbain
Densité	$D \leq 20$	$20 < D \leq 40$	$40 < D$
Excellent	$ILP < 0.7$	$ILP < 1.5$	$ILP < 3.3$
Moyen	$0.7 \leq ILP \leq 2.5$	$1.5 \leq ILP \leq 5.2$	$3.3 \leq ILP \leq 12.8$
Médiocre	$2.5 < ILP$	$5.2 < ILP$	$12.8 < ILP$

Tableau IV-1 : Référentiel du Laboratoire GEA pour l'ILP

Le référentiel du GEA s'avère toutefois peu adapté pour apprécier et comparer les ILP des réseaux à la Réunion car il ne tient pas compte des contraintes d'exploitation liées aux conditions de pressions inhérentes aux zones de distribution montagneuses.

Pour la Réunion, nous proposons utiliser le référentiel suivant :

Type	Intermédiaire	Urbain
Densité	$20 < D \leq 40$	$40 < D$
Bon	$ILP < 5$	$ILP < 8$
Moyen	$5 \leq ILP \leq 12$	$8 \leq ILP \leq 25$
Mauvais	$12 < ILP$	$25 < ILP$

Tableau IV-2 : Proposition d'un référentiel adapté au contexte réunionnais

Calcul des indices linéaires de pertes (Volumes de pertes évalués par bilan: Production – Consommation totale facturée) :

Le calcul des indices linéaires de pertes de la ville d'El-Oued a été entrepris en se basant sur les volumes de pertes déterminés par cette méthode. Ce calcul a conduit aux valeurs suivantes (Tableau N° IV-1):

Tableau N° IV-3: Indices linéaires de pertes des systèmes d'eau potable en 2014

Commune	Volume de pertes (m ³ /j)	Longueur du réseau (km)	Indice linéaire de pertes ILP (m ³ /j/km)
El-Oued	25192	330.7	76.18
	22493	330.9	67.97
	22943	331.2	69.27
	25642	332.5	77.12

Source ADE

Tableau N° IV-4: Valeurs guides de l'indice linéaire de pertes en fonction de la taille de la population.

Taille de la population (habitant)	Indice Linéaire de Pertes ILP (m ³ /j/km)
< 5000	5
5000 - 10000	9
10000 - 20000	10
20000 - 50000	12
50000 - 100000	19
> 100000	23

Source ADE

La comparaison des indices de pertes calculés avec les valeurs guides, montre que quelque soit la méthode utilisée, les valeurs des indices linéaires de pertes des réseaux testés dépassent largement les valeurs guides, alors que la valeur guide correspondante est de l'ordre de 70 m³/j/km. Ce grand décalage entre les valeurs calculées et les valeurs de référence de cet indice confirme, une fois de plus que les systèmes d'eau potable dans cette région souffrent du manque de performances et de fiabilité.

IV-3 . Indice linéaire des fuites :

Les volumes de la distribution déjà définis par les campagnes de mesures engagées dans cette région sont considérés comme des volumes de fuites avec lesquels le calcul de ces indices est effectué. Les résultats apparaissent dans le tableau N° IV-3.

Tableau N° IV-5 : Indice linéaire des fuites d'eau potable en 2014

Commune	Volume de fuites (m ³ /j)	Longueur du réseau (km)	Indice linéaire de fuites ILF (m ³ /j/km)
El-Oued	19156	330.7	57.92
	20132	330.9	60.84
	17650	331.2	53.29
	18951	332.5	56.99

Source ADE

Les résultats du tableau N°IV-3, exprimant la qualité de l'état physique des réseaux montent

que ceux-ci manquent d'herméticité et sont loin d'être étanches. Les valeurs de référence de cet indice, variant de 1 – 3 m³/j/km dans les zones rurales et de 7 – 12 dans les zones urbaines, montrent clairement que les indices de fuites obtenus sont très élevés.

IV-4. Indice linéaire de consommation :

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 :

$$\text{Indice linéaire de consommation} = \frac{(V_{\text{comptabilisé}} + V_{\text{consommé sans comptage}} + V_{\text{service du réseau}} + V_{\text{vendu en gros}}) / \text{longueur du réseau de desserte} / 365 \text{ jours pour 2014}}$$

Le calcul a conduit aux résultats suivants:

- Calcul des indices linéaires de consommation (Volume total consommé évalué par les données de la facturation).

Tableau N°IV-6: Indices linéaires de consommation d'eau potable en 2014.

Commune	Volume total consommé (m ³ /j)	Longueur du réseau (km)	Indice linéaire de consommation ILC (m ³ /j/km)
El-Oued	19794	330.7	59.85
	22493	330.9	67.97
	22043	331.2	66.55
	19344	332.5	58.18

Source ADE

Les résultats des différentes démarches montrent que les pertes d'eau dans les systèmes d'alimentation en eau potable de cette région sont très importantes. Les taux de pertes dans les villes principales de cette région sont évalués en moyenne de 53 à 78% dans la région d'étude, les études comparatives entre la demande et la production d'eau. Ces valeurs constituent néanmoins

une démonstration du manque de fiabilité du système de distribution (tableau N°IV-5).

Tableau N°IV-7: Débits de distributions dans les zones testées :

	Horaire des mesures	Valeurs moyennes des débits de distribués (m ³ /h)
Chott	17h00-19h00	180
400 logt	12h00-14h00	100
Teksebt	18h00-20h00	130
El gara	10h00-12h00	90

Source ADE

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-5. Limites des indicateurs de type indice linéaire :

L'ILP et l'ILVNC présentent l'avantage de ne pas être pénalisés directement en cas de baisse des consommations (contrairement au rendement).

Par contre, à l'inverse des résultats obtenus par les calculs sur le rendement, on constate que l'ILP est moins bon quand la taille de population augmente, pénalisant les communes les plus urbaines.

Ceci s'explique par le fait qu'il n'existe pas de classement pour les réseaux à très forte densité d'abonnés.

Un autre inconvénient de ces indices est leur effet de seuil du fait de la classification par tranche de densité d'abonnés : une faible variation de la densité d'abonné d'un service peut modifier radicalement l'appréciation que l'on aura de sa performance mesurée par l'ILP ou l'ILVNC.

Outre le problème de la multiplicité des référentiels, l'inconvénient réside dans la nécessité d'apprécier le caractère rural ou urbain d'un service par seuils.

Il faut noter également que le fait de ne pas estimer les volumes utilisés par le service a deux conséquences dans le calcul des indices:

- une sous-estimation du rendement net et une surestimation de l'ILP,

- l'ILP et l'ILVNC sont équivalents (les volumes utilisés non comptés ne sont pas estimés).

Conclusion

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 région d'El-Oued. Les données déduites des factures établies par l'exploitant comportent trop d'incertitudes et leur exploitation risque de ne pas refléter la réalité du système de distribution. Ces incertitudes nous ont conduit pour évaluer la demande et les pertes d'eau à nous appuyer, dans un premier temps sur les mesures de consommations à partir d'un panel d'abonnés domestiques pour lesquels une évaluation de la demande en eau a été réalisée et extrapolée ensuite à l'ensemble de la population puis dans un second temps, sur les mesures des débits de nuit distribués dans la commune d'El-Oued.

V. Eco-conditionnalité et qualité des réseaux d'eau potable :

V-1. la mise en place de conditions a l'attribution de subvention en eau potable :

Face au constat des pertes importantes en eau potable sur les réseaux, l'assemblée départementale a décidé en séance du 12 Avril 2017, de conditionner l'attribution des subventions en matière d'eau potable à des objectifs d'optimisation des réseaux.

Au regard des avantages et inconvénients des deux principaux indicateurs de performance des réseaux d'eau potable, tantôt favorisant les communes les plus importantes (rendement), tantôt les défavorisant (ILP), il a été proposé de combiner les deux paramètres. Ainsi, le bénéficiaire de la subvention en eau potable doit s'engager à :

- fournir au Département le linéaire du réseau d'eau potable, le volume d'eau pompé (et/ou acheté) et le volume d'eau vendu, via les réponses à un questionnaire envoyé chaque année par le Département ;
- atteindre progressivement et à minima un rendement de son réseau de distribution d'eau potable de 80 % ;
- atteindre progressivement et à maxima un ILP, avec la distinction suivante

Tableau N°V-1: la distinction de ILP

Critères (densité d'abonnés)	ILP maximum (en m³/j/km)
< 25 abonnés/Km	< 2,5
Entre 25 et 50 abonnés/Km	< 5
> 50 abonnés/Km	< 10

VI. Modes de Gestion et performances des réseaux d'eau potable :

La gestion d'un réseau d'AEP a pour principale mission d'assurer les fonctions de production, de stockage et de distribution.

Il existe deux types de gestion : la gestion classique et la gestion informatisée

VI-1. La gestion classique :

La gestion classique des réseaux présente beaucoup d'inconvénients. Les supports cartographiques sur lesquels sont portés les objets

représentant les réseaux sont difficilement manipulables (Choux, 1990).

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 (Abdelbaki et al., 2012).

Cette gestion classique 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.

IV-2. La gestion informatisée :

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 (Choux, 1990, Valiron, 1994)

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.

- Annexes :

. Résultats de l'analyse commune par commune :

Le tableau ci après présente les résultats de l'analyse menée en 2018 sur la ville de EL-OUED

Tableau N°-1: présente les résultats de l'analyse menée en 2018 sur la ville de EL-OUED

Commune	Gestionnaire local en eau potable	Rendement	ILP	Réseau d'eau potable performant
El-Oued	Régie communale	Bon	Bon	Oui

-2. Fiche de renseignement adressée aux gestionnaires du réseau d'eau potable :

Fiche de renseignements sur les réseaux d'alimentation en eau potable

Pour l'année 2019

- Commune de :Nom :
- Coordonnées de la personne ayant rempli la fiche :
Tel :.....
- Nombre d'habitants au dernier recensement :
- Nombre d'abonnés à l'eau potable :
- Volume pompé (en m³/an) :
- Volume acheté (en m³/an) à d'autres collectivités :
De quelle(s) collectivité(s) s'agit-il ?
- **Volume d'eau consommé autorisé** (en m³/an) *:
- Volume vendu (en m³/an) à d'autres collectivités :
De quelle(s) collectivité(s) s'agit-il ?
- Longueur du réseau d'eau potable, **hors branchements**,
sur le domaine communal (en km) :

* le Volume d'eau consommé autorisé = volume facturé aux abonnés + volume estimé non facturé (ex : nettoyage de voirie, essai incendie...) + volume estimé de service du réseau (ex : eaux de lavage de l'unité de traitement, eaux de vidange du château d'eau...)

CONCLUSION GENERALE

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la sécurisation de l'alimentation en eau potable de l'agglomération principal de la ville d'El-Oued. On peut tirer les remarques que la zone objet de la présente étude et d'après le nombre d'habitant enregistré peut être classée comme étant une région de haut importance.

L'équilibre de distribution est observé dans l'ensemble du réseau, ce qui se manifeste dans le respect des règles régissant ce type de réseau (primaire « secondaire » tertiaire). Les vannes à segment sont raisonnablement entretenues et nécessitent une surveillance constante pour assurer la maintenance et la révision afin d'obtenir une bonne gestion du réseau.

Au terme de ce travail en cours, nous pouvons conclure que le renforcement du réseau d'approvisionnement des zones de notre étude présentées dans le transfert d'eau allouée à l'eau potable dans le domaine de l'irrigation à l'ensemble de la population peut conduire à l'utilisation de l'eau à un état de suffisance et stabilité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [01] **A. DUPONT** « Hydraulique urbaines (Exercices et projets) » Edition EYROLLES Paris 1980, p.120, 121, 122, 124, 125, 156, 157, 159.
- [02] **A. DUPONT Paris 1977**« Hydraulique urbaine », Tome II, édition Eyrolles, p.237, 260,267, 275-280, 287, 319, 322, 323, 326.
- [03] **A.G.H.T.M Paris 1982** « les stations de pompage », édition Technique et Documentation, p.101, 102, 103, 104, 105.
- [04] **A. LENCASTRE Paris 1983** « Hydraulique générale », édition Eyrolles, p.49, 150.
- [05] **C.GOMELL et H.GUERREE** « La distribution d'eau dans les agglomérations de petite et moyenne importance » Edition EYROLLES, 2004, université LAVAL, p.58, 59, 60, 61, 62.
- [06] **B.SALAH** « polycopie d'Alimentation en Eau Potable», p.11, 27, 29,72, 78, 79, 140.
- [07] **M. CARLIER Paris 1972** « Hydraulique générale et appliquée », édition Eyrolles, p.289.
- [08] **Technique de l'ingénieur** « Adduction et distribution d'eau », p.5, 9, 37, 40, 195.
- [09] **H. GODART** « Technique de l'ingénieur (technologie de l'eau) », édition T.I., p.C5195 –10, 16, 18, 25, 42, 43.**D.H.W** (Direction d'hydraulique de la wilaya d'El-Oued).
- [10] **B.G-H.P.O. :2004** – vallée du souf, études d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation.
- [11] **ADE** (Algérienne Des Eaux Wilaya de El-Oued). Rapports sur l'alimentation en eau potable (AEP), 10 p.
- [12] **KHACHANA Salim (2007)** : Etude de la gestion intégrée des ressources en eaux dans la vallée de Oued-Souf (Sud-est) Algérien. Mémoire de magister université Badji Mokhta Annaba.
- [13] **O.N.M** :(Office National Météorologique) Station de Guemar, données climatiques.
- [14] **Naser I. Faruqi**. (2005). L'Islam et la gestion de l'eau : principes généraux.
- [15] **Actes des assises sur l'eau**, (1995), Ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire.

- [16] **AGHTM commission 'Distribution de l'eau'**, (1993) :«Etude sur le renouvellement des réseaux d'eau potable »,
- [17] **AGHTM commission 'Distribution de l'eau'**, (1990) :«Rendements des réseaux d'eau potable. Définition des termes utilisés », TSM-L'EAU, numéro spécial ;
- [18] **Berland J. M., Cambon S., de Gouvello B., Laterrasse J. et Zhang M. Y.**, (1995) : « La place des usagers dans la gestion et dans la régulation des réseaux urbains », plan urbain, LATTS,
- [19] **Bissery C.**, (1994) :«La détection centralisée des fuites sur les réseaux d'eau potable par réseaux de neurones », thèse de doctorat, INSA de Lyon, France ;
- [20] **Conseil national économique et social**, (2004) : « L'eau en Algérie : le grand défi de demain », Avant-projet de rapport, Commission de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.
- [21] **Choux B.**,(1990).Modélisation des réseaux d'eau potable, compatibilité avec la cartographie informatisée, L'eau –L'industrie –Les nuisances N°141, pp.48 – 50
- [22] **Alterre bourgogne.**, (2007). Les indicateurs de performance du service public de l'eau. Article de publication ; pages 7-9.
- [23] **Namur.**, (2006). Etude relative à l'élaboration d'indicateur de performance des services de distribution d'eau.
- [24] **seine & marne.**, (2009).Analyse des performances des réseaux d'eau potable en seine-et-marne p 11.
- [25] **CAPRARI** « pompes multicellulaires à haute pression ».
- [26] **BADORIS** - Document de synthèse relatif à une barrière technique de sécurité (BTS)Version 1.1 – janvier 2008.
- [27] **Electrostal Algérie SPA** « Tuyaux et raccords en fonte ductile ».
- [28] **V.AMBARTSOUMIAN**« Recommandations méthodologiques »2^{ème} Edition 11/1994,p.5, 6, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23.
- [29] **Renaud E.**, (2009).Valeurs de référence de l'indice linéaire de pertes des réseaux d'alimentation en eau potable .SMEGREG. 63 p
- [30] **Office de l'eau.**,(2011). Rapport d'étude sur les rendements des réseaux d'eau potable des communes de l'île de la Réunion. Page 34.
- [31] **BENAMARA et CHEKIMA.** (2015). diagnostic et etude des pertes d'eau potable dans le reseau d'alimentation en eau potable ; cas ville d'el-oued (w.El-Oued).
- [32] **DHW** (Direction d'hydraulique de la Wilaya d'El-Oued), Enquête sur les exploitations et les besoins en AEP dans la wilaya d'El-Oued.

- [33] **Didier. B et Mamy. S (2004)**. Gestion spatiale de la diversité variétale en réponse à la diversitéécosystémique : le cas du sorgho [*Sorghum bicolor* (L) Moench] au Mali. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Institut d'économie rurale (IER), Bamako, Mali.
- [34] **DSA** (Direction Des Services Agricoles). Rapports et canevas (1999-2006). 07 p. **GEORGE G.** (2004). Gestion intégrée des l'eau par bassin versant : concepts et application.
- [35] **KHELEF K (2006)**. Etude de la remontée des eaux de la nappe phréatique de Oued-Souf (Sud- Est algérien). Thèse de Master d'école de Management EURO-MED. Université de Marseille. 108 p.
- [36] **KHENTOUCH A (2005)**. Contribution à l'étude quantitative et qualitative de l'érosion dans le bassin versant de Oued Nefla (W. de Batna). Mémoire de Magister en Aménagement en milieu physique.113 p. Université de Batna.
- [37] **Loïc Chauveau.** (1998). Irrigation : le début de la sagesse. Courier de Ministère de l'environnement de France.
- [38] **LOUBIER S.** (2003). Gestion durable des aménagements hydraulique agricole : conséquences sur la tarification et les politiques publiques en hydraulique agricole. Thèse de Doctorat. Université de Montpellier.
- [39] **MAILHOL.J.C.** (2003) UR Irrigation Cemagref Montpellier Avril 2003 Quebec (Canada).
- [40] **Madjara NGUETORA.** (1999). Concept et méthode de gestion des eaux en milieu semi-aride à l'aide d'un système d'information géographique. Application au bassin versant du massili au burkina faso. Thèse de doctorat en Génie Rural école polytechnique fédérale de Lausanne.
- [41] **MARC C (2001)**. Cartes et rapports sur les effets de la remontée des eaux dans la région de Oued Souf.
- [42] **Conseil de l'europe.,** (2005). Elaboration concertée des indicateurs de cohésion social, guide méthodologique.
- [43] **Blindu I.,** (2004). Outils d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques. (Thèse de doctorat).
- [44] **Atba M.,** (2013). Modélisation d'un réseau d'alimentation en eau potable et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG cas de la ville Ghazaout. Université Abou BakrBelkaid– Tlemcen.
- [45] **Cherif FZ .,** (2015). Etude critique et modélisation du réseau d'AEP du chef-lieu de Chetouane (Thèse de Master)
- [46] **Madouni A.,** (2013). Modélisation du réseau d'alimentation en eau potable de la ville

de maghniya avec le logiciel PORTEAU. (Mémoire de Master), Université Abou BakrBelkaid – Tlemcen.

http://porteur.irstea.fr/Presentation/TechniquePorteau3_7.pdf