

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة محمد خيضر - بسكرة

Université Mohamed Khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département : Génie-civil et Hydraulique
Réf :.....



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم: الهندسة المدنية والري
المرجع:.....

THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de doctorat 3^e cycle

En Hydraulique

Spécialité (Option) : Hydraulique Urbaine

THEME :

Aspects de la fiabilisation des systèmes de distribution d'eau potable à faible niveau de comptage et de disponibilité de données. Analyse du patrimoine d'une agglomération algérienne.

Présentée par :
GOUACEM Lassaâd

Soutenue publiquement le : 28 Mai 2025

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Qualité	Etablissement
SEGHAIRI Nora	Professeur	Présidente	Université de Biskra
GUERGAZI Saadia	Professeur	Examinatrice	Université de Biskra
MIMECHE Leila	MCA	Examinatrice	Université de Biskra
GHOMRI Ali	Professeur	Examinateur	Université d'El Oued
MASMOUDI Rachid	MCA	Rapporteur	Université de Biskra

Année universitaire : 2024-2025

Aspects de la fiabilisation des systèmes de distribution d'eau potable à faible niveau de comptage et de disponibilité des données. Analyse du patrimoine d'une agglomération algérienne.

Remerciements

Je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.

Je remercie en particulier, Dr Masmoudi Rachid pour son appréciable soutien et ces précieuses directives. Mes remerciements les plus distingués à tous les enseignants et professeurs qui ont accompagné mon parcours scolaire et mon cursus universitaire.

*Spécial remerciement à tout le staff technique et administratif de l'ADE Médéa pour leur aide
à réaliser ce travail*

*Je ne cesse de remercier tous ceux qui m'ont prêté leur précieuse assistance, je cite en
particulier :*

Pr Triki Zakaria, et Pr Didi Fouzi de l'Université de Médéa

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail aux âmes de mes chers parents, Puisse Dieu Le Tout Puissant et Miséricordieux leur accorder Sa Sainte Miséricorde et les accueille en Son Vaste Paradis.

A ma petite famille : ma femme, mes fils et fille,

A mes frères et sœurs,

A Toute ma grande famille : grands et petits,

A tous mes enseignants et professeurs

A Tous mes amis et proches.

Résumé

L'eau est partie intégrante de la nature. Elle présente une répartition irrégulière dans l'espace et dans le temps à cause du climat qu'elle contribue à définir en retour. L'eau n'est pas toujours présente à l'endroit et au moment de notre souhait.

Malgré que l'eau naturelle soit à l'origine saine et salubre et à portée de l'utilisation humaine, elle est souvent l'objet de multiples agressions provenant surtout des différentes activités exercées par l'homme lui-même.

Selon les experts et les scientifiques du secteur, l'eau douce dans plusieurs régions du monde est notamment menacée par le réchauffement climatique. La situation hydrique en Algérie, déjà touchée par le stress, se voit fragilisée par des tensions supplémentaires de raréfaction de l'eau douce. En réalité, notre pays est classé parmi les pays qui manquent de ressources hydriques, la disponibilité de l'eau est au-dessous du seuil théorique de rareté de l'eau établi par la Banque Mondiale en une quantité de 1 000 mètres cube d'eau disponible par habitant et par an, cette situation de stress hydrique s'empire par de mauvaises pratiques de gestion des systèmes de distribution d'eau conduisant à leur dysfonctionnement qui se traduit alors par la décroissance du niveau de leur performance et la perte de grandes quantités d'eau.

La gestion d'un système d'approvisionnement en eau potable est une approche à long terme qui préserve son état physique et fonctionnel tout au long de son cycle de vie dans le but d'assurer le niveau de performance requis avec un minimum de risque, le tout dans un contexte économique acceptable. La notion de risque dans la gestion des patrimoines de desserte d'eau potable est de ne pas faire suffisamment ou d'améliorer inconvenablement dans l'espace et/ou dans le temps. Les priorités sont définies selon des critères environnementaux, techniques, financiers et fonctionnels.

Les quantités d'eau perdus dans les réseaux étudiés sont excessivement élevées, ce qui requiert de multiplier les opérations d'investigations pour repérer et identifier toutes les fuites, dans le but de les éliminer. De même, il est pressant de déployer rapidement la généralisation de l'utilisation des compteurs. La situation préoccupante de ces réseaux oblige l'exploitant à réduire les taux de pertes en améliorant les performances de ses systèmes, en suivant les recommandations énumérées dans la conclusion.

Mots-clés : *Eau potable, Performance des réseaux, Distribution d'eau, Pertes d'eau, Diagnostic technique.*

المخلص:

الماء جزء لا يتجزأ من الطبيعة. له توزيع غير منتظم في المكان والزمان بسبب المناخ الذي يساعد في تحديده في المقابل. الماء ليس موجودًا دائمًا في المكان والزمان الذي نريد.

على الرغم من أن المياه الطبيعية في الأصل صحية وفي متناول الإنسان، إلا أنها غالبًا ما تكون موضوع اعتداءات متعددة، خاصة من أنشطة مختلفة يقوم بها البشر أنفسهم.

وفقًا للخبراء والعلماء في هذا القطاع، فإن المياه العذبة في عدة مناطق من العالم مهددة بالاحتباس الحراري. إن الوضعية المائية في الجزائر، المتضررة بالفعل من الإجهاد، بسبب التوترات الإضافية لندرة المياه العذبة. الواقع أن بلدنا من بين أفقر البلدان من حيث إمكانيات المياه. وتوافر المياه أقل من عتبة الندرة النظرية التي حددها البنك الدولي وهي 1 000 متر مكعب للفرد في السنة. تتفاقم حالة الإجهاد المائي هذه بسبب سوء إدارة شبكات توزيع المياه مما يؤدي إلى عطشها وانخفاض مستوى أداؤها وفقدان كميات كبيرة من المياه.

إن تسيير شبكة مياه الشرب هي استراتيجية طويلة الأجل تحافظ على حالتها المادية والوظيفية طوال دورة حياتها بهدف ضمان المستوى المطلوب من الأداء مع الحد الأدنى من المخاطر، وكل ذلك في سياق اقتصادي مقبول. إن فكرة المخاطر في إدارة أجهزة مياه الشرب هي كونك لا تفعل ما يكفي أو الذي تقوم به لا يكون بالشكل اللائق والكافي في المكان و/أو الوقت. وتحدد الأولويات وفقا للمعايير البيئية، التقنية، المالية والوظيفية.

الأحجام ومعدلات الخسارة في الشبكات التي تمت دراستها مرتفعة بشكل غير طبيعي، مما يتطلب تحقيقات إضافية لتحديد التسريبات وتحديد مواقعها والقضاء عليها. بالإضافة إلى ذلك، من الضروري تعميم استخدام العدادات. يلزم لهذه الشبكات المثيرة للقلق لأجل تخفيض معدلات الخسارة بها تحسين مستوى أداؤها من خلال التوصيات الواردة في فقرة الاستنتاج والتوجيهات.

الكلمات المفتاحية: ماء الشرب، أداء الشبكات، التشخيص الفني، المياه الضائعة، إمدادات المياه.

Abstract

Water is an integral part of nature. It has an irregular distribution in space and time due to the climate that it helps define in return. Water is not always there when you want it to be.

Although natural water is originally healthy and wholesome and within reach of human use, it is often the subject of multiple aggressions, mainly from different activities carried out by humans themselves.

According to experts and scientists in the sector, fresh water in several regions of the world is threatened by global warming. The water situation in Algeria, already affected by stress, is being weakened by additional tensions of freshwater scarcity. Indeed, our country is among the poorest countries in terms of water potential. The availability of water is below the theoretical scarcity threshold set by the World Bank at 1 000 m³ per capita per year, this water stress situation is aggravated by poor management practices of the water distribution systems leading to their malfunction which results in a decrease in their performance level and the loss of large quantities of water.

The management of a drinking water system is a long-term strategy that preserves its physical and functional condition throughout its life cycle with the aim of ensuring the required level of performance with a minimum of risk, all in an acceptable economic context. The notion of risk in managing drinking water assets is not doing enough or improving inappropriately in space and/or time. Priorities are defined according to environmental, technical, financial and functional criteria.

The volumes and loss rates in the networks studied are abnormally high, which requires additional investigations to quantify, locate and eradicate leaks. In addition, it is therefore essential to generalize the use of meters. The concern state of these networks obliges the operator to reduce loss rates by improving the performance level of these systems through recommendations listed in the conclusion.

Keywords: Drinking water, Networks performance, technical diagnosis, Water losses, Water supply.

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Les aspects et les caractéristiques de l'eau dans la nature	3
Introduction.....	3
I-1 Cycles de l'eau dans la nature.....	3
I-2 Le cycle global et le cycle local de l'eau, les microclimats et le changement Climatique.....	8
I-3 L'eau à l'état naturel, ses caractéristiques et ses principaux paramètres physico-chimiques et chimiques.....	10
I-3-1 L'eau de surface.....	11
I-3-2 L'eau souterraine.....	13
Conclusion.....	16
Chapitre II : Rappel historique sur l'évolution à travers le temps des usages de l'eau et des systèmes d'AEP	16
Introduction.....	16
II-1 L'histoire des captages, du stockage et du transport des eaux potables.....	17
II-2 Historique des systèmes d'approvisionnement en eau potable.....	20
II-3 Pollution de l'eau utilisée et l'évolution des méthodes de traitement de l'eau potable.....	22
II-4 Approvisionnement en eau, santé publique, développement économique et développement durable.....	22
II-4-1 L'importance de l'eau saine pour une santé humaine équilibrée.....	22
II-4-2 L'eau, le développement économique et le développement durable.....	24
II-5 La notion de l'accès à l'eau potable.....	25
II-5-1 L'accès à l'approvisionnement en eau potable dans le monde.....	25
II-5-2 L'accès au service de l'eau potable en Algérie.....	26
II-5-3 Définition du droit des individus à l'eau potable.....	28
A) Le droit des individus à l'eau potable dans le contexte international des droits de l'homme.....	28
B) Les dimensions de la performance du droit à l'eau.....	29
II-6 Ressources en eau.....	30
II-6-1 Les ressources en eau dans le monde.....	30
II-6-2 Les ressources en eau et le stress hydrique en Algérie.....	32
Conclusion.....	35
Chapitre III : Présentation globale du système de distribution de l'eau potable	36
Introduction.....	36
III-1 Procédés de Captage de l'eau.....	36
III-1-1 Captage de l'eau superficielle.....	37
A) Captage en rivière.....	37
B) Captage des eaux dormantes (barrage ou lac).....	39
III-1-2 Captage de l'eau souterraine.....	40

A) Captage des sources.....	40
A) -1 Les types de sources d'eau.....	41
A) -2 Les principaux procédés de captage des sources.....	42
A) -3 Les mesures de protection des captages et les abords.....	43
B) Puits et forages.....	44
B) -1 Le puits.....	44
B) -2 Le forage.....	45
B) -2-1 Procédé de forage par battage.....	46
B) -2-2 Technique de forage à la tarière.....	46
B) -2-3 Technique de forage ROTARY.....	46
B) -2-4 Procédé de forage au : Marteau Fond de Trou (M.F.T)	47
B) -2-5 Technique de forage par havage (procédé Benoto).....	48
B) -2-6 L'équipement du forage.....	48
C) Galeries et tunnels.....	49
D) Puits avec des drains rayonnants.....	50
E) Puits avec des galeries drainantes.....	50
F) Autres techniques de captage d'eau souterraine.....	50
III-2 Installations de pompage.....	52
III-2-1 Pompage de l'eau superficielle.....	52
III-2-2 Pompage de l'eau souterraine.....	54
III-3 Les conduites destinées à l'adduction de l'eau potable.....	56
III-3-1 L'adduction gravitaire.....	56
III-3-2 Le procédé d'adduction par refoulement.....	57
III-4 Usines de potabilisation.....	60
III-4-1 Les normes de potabilité de l'eau produite et les impacts de l'eau polluée sur la sante des individus.....	60
III-4-2 Stations de potabilisation et composition d'une eau brute.....	64
III-4-3 L'adaptation des traitements à l'eau brute.....	65
III-4-4 Les principales phases de production d'eau potable.....	65
A) Les procédés du traitement physique.....	66
B) Les procédés du traitement chimique.....	67
C) Les procédés du traitement physicochimique.....	67
D) Les procédés du traitement biologique.....	68
III-4-5 Les critères de potabilité de l'eau.....	68
III-4-6 Affinage et amélioration des caractéristiques de l'eau potable.....	69
III-4-7 Contrôle des caractéristiques de l'eau potable.....	69
III-5 Les réservoirs de l'eau potable.....	70
III-5-1 Définition du réservoir.....	70
III-5-2 Classification des réservoirs.....	70
III-5-3 Utilité des réservoirs.....	71
III-5-4 Emplacement des réservoirs.....	73
III-5-5 Réservoirs dans la distribution étagée.....	73
III-5-6 Réservoirs supplémentaires d'équilibre.....	73
III-5-7 Altitude des réservoirs.....	74

III-5-8 Capacité des réservoirs.....	74
III-6 Les réseaux de distribution d'eau potable.....	75
III-6-1 Le réseau ramifié.....	77
III-6-2 Le réseau de distribution d'eau à mailles.....	77
III-6-3 Le réseau de distribution d'eau à étages.....	78
III-6-4 Le réseau à alimentation distinctes (ou réseaux doubles)	79
III-6-5 Nature et matériaux des conduites de transport de l'eau potable.....	79
Conclusion.....	80

Chapitre IV : Les méthodes de gestion des systèmes de distribution de l'eau potable.....

Introduction.....	80
IV-1 Entretien du système de distribution de l'eau potable.....	82
IV-2 Les bonnes pratiques de gestion des systèmes d'eau potable et leurs conséquences prévisibles.....	82
IV-3 Analyse du système de distribution de l'eau potable.....	84
IV-3-1 Notions de risque et des priorités dans le contexte de prise de décisions.....	84
IV-3-2 Indicateurs de performance et prix de l'eau servie.....	85
IV-3-3 Critères d'évaluation de la performance des systèmes de distribution de l'eau... ..	86
A) Sécurité et performance des captages et des ressources.....	87
A) -1 Sécurité et performance des captages.....	87
A) -2 Sécurité et performance des ressources en eau potable.....	88
B) Performance des installations de pompage.....	91
C) Performance des stations de potabilisation.....	93
D) Performance des conduites d'adduction.....	94
E) Performance des réservoirs.....	95
F) Performance des réseaux de distribution.....	96
F) -1 Propriétés de l'eau distribuée au niveau du robinet.....	98
F) -2 La continuité de la distribution de l'eau.....	100
F) -3 La sauvegarde de la ressource, du cadre urbain et du milieu environnement.....	100
IV-4 Analyse de la complexité des données spatiales pour la gestion des systèmes d'AEP... ..	101
IV-4-1 Définition d'un SIG.....	102
IV-4-2 Types de données dans un SIG.....	102
IV-4-3 Modes d'acquisition des données.....	102
IV-4-4 Application du SIG aux réseaux distribuant l'eau potable.....	102
Conclusion.....	103

Chapitre V : Quantification des volumes d'eau perdus et évaluation de la performance des réseaux de distribution de l'eau potable de la wilaya de Médéa.....

Introduction.....	104
V-1 Données générales et situation géographique de la wilaya de Médéa.....	105
V-1-1 Historique et situation géographique de la zone d'étude.....	105
V-1-2 Situation géomorphologique de la région.....	106
V-1-3 Situation climatique de la région.....	106
V-2 Objectifs de l'étude, méthodes utilisées de quantification et d'analyse.....	107

V-3 Résultats et interprétations	108
V-3-1 Captages utilisés pour approvisionner les centres testés en eau potable.....	108
V-3-2 Potabilisation de l'eau captée, volumes produits et production brute par habitant.....	109
V-3-3 Les différents volumes d'eau nécessaires à la détermination des pertes et le niveau de performance.....	114
V-3-4 Usagers de l'eau potable et estimation des volumes consommés.....	115
V-3-5 Consommation publique, commerciale et industrielle.....	118
V-3-6 Analyse de la consommation en eau potable des usagers domestiques.....	120
A) État comparatif : Productions – Prélèvements domestiques en eau potable.....	120
B) Variations saisonnières de la consommation en eau potable.....	126
C) Évaluation des volumes d'eau perdus dans les systèmes de distribution de la zone étudiée.....	127
D) Paramètres de performance des réseaux de la région.....	134
D) -1 Le rendement technique primaire des réseaux étudiés.....	134
D) -2 Détermination des valeurs de l'indice linéaire de pertes et de l'indice linéaire des consommations.....	135
D) -2-1 Indices linéaires de pertes.....	135
D) -2-2 Indices linéaires de consommation.....	137
Conclusion.....	138
 Conclusion générale	138
 Références bibliographiques	139

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I-1 : Bilan des quantités d'eau sur Terre (d'après Lvovitch, 1970).....	4
Tableau I-2 : Évaluation du bilan hydrique des continents selon Lvovitch (1970).....	4
Tableau I-3 : Répartition des eaux salées et des eaux douces sur Terre, et volume recyclé annuellement <i>Selon l'UNESCO (2004) et Shiklomanov, Rodda (2004) (repris dans UNESCO (2006))</i>	7
Tableau I-4 : Concentrations des sels dissous dans l'eau naturelle.....	13

Chapitre II

Tableau II-1 : Répartition de l'eau renouvelable sur les continents, superficie et nombre d'habitant par continent.....	31
Tableau II-2 : Transferts d'eau en Algérie - <i>Source</i> : Ministère des ressources en eau.....	34
Tableau II-3 : Stations de dessalement, capacités de production et leurs lieux d'emplacement sur le littoral algérien.....	34

Chapitre III

Tableau III-1 : Les valeurs limites des constituants physicochimiques de l'eau potable selon le décret exécutif n° 11-219 du 12/06/2011.....	62
Tableau III-2 : Lignes directrices des valeurs limites des constituants physicochimiques fixés par l'OMS (2011).....	63

Chapitre IV

Tableau IV-1 : Pratiques d'exploitation recommandées pour les réseaux de distribution d'eau potable.....	83
--	----

Chapitre V

Tableau V-1 : Les variations des températures et des précipitations durant les années 2019 et 2020.....	107
Tableau V-2 : Les variations des moyennes des températures et des précipitations durant 30 ans (source : wheatherbase).....	107
Tableau V-3 : provenance de l'eau alimentant les centres urbains de Médéa (Actualisation arrêtée à la fin de 2020).....	109
Tableau V-4 : Volumes produits et production brute par hab. par centre, région de Médéa, période : 2008-2020.....	112

Tableau V-5 : Consommations et ventes annuelles facturées d'eau par catégorie d'usagers. Usagers avec compteurs et usagers sans compteurs, par centre de la wilaya de Médéa, entre 2008 et 2020.....	116 et 117
Tableau V-6 : Consommations et ventes annuelles globales facturées, wilaya de Médéa, période : 2008-2020.....	118
Tableau V-7 : Les volumes domestiques bruts (VDB) et les productions domestiques brutes (PDB), période 2008-2020.....	122
Tableau V-8 : Volumes d'eau moyens prélevés quotidiennement par chaque individu par centre, wilaya de Médéa.....	124
Tableau V-9 : Évaluation comparative entre les quantités d'eau produites pour chaque habitant et les prélèvements domestiques en eau potable pendant la période 2008-2020.....	125
Tableau V-10 : Volumes d'eau consommés trimestriellement par la population dotée de compteurs, période : 2008-2020.....	126
Tableau V-11 : Coefficients des variations saisonnières de la consommation domestique à compteurs, période 2008-2020.....	127
Tableau V-12 : Volumes perdus et taux de pertes par le bilan (A) : volumes mis \en distribution - consommations totales facturées à partir des réseaux de distribution (consommation domestique totales + consommations des divers usagers)	130
Tableau V-13 : Consommation domestique totale déduite par extrapolation de la consommation de la population munie de compteurs.....	131
Tableau V-14 : Volumes perdus et taux de pertes par le bilan (B) : volume mis en distribution - consommation totales facturées (volumes consommés par la population entière extrapolés des volumes consommés par la population munie de compteurs + volumes consommés par les autres usagers)	132
Tableau V-15 : Rendement primaire des réseaux de distribution de l'eau potable de la wilaya de Médéa en 2020.....	134
Tableau V-16: Les valeurs des rendements primaires spécifiques aux réseaux de la région de Médéa, période: 2016-2020.....	135
Tableau V-17 : Valeurs de l'indice linéaire de pertes spécifiques aux réseaux de distribution de l'eau potable, wilaya de Médéa, en 2020.....	136
Tableau V-18 : Valeurs guides de l'indice linéaire de pertes indiquant les réseaux de distribution de l'eau potable performants (Deb, 1994)	136

Tableau V-19 : Les valeurs des indices linéaires de consommation spécifiques aux réseaux de distribution de l'eau potable wilaya de Médéa, en 2020.....137

Tableau V-20 : Référentiel de la Lyonnaise des eaux (LDE), 2004..... 137

Liste des figures

Chapitre I

Figure I-1 : Le cycle de l'eau.....	5
Figure I-2 : Répartition de l'eau salée et de l'eau douce sur Terre (Julien Morel, 2006)..	6
Figure I-3 : Les étapes du cycle hydrologique global et du cycle hydrologique local.....	9
Figure I-4 : Effets des activités humaines sur le cycle hydrologique (Kravcik et al., 2007).....	10
Figure I-5 : Eutrophisation des eaux d'une rivière.....	13
Figure I-6 : Contact des aquifères avec l'eau marine et échange au niveau du biseau salé.....	15

Chapitre II

Figure II-1 : Citernes d'Himère, Allegro et al. 1976.....	17
Figure II-2 : Le principe de fonctionnement des aqueducs romains et le schéma de principe d'un siphon.....	18
Figure II-3 : Tuyaux en plomb de l'ère grecque- Musée national de Rome – Italie.....	19
Figure II-4 : Le Chadouf	20
Figure II-5 : Roue hydraulique ou « <i>noria</i> ».....	20
Figure II-6 : Porteur d'eau.....	21
Figure II-7 : Fontaine publique coulant dans un bassin.....	21
Figure II-8 : Accès à l'eau potable (%) dans le monde (Source Banque Mondiale, 2022).....	25
Figure II-9 : Carte mondiale montrant la disparité des climats dans les différentes régions du monde.....	30
Figure II-10 : Disponibilité en eau douce renouvelable dans le monde aux horizons : 2000 et (1950, 1995 et 2025).....	31
Figure II-11 : Lieux d'emplacement des stations de dessalement sur le littoral algérien.....	34
Figure II-12 : L'aquifère du Sahara du Sahel (s'étend sur 1 million de km ²).....	35

Chapitre III

Figure III-1 : Description générale d'un système de distribution d'eau potable.....	36
Figure III-2 : Captage d'eau au fleuve du Nil.....	38
Figure III-3 : Position du point de prélèvement par rapport à l'agglomération.....	38
Figure III-4 : Tour de prise d'eau dans un barrage.....	39
Figures III-5 : Captage d'une source.....	40
Figures III-6 : Captage par drain d'une source diffuse.....	42
Figures III-7 : Captage par la méthode du puits appliqué sur une source diffuse.....	43
Figure III-8 : Modes de captage des sources ponctuelles.....	43
Figure III-9 : Captage des eaux souterraines par un forage (dans différentes structures géologiques) ou un puits.....	44
Figure III-10 : Puits en phase de réalisation.....	44

Figure III-11 : Puits en phase d'exploitation.....	44
Figure III-12 : méthodes de réalisation d'un puits ou forage.....	45
Figure III-13 : Une tarière.....	46
Figure III-14 : Schéma d'un « mât » ou « derrick » réalisant un forage par la technique Rotary.....	47
Figures III-15 : Schéma explicatif d'un forage au MFT et procédé de fonctionnement du marteau pneumatique.....	47
Figure III-16 : procédé de forage par havage.....	48
Figure III-17 : Exemple d'équipement de forage.....	49
Figure III-18 : Coupe type d'un drain captant.....	49
Figure III-19 : Procédé de mise en place d'un drain captant.....	49
Figure III-20 : Disposition et connexion des drains avec la galerie drainante.....	50
Figure III-21 : Principe de fonctionnement d'une « foggara ».....	51
Figure III-22 : Vue aérienne d'une « foggara ».....	51
Figures III-23 : Procédé d'exécution d'un forage horizontal.....	51
Figure III-24 : Station de pompage avec 02 groupes électropompes à axe horizontal.....	54
Figure III-25 : Remontée d'une eau prélevée d'un forage	55
Figure III-26 : Aspiration à partir d'une retenue et refoulement vers un bassin d'accum.....	58
Figure III-27 : Captages, étapes de production, stockage et distribution de l'eau potable.....	65
Figure III-28 : Réservoir métallique.....	70
Figure III-29 : Réservoir en maçonnerie.....	70
Figure III-30 : Réservoir en bois.....	70
Figure III-31 : Réservoir semi-enterré (en béton armé).....	71
Figure III-32 : Réservoir surélevé (en béton armé).....	71
Figures III-33 : Schémas descriptifs de réservoirs (surélevé et semi-enterré).....	71
Figure III-34 : Deux branchements particuliers en PEHD Ø25 sur conduite en PEHD Ø90...	76
Figure III-35 : Réseau ramifié.....	77
Figure III-36 : Réseau maillé.....	78
Figure III-37 : Réseau étagé.....	78
Figure III-38 : Tuyaux en fonte grise.....	79
Figure III-39 : Tuyaux en fonte ductile.....	79
Figure III-40 : Tuyaux en acier.....	79
Figure III-41 : Tuyaux en béton armé.....	79
Figure III-42 : Tuyaux en béton à âme de tôle.....	79
Figure III-43 : Tuyaux en béton précontraint.....	79
Figure III-44 : Tuyaux en amiante de ciment.....	79
Figure III-45 : Tuyaux en PVC.....	80
Figure III-46 : Tuyaux en PEHD.....	80
Figure III-47 : Tuyaux en PRV.....	80

Chapitre IV

Figure IV-1 : Les périmètres de protection ou périmètres de captage.....	91
Figure IV-2 : Les diverses réactions dans le réseau d'eau potable (Levi Y., 1995).....	99

Chapitre V

Figures V-1 : Localisation géographique de la wilaya de Médéa sur la carte administrative du pays.....	106
--	-----

Figure V-2 : Description du parcours de l'eau dans le système d'alimentation de l'eau potable.....	115
Figure V-3 : Consommations et ventes annuelles globales facturées, wilaya de Médéa, entre 2008 et 2020.....	118
Figures V-4 : Évolution des volumes d'eau prélevés annuellement par les abonnés commerciaux et publics, par centre.....	119
Figures V-5 : Évolution annuelle de la consommation en eau des industries, par centre.....	119
Figures V-6 : Évolution annuelle de la consommation en eau de la population domestique, par centre.....	120

Introduction générale

L'eau concerne tous les aspects du développement et elle est étroitement liée à la quasi-totalité des objectifs du développement durable. Élément vital par excellence, l'eau alimente la croissance économique et participe à la bonne santé des écosystèmes.

En effet, la croissance économique exige beaucoup d'eau. L'eau est un facteur de production vital, dont la diminution se traduit par un ralentissement de la croissance du fait d'un conséquent recul de la production agricole, la santé, des revenus et de la prospérité.

Un approvisionnement en eau suffisant et constant dans un contexte de stress accru de la ressource est essentiel pour réaliser les objectifs de réduction de la pauvreté à travers le monde. Aussi, il est capital d'élargir l'approvisionnement en eau et sa disponibilité dans les endroits qui l'exigent, cela doit passer par des investissements dans le stockage de l'eau, sa réutilisation et son recyclage, voire son dessalement là où cette stratégie est viable. **(Eau-Banque Mondiale, 01 Juil. 2019).**

L'eau douce dans le monde est notamment menacée par le réchauffement climatique, qui, selon le cinquième rapport du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat **(GIEC du 31 Mars 2014)**, aura des répercussions significatives sur la part des ressources destinées à la consommation humaine. Sècheresse, diminution de la recharge des aquifères, dégradation de la qualité des eaux brutes, ou encore, salinisation des aquifères côtiers sont autant de menaces pour l'alimentation en eau potable **(Bates et al, 2008)**. L'Algérie, déjà touchée par le stress hydrique, se voit menacée par des tensions supplémentaires de raréfaction de l'eau, à des degrés divers selon les régions.

La gestion des systèmes de distribution de l'eau potable :

Au départ, la gestion de l'eau était une habitude sociale et devint à travers le temps une véritable science comportant des concepts, des grandeurs et des méthodes extrêmement rigoureux.

Le système de desserte d'eau potable est généralement constitué d'infrastructures et d'installations ayant pour rôle la satisfaction des besoins en eau d'une population. Les éléments qui constituent ces systèmes d'eau débutent par ceux affectés à son captage, ensuite à son

traitement, son transport et stockage, et enfin aux réseaux de distribution qui alimentent les usagers.

Par cette étude nous tenterons de décrire les problèmes rencontrés par l'eau distribuée tout au long de son parcours à travers les différentes parties du système de desserte d'eau potable, tout en essayant de fournir des méthodes correctives ayant pour rôle l'amélioration des rendements de ce système.

L'Algérie est dotée d'un réseau d'eau potable de près d'une centaine de milliers de kilomètres soit près de 02 fois la circonférence de la terre. Malheureusement, par de mauvaises pratiques de gestion de ce patrimoine, on estime qu'aujourd'hui environ 50% en moyenne des volumes prélevés n'atteignent pas les usagers.

Le défi est de taille, Il est crucial de limiter au maximum les pertes d'eau dans nos systèmes de distribution d'eau potable, car dans certains endroits, seul un litre sur deux produits parvient jusqu'au robinet. Cette déperdition porte atteinte à l'économie nationale et pèse sur les factures. Elle est imputable à une mauvaise gestion des systèmes d'eau potable.

De plus, les faibles performances des systèmes de distribution d'eau potable ont des répercussions néfastes sur l'environnement car elles entraînent une ponction accrue sur une ressource, souterraine et superficielle, déjà fragilisée par diverses actions humaines et que nous devons préserver pour assurer nos besoins présents et futurs dans un contexte de dérèglement climatique. Les derniers rapports des experts sur l'évolution du climat, souligne clairement le risque d'une raréfaction de l'eau sous nos latitudes. Tout le monde devra donc faire en sorte que cette eau ne soit pas dilapidée et gâchée.

En réalité, les systèmes d'eau potable visent à fournir aux consommateurs une eau conforme aux normes de qualité, avec un service satisfaisant et sans interruptions. Pour atteindre ces objectifs de satisfaction, et tout en effectuant des opérations continues d'entretien, de maintenance et de rénovation, les exploitants doivent avoir une vision précise de leur aspiration vis-à-vis de tous les paramètres physiques et fonctionnels pouvant conduire à des niveaux élevés de performance de toutes les parties de leurs systèmes d'AEP.

En fait, les systèmes d'eau potable vieillissent et s'altèrent en raison de multiples facteurs internes et externes (environnementaux, caractéristiques chimiques de l'eau, méthodes de gestion, qualité de la matière utilisée dans la construction et la fabrication des éléments du

système). Le vieillissement et l'altération apparaissent en deux aspects : un aspect lié à la détérioration structurelle des éléments du système et un autre aspect lié au dysfonctionnement hydraulique de celui-ci.

Le fonctionnement hydraulique des conduites est sensible à la topologie des réseaux (leurs configurations spatiales et l'arrangement de leurs éléments). L'indisponibilité de certaines informations ainsi que le problème de faible niveau de comptage alourdissent la tâche de l'exploitant et entravent la bonne gestion de ces systèmes d'eau.

En vue d'une application sur le terrain de tout ce qui a été avancé plus haut, le choix s'est porté sur le patrimoine de desserte d'eau potable des quatre principaux centres de la région de Médéa totalement géré par l'ADE de la wilaya en question. Toutes les informations utilisées à l'élaboration de cette partie du travail émanent de **l'ADE de la wilaya de Médéa**.

Chapitre I : les aspects et les caractéristiques de l'eau dans la nature

Introduction

L'eau est partie intégrante de la nature, elle contribue à modifier chaque jour le visage de la terre. Elle est un facteur écologique important et déterminant pour la flore et la faune.

Dans la nature nous rencontrons l'eau sous de très nombreuses formes : la pluie, le torrent, le fleuve, la mare, l'étang, le lac, le glacier, l'océan sont autant de qualités d'eau ou de milieux.

I-1 Cycles de l'eau dans la nature

On a réalisé des inventaires pour les eaux qui s'écoulent à la surface et aux profondeurs de la Terre (Lvovitch, 1970 ; Baumgartner et Reichel, 1975). La majeure partie des eaux se situe dans les océans, tandis que la majorité des eaux douces sont retenues dans les glaciers et les banquises ou migrent vers les nappes souterraines. La quantité d'eau qui forme les lacs, les rivières et la vapeur d'eau atmosphérique, considérée comme la plus mobile, ne représente qu'une infime proportion de l'hydrosphère. (**Tableaux I-1 et I-2**).

Sur Terre, la répartition spatiale et temporelle de l'eau est incohérente. Toutes les formes de l'eau sont le produit du climat et concourent à sa définition en retour.

Tableau I-1 : Inventaire des eaux terrestres, d'après Lvovitch (1970)

Phases du cycle de l'eau	Volume (10 ³ km ³)	Pourcentage (%)	Temps de séjour (années)
1) Les Océans	1 370 000	93,93	3 000
2) Les eaux souterraines, dont actives	60 000 (4 000)	4,12 (0,27)	5 000 (330)
3) Les glaciers	24 000	1,65	12 000
4) Les lacs	230	0,016	10
5) L'humidité du sol	75	0,005	0,9
6) La vapeur d'eau	14	0,001	0,027
7) Les eaux fluviales	1,2	0,0001	0,033

Le déroulement du cycle de l'eau n'est pas aussi simple qu'on le croit avec des représentations qui sont toujours présentées. La **figure (I-2)** montre que dans le cycle appelé « enveloppe » qui traverse de suite les océans, l'atmosphère et les continents, des petits cycles sont formés sur les océans et les continents, ou dans certaines zones intermédiaires. Selon les données présentées dans le **tableau (I-2)** ci-dessous, un taux de 65% des pluies et des neiges qui tombent sur la terre ferme sont d'origines locales (Tombant sur les zones mêmes de leur origine).

Tableau I-2 : Évaluation du bilan hydrique des continents selon Lvovitch (1970)

	Volume (km ³ /an)	Hauteur (mm/an)
P : Précipitations (P=ET+ES+EV)	108 400	730
ET : Écoulement terrestre	25 100	170
ES : Écoulement souterrain	12 000	80
EV : Évaporation	71 300	480
H : Humectation du sol (H=ES+EV)	83 300	560

De nombreux phénomènes physiques, chimiques et biologiques sont engendrés par le cycle de l'eau, et leurs effets se propagent dans de nombreuses directions. L'humidité de l'atmosphère repartit l'eau sur la surface de la terre. Les réseaux hydrographiques drainent une partie des eaux vers les océans.

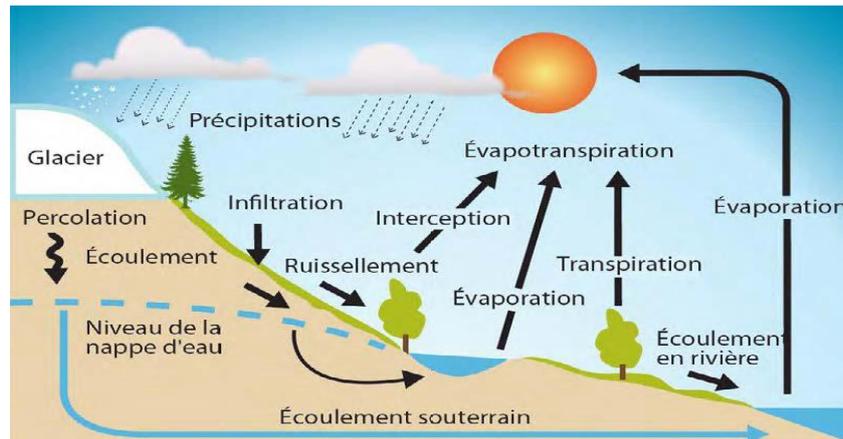


Figure I-1 : Le cycle de l'eau

La répartition de l'eau sur Terre a profondément caractérisé la formation des communautés humaines, les grandes zones de peuplement se sont positionnées le long des rives des lacs et des fleuves. L'organisation de l'espace social a été influencée par le réseau hydrographique en raison des ressources qu'il procure, en premier lieu l'eau qui assure la nourriture, par la pêche et l'agriculture, et offre des facilités de transport (**Guillaume, 1983**).

L'eau n'est pas toujours présente à l'endroit et au moment de notre souhait. De plus, l'homme ne s'est pas contenté de la répartition naturelle des eaux, il modifie sa répartition temporelle par la construction de barrages et d'autres retenues artificielles et dans l'espace par les canaux, aqueducs et conduites.

Dans certains pays, y compris le nôtre, l'eau de mer et des océans est dessalée à grande échelle pour procurer l'eau douce, onéreusement produite, pour des fins de potabilité.

L'eau est considérée comme un élément clé pour l'épanouissement des sociétés humaines. Hormis les activités utilisées dans son milieu (navigation, hydroélectricité, pêche), le cycle prélèvement-utilisation-rejet avec l'accroissement des populations ainsi que le développement des activités économiques nécessitent l'apport d'importantes quantités d'eau (**Durant Dastes, 1977 ; Dezert et Frecaut, 1978**). Également, les activités des sociétés et les activités agricoles influencent, notamment, l'importance de la demande en eau.

L'eau douce est largement consommée par les activités agricoles, l'industrie et les collectivités, celle utilisée par l'agriculture n'est pas du souci de cette étude. L'eau est prélevée dans des milieux naturels tels que les rivières, les lacs et les nappes souterraines, et est régulièrement traitée avec soin avant d'être acheminée vers ses destinations.

L'utilisation de l'eau par l'humanité ne se limite pas à la production et à la santé. L'eau est un moyen d'agrément dans la nature (sensation d'agrément) parce qu'il est le support matériel utilisé par les inspirations (**Litton et al., 1974**). Au sein de toute ville, une eau est un élément du paysage urbain, tel que les quais, les bassins, les jets d'eau, les fontaines, les piscines ou les lavoirs.

La masse d'eau totale de l'hydrosphère n'a pas changé depuis qu'elle a été créée il y a trois milliards d'années. L'énergie solaire est le moteur du changement d'état de l'eau pendant son cycle (**Morel, 2006**).

D'après une étude plus récente faite à ce sujet, la Terre a une quantité d'eau gigantesque, qui s'élève à environ 1,4 milliard de km³ ; 97,5% de cette quantité est constituée d'eau salée, tandis que seulement 2,5% est de l'eau douce, soit environ 35 millions de km³; la glace et la neige permanente représentent 69,5% de l'eau douce, tandis que 30,1% est sous forme d'eau souterraine et 0,27% est sous forme d'eau dans les lacs et rivières.; 0,13% sous d'autres formes : atmosphère, humidité dans le sol, marais, etc... La **figure (I-2)** ci-dessous récapitule cette répartition,

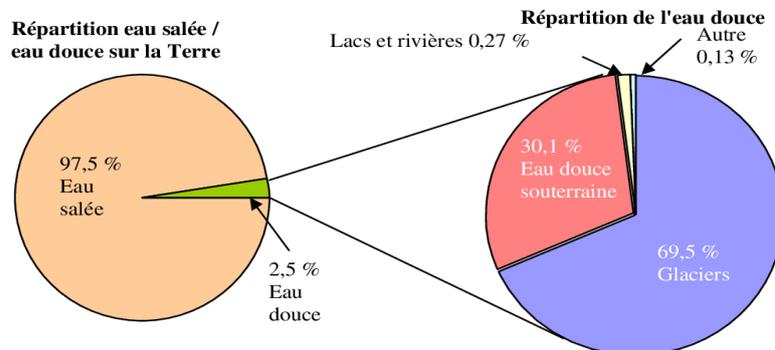


Figure I-2 : Répartition de l'eau salée et de l'eau douce sur Terre (Julien Morel, 2006)

Une répartition plus détaillée est décrite dans le **tableau (I-3)** suivant :

Tableau I-3 : Répartition des eaux salées et des eaux douces sur Terre, et volume recyclé annuellement Selon l'UNESCO (2004) et Shiklomanov, Rodda (2004) (repris dans UNESCO (2006))

Lieu	Volume (10 ³ . km ³)	Répartition de la quantité totale d'eau dans l'hydrosphère (%)	Répartition de l'eau douce (%)	Volume recyclé par an (Km ³)	Durée de renouvellement (années)
Océan	1.338.000	96,5	-	505.000	2.500
Eau souterraine (gravite et capillarite) ¹	23.400	1,7	-	16.700	1.400
Eau douce souterraine	10.530	0,76	30,1	-	-
Humidité du sol	16,5	0,001	0,05	16.500	1
Glaciers et couverture neigeuse permanente	24.064	1,74	68,7	-	-
Glace du sol (Permafrost ²)	300	0,022	0,86	30	10.000
Eau dans les lacs :	176,4	0,013	-	10.376	17
- (Douce)	91	0,007	0,26	-	-
- (Salée)	85,4	0,006	-	-	-
Marais, marécages	11,5	0,0008	0,03	2.294	5
Eau de rivières	2,1	0,0002	0,006	43.000	16 jours
Eau des plantes et animaux	1,1	0,0001	0,003	-	-
Eau dans l'atmosphère	12,9	0,001	0,04	600.000	8 jours
Volume total de l'hydrosphère ³	1.386.000	100	-	-	-
Eau douce totale	35.029,2	2,53	100	-	-

¹A l'exception de l'eau souterraine de l'Antarctique, estimée à 2 millions de km³, dont 1 million de km³ d'eau douce.
²Permafrost : Sol perpétuellement gelé des régions arctiques (Région entourant le pôle Nord de la Terre).
³Hydrosphère : est la partie liquide présente sur la Terre (eau liquide, glaces et neiges, vapeur d'eau et même l'eau contenue dans la faune et la flore.

Les périodes de renouvellement au cours de l'année soulignent l'instabilité temporelle de cette répartition : Il y a un renouvellement de 577 000 km³ d'eau sur Terre, ce qui représente l'eau qui s'évapore des océans (502 800 km³) plus l'eau qui s'évapore des continents (74 200 km³). Lors des précipitations, cette eau se déverse en différentes proportions : une proportion sur les océans = 458 000 km³, et une autre proportion sur les continents = 119 000 km³. La différence entre les précipitations et les évaporations sur les continents (terre ferme) est de 119 000 - 74 200 = 44 800 km³/an. Ce dernier volume est le total des quantités d'eau qui s'écoulent dans les rivières et les oueds (42 600 km³/an) et les eaux souterraines qui s'écoulent dans l'océan (2 200 km³/an) (Shiklomanov, 1999).

Le volume d'eau douce s'écoulant sur la Terre s'élève à 45 000 km³, mais seulement 10 000 à 12 000 km³ sont utilisables. Une partie de l'eau s'écoule dans des zones inhabitées, une partie s'écoule trop rapidement pour être stockée (lors des crues) et une autre partie continue de

s'écouler au sein des écosystèmes naturels et des nappes souterraines sans être utilisée, tout en protégeant les équilibres et les dynamiques des écosystèmes naturels.

L'impact de l'eau sur la nature est très important, en effet, la masse d'eau dans les océans détermine le climat sur la Terre. La mer façonne les contours des continents, elle sculpte les côtes par les actions d'abrasion ou de dépôts.

En général, l'eau est un liquide mobile sans rigidité, qui coule facilement, remplit les vides et les interstices et s'étale sur les surfaces.

L'eau est le facteur essentiel de modelage du relief terrestre (formation de gorges, enfoncement de méandres, deltas, etc...). Au cours du temps, l'eau a formé des paysages karstiques où les précipitations s'infiltrent en totalité dans les réseaux souterrains empruntant avec des vitesses souvent importantes et complexes des fissures et des cavités tout en dissolvant le calcaire et agrandissant progressivement les voies d'infiltration.

I-2 Le cycle global, le cycle local, les microclimats et le changement climatique :

Le cycle global ou grand cycle (Figure 03) est constitué par des échanges perpétuels effectués par l'eau entre l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère (ensemble des êtres vivants qui se développent sur la Terre). Le moteur de ce cycle comme on l'a déjà mentionné, est l'énergie solaire par l'émission de son rayonnement et la transmission de son énergie thermique. Les quantités d'eau qui résultent du cycle hydrologique global varient considérablement selon les régions du monde. Il y a une abondance d'eau dans certaines régions comme l'Europe, l'Amérique du nord ; dans plusieurs parties du monde, elle est rare, comme dans les grands déserts de l'Afrique du nord, de l'Afrique australe, de l'Australie et du Moyen-Orient.

Un cycle hydrologique local se présente sous une forme plus restreinte du cycle hydrologique global. Les phénomènes de l'évapotranspiration et des précipitations varient en fonction des circonstances climatiques et environnementales de la région ou du bassin versant où ils se trouvent.

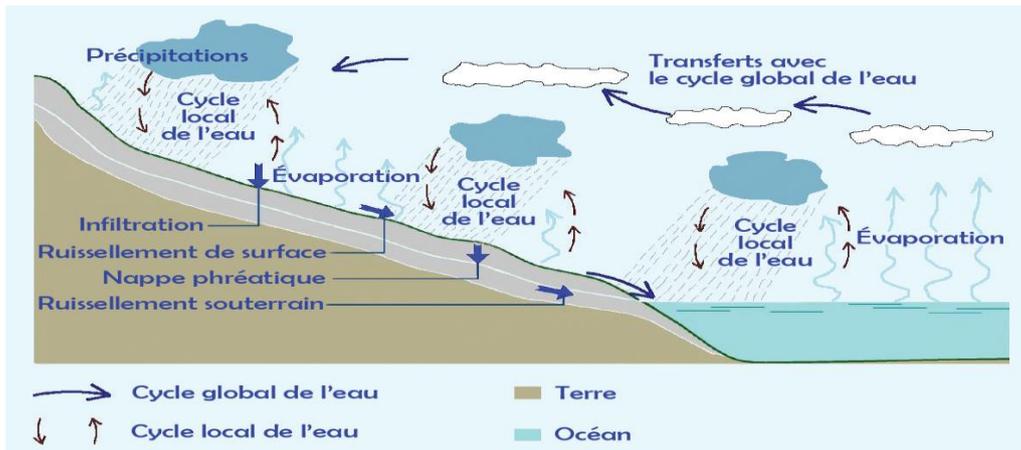


Figure I-3 : Les étapes du cycle hydrologique global et du cycle hydrologique local

La thermorégulation locale de la planète Terre dépend fortement de la quantité d'eau présente dans l'air, sur les sols et dans les sous-sols. Comme on l'a vu précédemment, deux tiers des précipitations sur les sols émanent du cycle local de l'eau. L'équilibre du cycle de l'eau est fragile. Si le cycle local est modifié, le microclimat est par conséquent perturbé entraînant le : **changement climatique.**

En outre, sur les sols secs, nus ou imperméabilisés (en milieu urbain), l'eau ne pénètre plus dans le sous-sol, mais s'écoule à sa surface. Le ruissellement rapide sur le sol des eaux émanant des précipitations et qui conduit à une diminution des quantités d'eau évaporées et infiltrées, a un impact négatif sur la recharge des nappes phréatiques. L'approvisionnement en eau produite localement est ainsi diminué.

Quand l'eau manque dans le sol et dans l'air, des conditions thermiques extrêmes prédominent pour engendrer une hausse des températures locales, et donc une influence sur les directions et les variations d'intensité des vents et des nuages. Cela entraîne une modification de la fréquence et de l'intensité des précipitations, ce qui a un impact sur le microclimat. En additionnant les changements climatiques à petite échelle, le cycle de l'eau et du climat subit un dérèglement global sur notre planète.

Les perturbations du cycle local de l'eau sont causées par les activités humaines telles que la déforestation, l'agriculture intensive, l'urbanisation massive et l'industrie. Ces actions perturbent, d'une part, l'équilibre naturel entre les phénomènes qui donnent naissance aux précipitations, la recharge en eau des nappes phréatiques, et des cours d'eau, et affectent, d'une autre part, les phénomènes des évapotranspirations, qui aident au rafraîchissement de l'air et au

maintien d'une couverture nuageuse (**Figure I-4**). Les prélèvements abusifs et non étudiés d'eau par l'homme, les aménagements effectués sur les sols et les modifications exercées sur la végétation dérèglent fortement le climat global. Les besoins croissants des activités humaines en une eau insuffisante et polluée en partie conduisent à une situation de **stress hydrique**.

Heureusement, le changement climatique peut être inversé. Il suffit d'assurer la remise des eaux à leur place sur terre et dans le sous-sol et de procéder simplement à la mise en place de certaines initiatives à caractère local, dans le but de rétablir un fonctionnement naturel du cycle hydrologique local

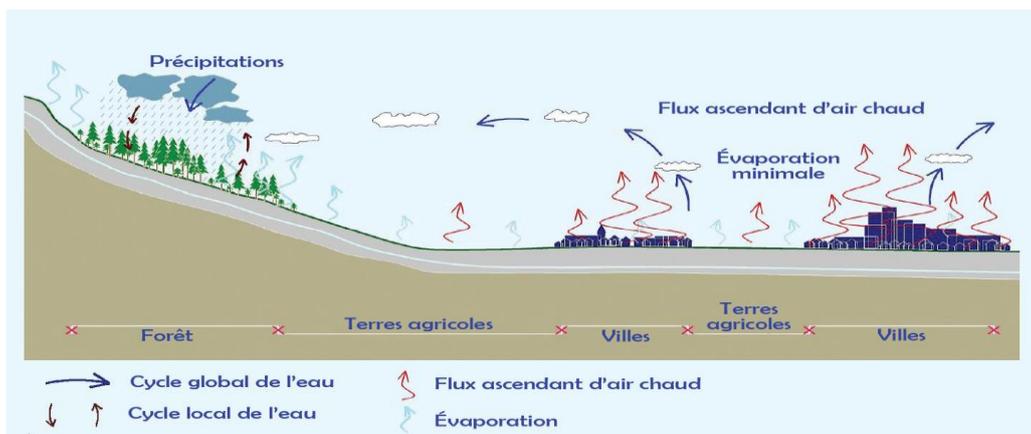


Figure I-4 : Effets des activités humaines sur le cycle hydrologique (Kravcik et al., 2007).

I-3 L'eau à l'état naturel, ses caractéristiques et ses principaux paramètres physico-chimiques et chimiques

En raison de la croissance démographique humaine, l'urbanisation intensifiée sous l'effet de l'expansion des villes, les changements climatiques souvent causés par les pratiques humaines, l'eau naturelle originellement saine et salubre et à portée de l'utilisation humaine, est souvent l'objet de multiples agressions provenant surtout des différentes activités exercées par l'homme lui-même (agriculture, élevage, rejets urbains, industriels,...) provoquant la dégradation de sa qualité par des contaminants chimiques et biologiques. Une autre forme de dégradation de l'eau douce est l'augmentation du taux de salinité au niveau des lacs et des nappes phréatiques, causée essentiellement par les changements climatiques et la diminution de la fréquence des pluies, surtout pendant la période estivale.

Dans la partie suivante, il nous a paru nécessaire de présenter les différentes caractéristiques physico-chimiques et chimiques de l'eau naturelle sous ses deux types, souterraine et de surface (Walaa Diab, 2018)

I-3-1 L'eau de surface

L'eau de surface, également appelée eau superficielle, est constituée de l'ensemble des masses d'eau courantes ou stagnantes, douces, saumâtres ou salées qui sont en contact direct avec l'atmosphère (cours d'eau, océans, mers, lacs et eaux de ruissellement). Les eaux qui se trouvent à proximité de la surface du sol sont incluses parmi les eaux de surface.

Les eaux de surface sont de deux types, les eaux courantes (fleuves, rivières, oueds,) et les eaux dormantes (mares, étangs, lacs naturels ou artificiels,) avec des profondeurs variables, elles sont caractérisées par une surface libre toujours en contact avec l'atmosphère ambiant et en mouvement permanent avec une vitesse variable. Dans le cas des retenues ou des lacs, la surface d'échange entre l'eau et l'atmosphère est presque invariable. Les eaux superficielles déterminent les zones humides des continents, contribuent essentiellement à la formation de la biodiversité des écosystèmes par la forme libre et constituent la base des formations végétales.

Généralement, les eaux de surface sont riches en oxygène et pauvres en dioxyde de carbone et sont dotées d'une composition extrêmement variable, ceci est dû à la nature des terrains et des sites traversés et aux échanges eau-atmosphère, ce qui définit leurs propriétés physico-chimiques et bactériologiques. Il faut noter que ces eaux sont constituées en proportions variables de : gaz dissous (l'oxygène, le gaz carbonique, l'azote, etc...), matières en suspension (matières organiques, planctons,) et subissent les effets des variations saisonnières du milieu ambiant (température, chute de feuilles des arbres, etc...). Les eaux de surface sont rarement potables sans traitement en raison de l'influence de tous ces paramètres. Habituellement, elles sont polluées par des bactéries, et il est possible que les pollutions viennent soit d'environnements urbains (eaux usées domestiques, stations d'épuration des eaux usées, etc...), soit des eaux qui proviennent des industries, ou encore issues des activités agricoles (pesticides, herbicides, nitrates, déchets organiques, etc...).

Explorons les principaux paramètres physico-chimiques et chimiques pour décrire les propriétés de qualité d'une eau de surface douce :

- a- Température : Elle détermine le degré de solubilité des sels et des gaz dont l'oxygène, potentiellement nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique.
- b- pH : celui d'une eau naturelle varie entre 04 et 10, la valeur du pH varie en fonction de la nature acide ou basique des gisements traversés.
- c- Conductivité électrique (Ec) : La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique s'exprime généralement en $\mu\text{s/cm}$ (microsiemens par centimètre).
- d- Potentiel redox (Eh) : Le potentiel redox (ou disponibilité en électrons) affecte les états d'oxydation des éléments : H, C, N, O, S, Fe ... Plus une eau est oxygénée, plus les conditions d'oxydation dominant. Quand les concentrations en oxygène diminuent, le potentiel redox est réduit et le milieu devient plus réducteur* (démuni d'oxygène). Le potentiel redox se mesure en mV (millivolts).
- e- Matières en suspension (MES) : L'eau de surface contient toujours des matières en suspension qui comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas. Les MES incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faibles dimensions, le plancton et autres microorganismes de l'eau. La concentration en MES varie selon les saisons et dépend du régime d'écoulement des eaux. Les MES affectent la transparence de l'eau et diminue la pénétration de la lumière ce qui altère le processus de photosynthèse.
- f- Dureté de l'eau (ou titre hydrotimétrique) : La dureté de l'eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+ , et H^+). La dureté d'une eau s'évalue par le nombre de milligrammes de CaCO_3 par litre.
- g- Oxygène dissous (OD) et % de saturation en oxygène : La principale source de l'oxygène dissous (OD) est l'air et la photosynthèse des algues et des plantes aquatiques. Une eau de qualité est définie par une teneur de 4 à 6 mg d' O_2 par litre. La concentration en O_2 dissous peut être exprimée en % de saturation en oxygène.
- h- Chlorophylle : La chlorophylle qui témoigne de la présence d'organismes photosynthétiques et d'algues indique le degré d'eutrophisation de l'eau des rivières et des lacs (**Figure I-5**).



Figure I-5 : Eutrophisation des eaux d'une rivière

Les pluies, issues essentiellement de l'évaporation des eaux de mers et de l'évapotranspiration des continents, donc originellement douces et pures, se chargent de minéraux de l'atmosphère. Les sels dissous ont une concentration totale de 07 g/m³ dans cette eau. En ruisselant et en s'infiltrant dans le sous-sol, les eaux provenant des pluies se chargent de tous les minéraux et matières organiques qu'elles traversent. En moyenne les eaux de rivière ont une charge en sels dissous de l'ordre de 120 g/m³. **Le tableau (I-4)** suivant détaille les concentrations en différents sels dissous dans l'eau de pluie, l'eau des rivières et l'eau marine,

Tableau I-4 : Concentrations des sels dissous dans l'eau naturelle

Concentrations en sels dissous (g/m³)	Total	Na+	K+	Mg²⁺	Ca²⁺	Cl-	HCO₃⁻	SO₄²⁻	SiO₂
Eau de pluie	7	1,7	0,3	0,4	0,2	3,7	0,2	0,5	0
Eau de rivière	120	8	3	5	12	9	60	10	13
Eau de mer	35.000	11.000	400	1.200	500	19.000	200	2.700	0

I-3-2 L'eau souterraine

On appelle eau souterraine, toute eau contenue dans des aquifères de natures très variées, définies par la porosité et les structures du terrain. Ces paramètres déterminent le type de nappes, le mode et la vitesse de circulation des eaux. Les caractéristiques chimiques d'une eau sont directement liées à la composition géologique des gîtes après l'établissement d'un équilibre entre la constitution chimique du sol et celle de l'eau. Ce type d'eau est propre et naturellement potable car elle est moins sensible aux pollutions accidentelles.

Les nappes sont limitées en bas par des couches de sol ne laissant pas passer l'eau (couches imperméables). Les nappes peuvent être libres, si elles sont couvertes par un sol perméable, ou

captives si elles se localisent sous une couche de sol imperméable. Les nappes libres, en particulier les nappes alluviales, qui sont directement alimentées par les eaux de surface infiltrées, sont plus exposées à une pollution, que les nappes captives, potentiellement protégées par une couche imperméable.

Il est à noter que lorsqu'une ressource souterraine est polluée, il est presque impossible de récupérer sa pureté d'origine. La pollution ayant atteint à la fois l'eau et la structure du sol la contenant.

L'eau de pluie est légèrement acide du fait de sa teneur en CO₂ dissous. Au cours de son infiltration dans le sol et le sous-sol, elle se charge en ions et acquiert des propriétés physiques et chimiques qui caractérisent l'eau de la nappe qu'elle forme, les eaux souterraines sont plus ou moins minéralisées en fonction de :

- ✓ La nature des roches traversées et les minéraux rencontrés au cours de l'infiltration.
- ✓ Du temps de contact de l'eau avec les minéraux, donc de la vitesse de percolation de l'eau dans le sous-sol.
- ✓ Du temps de renouvellement de la nappe par les eaux infiltrées.

L'eau souterraine peut, dans certaines circonstances, contenir des proportions d'éléments chimiques qui dépassent les normes requises de potabilité [ex : Fer, Manganèse, H₂S (sulfure d'hydrogène), Fluor, Arsenic, etc....] ce qui rend son traitement obligatoire avant sa distribution.

Comme il a été mentionné plus haut, dans l'aquifère il s'établit un équilibre entre la composition chimique de l'eau et celle des roches : l'eau prend une minéralisation qui demeure stable dans le temps et sert à caractériser un faciès hydro-chimique propre à cette eau :

- Dans les terrains cristallins (granitiques), sableux et gréseux, c'est-à-dire riche en minéraux siliceux et silicates : les eaux sont douces, elles sont peu minéralisées mais acides et agressives pour les conduites, c'est le cas des eaux des gisements sableux de l'Albien et de l'Oligocène.
- Dans les réservoirs calcaires les eaux sont dures, moyennement à fortement minéralisées en sels de Calcium et Magnésium : elles entartrent les conduites, c'est le cas des eaux des nappes de Craie. Dans les eaux karstiques, l'eau peut se charger de particules argileuses en suspension lors des fortes pluies.

- En contact du gypse, fréquent dans les formations tertiaires, l'eau se charge en Sulfates de Calcium et devient dure (Séléniteuse).
- En bordure de mer, les aquifères peuvent être en contact avec l'eau marine, d'où l'échange au niveau du biseau salé. Les eaux douces peuvent être contaminées par les embruns (aérosols) salés ou par voie de mélange avec les eaux d'infiltration. La propagation de l'eau de mer dans la nappe phréatique est accentuée par les pompages abusifs des nappes côtières (figure I-6).

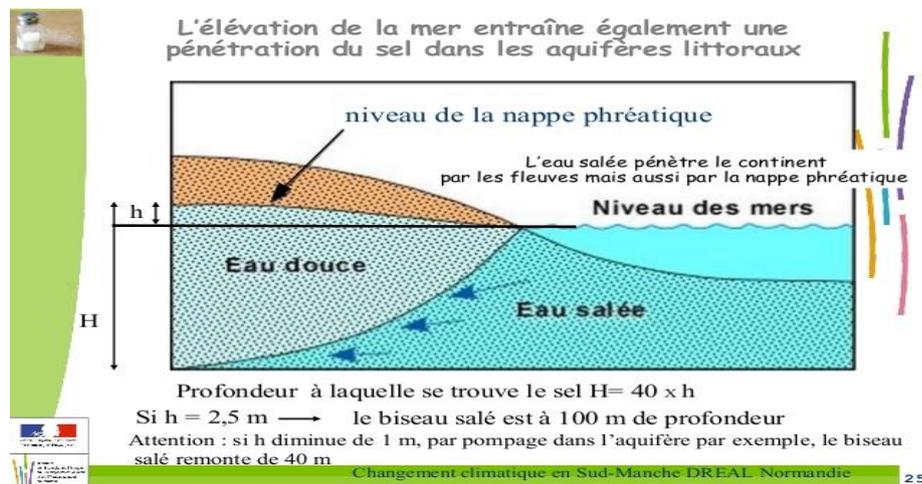


Figure I-6 : Contact des aquifères avec l'eau marine et échange au niveau du biseau salé

- L'eau des nappes alluviales détient une qualité qui dépend de celle de la nappe ou du cours d'eau qui l'alimente.

La qualité d'une eau souterraine est caractérisée par un nombre de paramètres physiques et chimiques déterminant à leur tour les caractéristiques organoleptiques immédiatement perceptibles par l'utilisateur, les paramètres pris en considération sont :

- ✓ La dureté qui correspond à sa minéralisation en Calcium et Magnésium. Une eau dure est plus riche en sels minéraux et a un effet protecteur vis-à-vis de certaines maladies cardiovasculaires ; cependant, elle est contre-indiquée en cas de troubles liés à l'hypertension. En augmentant sa température, une eau dure présente deux problèmes qui concernent les tâches ménagères :
 - Formation de tartre qui endommage les appareils et diminue l'efficacité des systèmes de production d'eau chaude, ce qui entraîne une surélévation des coûts d'énergie.
 - Le second problème concerne les savons et détergents. En effet dans les eaux dures chargées en ions positifs, ces produits sont moins efficaces et doivent être mis en plus grandes quantités pour un résultat équivalent.
- ✓ Le pH qui dépend de la teneur en ion H_3O^+ (ion hydronium). Le pH conseillé de l'eau potable doit se situer entre 6,5 et 8,5 ; il mentionne la qualité de l'eau. Le pH indique l'acidité ou l'alcalinité de l'eau.

- ✓ La teneur en gaz dissous issus de l'atmosphère (O₂, CO₂, Azote, Méthane, etc.) : L'eau dissous certains gaz au contact avec sa surface. Les gaz peuvent rester à l'état moléculaire (cas de l'oxygène et l'azote) ou passer sous forme d'ions (cas du dioxyde de carbone qui devient du carbonate ou du bicarbonate et des ions hydrogène). Plus la température augmente, plus la quantité de gaz dissous dans l'eau diminue. La présence de gaz dissous dans les eaux souterraines, peut occasionner différents problèmes liés à la sécurité des personnes qui y sont exposées. Les gaz comme le méthane, le gaz carbonique qui sont inodores jaillissent des robinets d'eau chaude et peuvent être explosifs ou suffocants, surtout dans les enceintes basses, closes ou non aérées (stations de pompage, tubes de forages,).
- ✓ La teneur en substances minérales : généralement, l'eau contient beaucoup de substances minérales présentes sous forme d'ions dissous dont les plus importants sont le calcium Ca²⁺, le magnésium Mg²⁺, le sodium Na⁺, le potassium K⁺, les carbonates CO₃²⁻, les bicarbonates HCO₃⁻, les sulfates SO₄²⁻, les chlorures Cl⁻ et les nitrates NO₃⁻. Ils proviennent essentiellement du lessivage des couches sédimentaires par les eaux issues des pluies. Dans une eau non polluée, la concentration en substances minérales varie entre 1 mg/l et 1 g/l. L'eau potable peut contenir des concentrations importantes en matières minérales qui engendrent des goûts et des odeurs désagréables directement perceptibles par le consommateur.

Conclusion

L'eau douce dans le monde est menacée par le réchauffement climatique. Sur Terre, la répartition spatiale et temporelle de l'eau est incohérente. La plus grande proportion des pluies et des neiges qui tombent sur la terre ferme sont d'origines locales.

Chapitre II : Rappel historique sur l'évolution à travers le temps des usages de l'eau et des systèmes d'AEP

Introduction

L'histoire de l'homme et celle de l'eau sont étroitement liées. En effet, les premiers groupements humains ainsi que les premières civilisations s'installèrent près des points d'eau. Il y a très longtemps, l'homme a cherché à maîtriser l'usage de l'eau et les manières d'en procurer là où il en avait besoin et en quantités suffisantes en aménageant des points d'eau sur

les sites où il vit en creusant des puits et en construisant des citernes, avec le soin d'évacuer les eaux usées par des moyens appropriés, novateurs à l'époque.

II-1 Captage, stockage et transport de l'eau potable à travers l'histoire :

Dans les villes grecques de Sicile, à l'époque archaïque, le mode d'approvisionnement en eau était le puits : les premiers puits datent de 6 000 ans av. J.C. A partir du VI^e siècle av. J.C, l'homme a eu recours progressif à un autre type d'aménagement hydraulique qui est la citerne (c'est dans la cité chalcidienne d'Himère en Italie que sont attestées les premières citernes) définie comme un dispositif qui emmagasine en particulier les eaux pluviales, et conserve de l'eau provenant d'une origine plus ou moins éloignée (**figure II-1**). L'homme a ensuite maîtrisé le captage de l'eau par un nouveau moyen dit Qanât : c'est une sorte de drain presque horizontal : la galerie est creusée dans le sens inverse de l'écoulement de l'eau depuis le sol en montant très légèrement jusqu'à atteindre la nappe phréatique. Ainsi l'eau est captée et grâce à la légère pente de la galerie s'écoule vers l'extérieur où elle sert à différents usages. Ce dispositif toujours utilisé, existe depuis une trentaine de siècles, on en trouve par exemple : chez nous au sud algérien, dans certains pays de l'Afrique du Nord, en Irak, en Iran, en Andalousie, ...

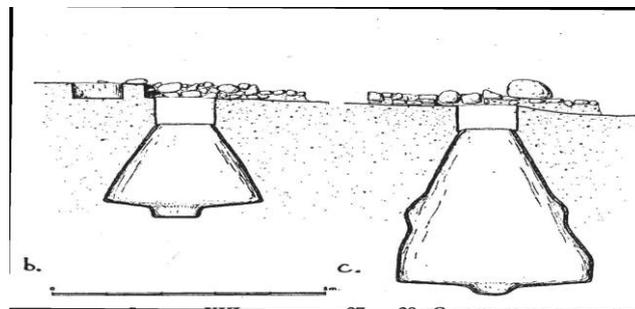
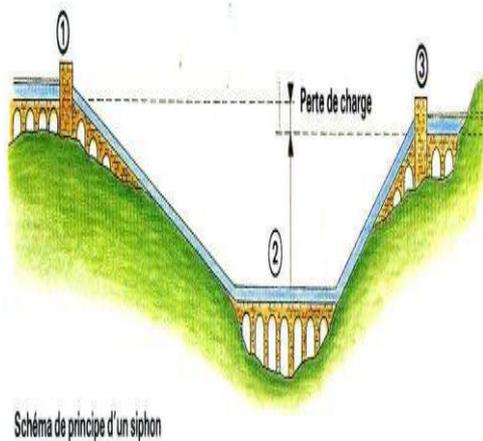


Figure II-1 : Citernes d'Himère, Allegro et al. 1976

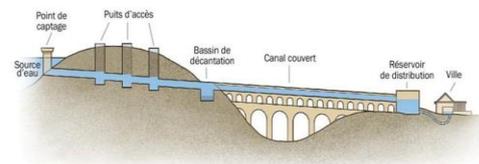
A une époque lointaine, en Chine, aux Indes, en Égypte, dans l'empire Romain, grâce à l'édification d'importants ouvrages hydrauliques, la répartition de l'eau a été modifiée dans le temps par la construction de barrages et des retenues, et dans l'espace par la réalisation de canaux et d'aqueducs. (**Eaupuscule, P. Hubert, 1984**). La construction de barrages est une technologie très ancienne pour le stockage de l'eau, elle date de 3 000 ans avant notre ère. Un barrage fut construit en 2 900 ans av. J.C s'appelant barrage de Kosheish d'une hauteur de 15 m, un autre barrage fut construit sur un affluent du Nil 2 850 ans av. J.C haut de 12 m.

Quand on a su capter l'eau, su la mettre en réserve, il faut encore pour l'utiliser, la transporter là où nous vivons. En fait, les aménagements conçus pour le transport de l'eau ne sont qu'une transposition artificielle des rivières et des cours d'eau que les hommes observaient depuis toujours.

Le premier canal de transport d'eau destinée à l'irrigation d'une longueur de 15 km fut creusé vers l'an 7 000 avant notre ère, à proximité de la ville de Jéricho. D'autres canaux beaucoup mieux attestés ont été réalisés en Égypte, en Mésopotamie (Irak), en Chine etc. (ex. les procédés d'irrigation des jardins suspendus de Babylone). Les Romains ont perfectionné les aqueducs en inventant le pont aqueduc et l'utilisation du principe de siphon, déjà inventé par les Grecs (**figures II-2**). Le plus fameux aqueduc des Romains est Le pont de Gard (en France) construit entre 40 et 50 après J.C, long de 275 mètres et d'une hauteur de 48,77 m, amenant un débit d'eau de 20.000 m³ par jour.



Le fonctionnement des aqueducs romains



Figures II-2 : Le principe de fonctionnement des aqueducs romains et le schéma de principe d'un siphon

En général, l'aqueduc amène l'eau à l'entrée de la ville dans un château d'eau de répartition d'où partent des tuyaux en plomb alimentant différentes catégories de consommateurs dont certains pouvaient être prioritaires (**figure II-3**). Les réseaux de distribution, comme aujourd'hui, ont nécessité la mise en œuvre de beaucoup de tuyaux déjà utilisés pour l'adduction locale, les plus répandus étaient en terre cuite. Les systèmes de distribution de l'eau comportaient non seulement des tuyaux, mais aussi des robinets, le plus souvent en bronze du type robinet à boisseau, certains âgés de vingt siècles existent et fonctionnent toujours.



Figure II-3 : Tuyaux en plomb de l'ère grecque- Musée national de Rome - Italie

Les machines élévatrices d'eau furent inventées pour pouvoir surélever l'eau d'un niveau inférieur à un niveau plus haut, là où elle est utilisée (manipulation de seaux, Chadouf, roue élévatrice, vis d'Archimède, le tympan). L'eau amenée est utilisée à des fins utiles ou agréables : fontaines simples, luxueuses ou grandioses, bains publics et privés, douches, latrines (toilettes), etc....

Dans d'autres régions du monde et loin des villes romaines civilisées qui menaient des vies de luxe et de richesses avec une eau abondantes et de bonne qualité, le transport de l'eau se faisait à bout de bras, à l'aide de seaux ou de récipients à anses. Le transport de l'eau s'effectuait aussi sur la tête dans des poteries ventruées (bombées). Quand la distance est longue, on utilise charrettes et tonneaux.

Du point de vue qualité de l'eau, cette problématique a été évoquée par Hippocrate de Cos, le plus connu des médecins antiques, qui écrivait déjà au V^e siècle av. J.C « *Une bonne eau ... doit être limpide, légère, aérée, sans odeur ni saveur sensibles, chaude en hiver et froide en été* ». Hormis son appréciation sur la température, ce sont exactement les qualités que l'on exige aujourd'hui.

En Andalousie, l'histoire confirme que les arabes ont eu l'antériorité de procurer et d'acheminer de l'eau à partir de diverses ressources superficielles soient-elles ou souterraines. La langue espagnole déborde de termes arabes ayant une relation avec les techniques utilisées dans le captage, l'adduction et le stockage de l'eau, citons par exemple : la *khettara*, *Chadouf* (**figure II-4**), *Naoura* ou *noria* (**figure II-5**), *Douleb*, *Senia* et *qanât*.



Figure II-4 : Le Chadouf



Figure II-5 : Roue hydraulique ou « noria »

Les ingénieurs musulmans de l'époque n'ont pas fait que de profiter des ouvrages hydrauliques bâtis par les romains, ils ont introduit de nouveaux savoir-faire, des techniques inédites et performantes, une diversification des usages de l'eau comme la diversité des canaux, l'édification de ponts, de barrages et de digues, la multiplication des ouvrages de protection contre les crues, la dérivation des cours des fleuves. Tout ceci est essentiellement basé sur une riche expérience de terrain qui a mené à des progrès considérables réalisés dans la maîtrise et l'exploitation des eaux souterraines et de surface (L. Devulder, 1999-2000 ; S. Bouffier, 2017 ; R. L. Nace, 1969).

II-2 Historique des systèmes de distribution de l'eau :

Le premier dispositif de distribution de l'eau pour alimenter toute une ville, dans le sens moderne, fut établi à Paisley en Ecosse en 1804 par "John Gibb" dans le but d'approvisionner en eau sa blanchisserie et par la suite la ville toute entière.

Au XVIII^e siècle, dans les villes européennes, le recours aux porteurs d'eau était, généralement, la seule façon d'obtenir de l'eau à domicile (**figure II-6**), puis arrive l'époque de la mise en place des fontaines publiques dans le sens moderne (**figure II-7**). Les méthodes d'approvisionnement demeuraient inefficaces pour assurer une alimentation suffisante et surtout permanente en eau (Masmoudi, 2009). La faible consommation en eau et les répercussions d'arriérations sur les populations, surtout vis-à-vis de leur santé avaient pour causes essentielles, les moyens primitifs de transport d'eau, le coût élevé du service à domicile, les équipements utilisés pour le captage de l'eau, et enfin, les moyens utilisés pour l'évacuation des eaux usées.



Figure II-6 : Porteur d'eau



Figure II-7 : Fontaine publique coulant dans un bassin

Au début de la deuxième guerre mondiale, donc à l'ouverture au développement technologique et économique, les industries naissantes ainsi que les populations réclamaient non seulement un apport important et régulier en eau mais aussi avec une bonne qualité.

Au cours des années, la distribution de l'eau à travers des réseaux, largement développée, est devenue payante et fut acceptée par la société. En effet, trois coûts sont associés à la fourniture de l'eau (et son évacuation) : le premier, concerne le prélèvement, le second, à la production et au transport jusqu'aux consommateurs et le troisième, à la collecte et à la dépollution des eaux usées avant leur largage dans les cours d'eau naturels (**Masmoudi, 2009**).

L'usage des robinets n'est devenu courant qu'au XIX^e siècle, la distribution de l'eau sous pression incita les ingénieurs et les fabricants de l'époque à résoudre plusieurs problèmes : la fabrication des conduites métalliques, les branchements, les vannes, les robinets, les appareils de mesure, les joints de raccordement étanches. En prenant en compte les lois de l'hydrodynamique, on a pu déterminer les différents diamètres des conduites, principales et secondaires. Les premiers servis des populations sont les habitants des grandes villes puis vint le tour des habitants des campagnes.

La création des réseaux d'eau et le raccordement des habitants à ces réseaux a mis fin à de nombreux aspects de souffrance liés au manque d'eau, surtout avec la survenue des différents équipements domestiques et industriels qui ont joué un rôle important dans l'accroissement des quantités consommées à travers le temps.

Le réseau d'eau avec sa définition d'aujourd'hui, avec son plus important aspect de modernité et de développement, est un moyen qui permet, en premier lieu, de produire des quantités d'eau suffisantes et de les traiter convenablement, et en second lieu, de les fournir d'une façon continue avec des critères de satisfaction réconfortants.

Actuellement, la quasi-totalité de la population algérienne (environ 80%) reçoit quotidiennement l'eau à domicile, 46% de la population est approvisionnée sans interruptions (24h/24h).

II-3 Pollution de l'eau utilisée et l'évolution des méthodes de traitement de l'eau potable

L'eau contaminée était à l'origine de grandes épidémies qui frappaient l'Europe de l'époque, en effet 20 000 habitants de Paris moururent de choléra en 1832. Les états d'Europe commencèrent à se douter de la qualité des eaux des rivières proches des agglomérations, généralement polluées par les eaux usées et les déchets ménagers. En 1853, date de naissance des industries de l'eau en Europe, on a eu recours à l'eau d'origine souterraine captées à des dizaines de kilomètres loin des agglomérations et de toute source de pollution.

Pasteur découvre l'existence du microbe, sa célèbre phrase « *Nous buvons 90% de nos maladies* », c'est à partir de cette date qu'on a compris qu'une eau fraîche, limpide, sans saveur ni odeur n'est pas forcément une eau potable, la seule garantie d'éliminer les microbes réside dans l'ébullition de l'eau, jusqu'à développement des traitements de désinfection au début du XX^e siècle.

Les seuls traitements disponibles étaient les principes physiques de filtration, connus en fait depuis l'Antiquité (même les fontaines étaient équipées de filtres = Fontaines filtrées). La filtration lente par le sable était un procédé utilisé à grande échelle par quelques pays vers la fin du XIX^e siècle, puis vint des procédés par décantation et coagulation. Au début du XX^e siècle débuta l'ère de la désinfection par l'Ozone et le Chlore (usine d'ozonation en Hollande en 1893, utilisation du chlore à Paris en 1911). Aujourd'hui, les professionnels du domaine développent de nouvelles méthodes de traitement de l'eau brute, fondées sur le principe de la filtration membranaire.

II-4 Approvisionnement en eau, santé publique, développement économique et développement durable

II-4-1 L'importance de l'eau saine pour une santé humaine équilibrée

L'eau est indispensable au bon fonctionnement du corps humain. Il doit être alimenté en permanence pour éviter sa déshydratation. Il est recommandé à un adulte de boire au moins 1,5 litre d'eau par jour. Pour satisfaire ses besoins d'hygiène, chaque individu doit disposer de 20 à

50 litres d'eau saine chaque jour. En circulant sans interruption dans le corps, l'eau alimente les tissus, dissout les aliments pour faciliter la digestion, garantit la thermorégulation du corps et facilite l'excrétion de tous les déchets. Une eau renferme une série de composants acquis des terrains et gisements qu'elle a traversés pendant son déplacement dans les rivières, les cours d'eau ou les sous-sols. Elles contiennent, notamment, des sels minéraux (Sodium, Potassium, Calcium, Fer, Magnésium et Phosphore) et des oligo-éléments (le Chrome, le Fer, l'Iode, le Cuivre, le Fluor, le Chlore, le Zinc, le Cobalt, le Nickel, le Sélénium, le Vanadium, le Zinc, le Manganèse et l'Etain). Ces éléments sont indispensables pour le métabolisme et le bon fonctionnement de notre corps.

Sous la tutelle des gouvernements, la qualité de l'eau potable est surveillée en permanence, le dispositif de veille et de sécurité sanitaire a pour missions d'anticiper, surveiller, alerter, agir et évaluer les risques sanitaires. Dans la quasi-totalité des pays, l'eau du robinet est l'un des aliments les plus contrôlés.

Les maladies infectieuses sont dues en partie à une eau polluée par des éléments microbiologiques (parasites, bactéries et/ou virus) ou chimiques en provenance des eaux d'assainissement ou encore à des problèmes d'hygiène. En Europe, les maladies ont longtemps constitué une part importante des causes de mortalité. Dans les pays sous-développés, ces maladies continuent d'être aujourd'hui, un terrible fléau : elles font plus de trois millions de morts par an. Les maladies comme le Choléra, la fièvre Typhoïde, l'Hépatite infectieuse, la Poliomyélite sont les plus graves. Les maladies telles que : le Goitre (manque d'iode), la Carie dentaire (insuffisance de Fluor), le Saturnisme (excès de Plomb), certains cancers, etc... sont engendrées ou favorisées par des pollutions chimiques de l'eau.

Les agents qui dégradent la qualité chimique de l'eau sont nombreux : métaux lourds (Cadmium, Plomb, Mercure...), produits phytosanitaires (produits qu'on utilise en agriculture), hydrocarbures, résidus médicamenteux, éléments radionucléaires, etc.

Enfin, tout le monde ne peut que reconnaître les avantages que procure une eau salubre et propre pour la santé et le bien-être de l'homme avec un milieu aquatique harmonieux et fonctionnant correctement.

II-4-2 L'eau, le développement économique et le développement durable

L'eau est une ressource essentielle pour la production dans la plupart des catégories de biens et de services : la nourriture, l'énergie et l'industrie manufacturière. L'approvisionnement en eau, des activités économiques, tant en termes de quantité que de qualité, sur le lieu d'usage, doit être effectué d'une manière fiable et prévisible afin de justifier des investissements viables

L'eau concerne tous les aspects du développement et elle est étroitement liée à la quasi-totalité des objectifs du développement durable. Élément vital par excellence, l'eau alimente la croissance économique et participe majoritairement à la bonne santé des écosystèmes. L'eau est un facteur vital de production dont la diminution entraîne un ralentissement de la croissance. Les carences en eau, souvent aggravées par la croissance démographique, la grande fluctuation des précipitations et la pollution font que l'enjeu de l'eau soit une menace majeure pour le progrès économique, l'élimination de la pauvreté et le développement durable (**Rapport de la Banque Mondiale 01 Juillet 2019**).

Les liens qui rattachent l'eau au développement durable dépassent les dimensions sociales, économiques et environnementales. D'autres aspects sont à prendre en considération : santé humaine, sécurité alimentaire et énergétique, urbanisation, croissance industrielle et changements climatiques (**SEAAL, Salon ERA Oran 2017**). Le 25 Septembre 2015, 193 États membres de l'ONU dont l'Algérie ont mis en place un nouveau programme mondial de développement durable pour éradiquer la pauvreté, protéger la planète et garantir la prospérité pour tous. Parmi les 17 objectifs globaux qui ont été identifiés et qui couvrent l'ensemble des dimensions du développement durable apparaît l'objectif N° 06 : « *Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau* ».

Afin de faire face aux nouveaux défis engendrés par les besoins grandissants ainsi que du changement climatique, la gestion de l'eau doit être ajustée continuellement en fonction de la disponibilité de la ressource et de sa vulnérabilité en assurant sa mobilisation et sa diversification, sa protection et sa préservation, l'adaptation des infrastructures liées à l'exploitation de l'eau potable selon les besoins actuels et futurs (**SEAAL, Salon ERA Oran-2017**).

II-5 La notion de l'accès à une eau potable

II-5-1 La notion de l'accès à une eau potable sur le plan mondial

L'accès à l'eau potable est un indicateur de la proportion de la population qui dispose d'un accès raisonnable à une quantité adéquate d'eau potable. Selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), la quantité appropriée d'eau potable doit être d'au moins 20 litres par habitant et par jour. Le terme « accès raisonnable » est utilisé pour décrire une quantité d'eau saine et potable accessible après une marche qui ne devrait pas dépasser un quart d'heure. Il y a une grande disparité dans l'accès à l'eau potable à l'échelle mondiale et il est extrêmement difficile pour les populations défavorisées. (Figure II-8).

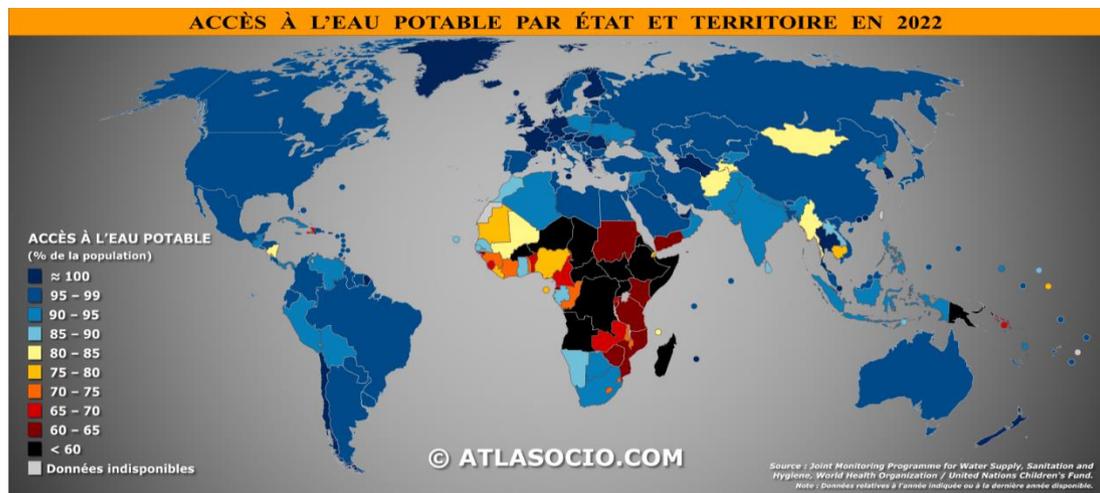


Figure II-8 : Accès à l'eau potable (%) dans le monde (Source Banque Mondiale, 2022)

À partir du 28 Juillet 2010, l'ONU a reconnu l'accès à l'eau potable comme un droit fondamental et demande l'aide technologique et financière de tous les états membres afin de réaliser cet objectif (Fanny OMS Schertzer, Core Health Indicator, 2007). Le problème d'accès à l'eau n'est pas toujours lié à l'absence des ressources, il peut être dû à un manque de moyens financiers et techniques favorisant son apport à la population.

En 2015, selon l'organisation des Nations Unies, plus de deux milliards de personnes dans le monde n'avaient pas accès à l'eau potable, proportionnellement cela concernait trois personnes sur dix, une situation qui frappait d'abord les plus pauvres. Faute de disponibilité à domicile, ils devaient s'approvisionner auprès des camions citernes ou de petits vendeurs, en payant cette eau dix fois plus cher que les riches populations. Les plus démunies de ces

populations qui ne pouvaient se payer une eau de qualité risquaient même leurs vies en consommant une eau éventuellement contaminée. On estimait qu'à cette époque, 780 000 personnes décédaient chaque année en raison de maladies causées par une eau polluée.

À l'échelle mondiale, le pourcentage de la population ayant accès à l'eau potable est de 91,15 % en 2022, contre 90,33 % en 2020 ; 86,15 % en 2010 ; 80,28 % en 2000 et 76,08 % en 1990.

D'après l'ONU, la demande en eau potable va devoir augmenter de 20 à 30% d'ici à 2050, alors que l'eau va se raréfier, notamment en raison du réchauffement climatique. (C News, Christian Taveira, Pub. 19/03/2019).

II-5-2 L'accès au service de l'eau potable en Algérie

Suivant une étude faite par l'OMS, bureau régional de l'Afrique, et qui apparaît dans le bilan de la stratégie de coopération de l'OMS avec l'Algérie 2016-2020 : par rapport à la norme de l'OMS qui fixe la dotation en eau à 250 l/hab./jour, l'Algérie affichait, en 2013, un taux quotidien d'approvisionnement en eau d'environ 175 litres par habitant. L'ensemble des efforts nationaux pour l'alimentation de la population en eau a permis d'atteindre les résultats suivants :

- Le taux de raccordement des foyers à l'eau potable a atteint 93% en 2008 alors qu'il était de 78% en 1999 et de 92% en 2007.
- La dotation moyenne par habitant en eau potable a atteint 165 l/hab./jour en 2008, alors qu'elle n'était que de 123 litres en 1999 et de 160 litres en 2007.
- En 2008, 70% des 1.541 chefs-lieux des communes reçoivent l'eau quotidiennement contre 45% en 1999.

Selon le Ministère des ressources en eau, en moins de dix ans, l'Algérie a multiplié par trois sa production en eau potable, et on estime aujourd'hui que 95% de la population est raccordée aux réseaux publics de distribution de l'eau potable.

Dans un article d'**El-Watan publié le 13 Février 2019**, près de 17% de l'eau distribuée par l'Algérienne des eaux (ADE) sur le territoire national provient des stations de dessalement de l'eau de mer, avec un volume de près de 1,34 million de m³/jour, indique le directeur général

de l'entreprise, comme il confirme que 50% de l'eau distribuée est issue des ressources souterraines et 33% proviennent des eaux de surface.

Le volume total distribué chaque jour est de 7,9 millions de m³ (2,9 milliards de m³/an), avec une fourniture quotidienne en eau de 80% de la population nationale, 46% de la population est approvisionnée 24h/24h. La dotation moyenne d'un citoyen en Algérie est de 180 litres/jour. Le nombre de spécialistes qui interviennent quotidiennement dans le traitement et dans le contrôle de la qualité de l'eau produite et distribuée sur l'ensemble du territoire national s'élève à 720. Les 85 laboratoires de mesure et de vérification situés au niveau des stations de traitement sont dotés d'équipements de haut niveau technologique, le nombre des brigades de surveillance du réseau national s'élève actuellement à 177. En 2018, il a été enregistré une moyenne de 921 fuites réparées/jour. Toujours selon les déclarations du directeur général de l'ADE, les pertes d'eau au niveau du réseau national de distribution sont estimées actuellement à 30% et s'ambitionne de les réduire à 18% à l'horizon 2030.

Au cours des dernières décennies, l'Algérie a progressivement mis en place des infrastructures pour le captage, la production, l'adduction et la desserte des eaux potables. Il y a actuellement plus de 83 407 km de conduites, dont 29 863 km en adduction, qui assurent le service à une population de 28,5 millions d'habitants, avec un taux de connexion atteignant 90 %. En répondant aux besoins fondamentaux en eau des populations, ce service public garantit le confort des usagers et préserve leur santé. La présence de réseaux de distribution garantit un accès aisé à l'eau, que ce soit pour les individus, les entreprises, l'industrie ou même l'agriculture. Le service d'eau est une composante essentielle du fait urbain. Il constitue une interface à la fois avec l'environnement, en y puisant à la ressource, et avec la société, en contribuant à son développement et à sa cohésion.

En effet, l'ADE exploite des systèmes et des installations hydrauliques complexes permettant la production, le transfert, le stockage, et la distribution de l'eau potable. Ce système est composé de 4 065 forages, 351 sources et 1 792 stations de pompage qui permettent de rassembler cette ressource et de l'envoyer aux 91 stations de traitement qui procèdent à leurs tours à la potabilisation de cette eau avant sa distribution à travers les 7 543 réservoirs de stockage dont dispose l'ADE.

En outre, l'Algérienne Des Eaux dispose de 02 stations de déferrisation, de 19 stations de déminéralisation et 07 stations monobloc de dessalement, pour réduire le taux des minéraux et des sels contenus dans les eaux mobilisées. Cet organisme de gestion dispose de 34 518

employés présents sur tout le territoire national, engagés à assurer une eau de qualité et en quantité suffisante à la population.

II-5-3 Définition du droit des individus à l'eau potable

A) Le droit des individus à l'eau potable dans le contexte international des droits de l'homme

Dans la réflexion collective, il est souvent jugé que « l'eau est un don du ciel », pourtant, la mobilisation, le stockage, le transfert, la production et la distribution de l'eau nécessitent en réalité d'importants engagements financiers.

Chaque individu doit avoir accès à une quantité suffisante d'eau potable pour répondre à ses besoins personnel et domestique : à la boisson, à l'assainissement individuel, au lavage du linge, à la préparation des aliments, etc... Les états doivent veiller à la qualité de l'approvisionnement et des ressources en eau de boisson. La notion du droit des individus à satisfaire leurs besoins humains fondamentaux a été énoncée, pour la première fois, à la conférence des Nations Unies sur l'eau, tenue en 1977 à Mar-Del-Plata (Argentine).

Le droit à l'eau se décompose lui-même en plusieurs libertés : la protection contre les coupures arbitraires et illégales, interdiction de polluer les ressources en eau, non-discrimination dans l'accès à l'eau potable, non-ingérence dans l'accès à l'approvisionnement en eau existant, sécurité personnelle lors de l'accès à l'eau.

De même, le droit des populations à l'eau garantit un accès à une quantité minimale d'eau potable requise pour mener une vie normale et maintenir une bonne santé. De ce fait, l'accès à une eau potable, en milieu pénitentiaire, est un droit établi par la loi.

Une eau destinée à des usages personnels et domestiques doit être salubre et de qualité acceptable. En effet, elle ne devrait contenir ni microbes, ni parasites, ni substances chimiques. Elle devrait avoir une couleur, une odeur et un goût acceptables. Une eau destinée à l'utilisation humaine doit avoir les caractéristiques requises de potabilité quel que soit le mode par lequel elle est prélevée : des cours d'eau, des puits ou sources protégés, des camions citernes.

Il est à noter, que le fait de garantir l'accès à un assainissement adéquat constitue un des principaux moyens de protection de la qualité des ressources en eau potable. En effet, l'absence

de systèmes d'assainissement d'eaux usées adéquats, dans certaines régions du monde, a provoqué une pollution à grande échelle des ressources en eau.

L'eau doit être accessible, sans risque, pour toutes les catégories sociales, les groupes particuliers, les personnes handicapées, les femmes, les enfants et les personnes âgées. Les points d'eau et les installations qui y sont liées devraient se trouver à proximité, ou au moins, à une distance raisonnable de chaque maison. La disponibilité de l'eau devrait être assurée sur les lieux de travail, les établissements d'enseignement, les hôpitaux, les centres pénitenciers ainsi que dans les camps de réfugiés ou de personnes déplacées, s'ils existent. Le droit à l'eau ne signifie pas qu'on peut y accéder gratuitement. Cependant dans des circonstances, particulières, on pourrait être obligé d'assurer gratuitement un accès à une quantité minimale essentielle d'eau.

B) Les dimensions de la performance du droit à l'eau

La performance du service d'eau doit permettre de répondre aux attentes des utilisateurs tout en optimisant les coûts afin d'assurer leur viabilité économique sur un long terme. Le coût des services octroyés est supporté par les usagers en tant que consommateurs au travers des factures d'eau. Les gestionnaires des patrimoines d'eau ne sont véritablement performants que si les attentes des utilisateurs sont satisfaites, si des améliorations dans les systèmes sont continuellement réalisées et si le coût global est optimisé. Les aspects de performance peuvent être désignés par « dimensions de la performance ».

Les utilisateurs d'eau ont besoin d'une eau propre tous les jours. Leurs besoins essentiels font partie des droits de l'homme, reconnus par l'ONU en 2010 comme dérivé du droit à une qualité de vie acceptable. Ce qui veut dire que chaque individu doit non seulement obtenir une quantité minimum d'eau propre, mais cette eau doit également être potable, accessible, acceptable, d'un coût abordable et pouvoir être obtenue sans discrimination.

Les dimensions du droit de l'homme à l'eau potable apparaissent dans le développement de la couverture des réseaux d'eau (accès physique), la réalisation des branchements domestiques et l'amélioration de la régularité de la distribution de l'eau (accessibilité), la conformité avec les normes de potabilité (sécurité), l'élimination des goûts et des odeurs désagréables (acceptabilité), les mécanismes de subventionnement (caractère abordable) et les programmes en faveur des plus pauvres (équité).

II-6 Ressources en eau

II-6-1 Les ressources en eau dans le monde

L'eau recouvre 72% de la surface du globe pour un volume total estimé à 1,4 milliard de km³. La disponibilité de l'eau n'a pas été endommagée par l'homme au cours des siècles passés. Les eaux douces représentent seulement 2,5% du volume global, 69,5% de l'eau douce est composée de glaciers et de neiges permanentes, tandis que les eaux des lacs et rivières ne représentent qu'un faible pourcentage (0,27%). L'eau souterraine constitue une part de 30,1% de l'eau douce globale (voir **figure I-2**). En réalité, 62% de l'eau potable provient des eaux souterraines (nappes phréatiques superficielles et profondes) et 38% provient des eaux superficielles (torrents, rivières, lacs).

Le climat influence les ressources de chaque pays, ce qui entraîne des niveaux de précipitations très variables à travers le monde (**Figure II-9**). Les quantités d'eau recueillies sur terre varient de 10 milles m³ à 10 millions de m³ par km². Cette variabilité définit les flux d'écoulement moyens dans les différentes régions du monde. L'évolution des cycles climatiques contribue à l'élaboration de la géographie des ressources en eau, qui est habituellement répartie de manière inégale entre les régions et donc dans les pays. Les régions les moins favorisées sont : la Péninsule Arabique (L'Arabie Saoudite, le Yémen, Oman, le Qatar, les Émirats Arabes Unies, le Koweït et Bahreïn), le Proche Orient (Chypre, Égypte, Irak, Palestine, Jordanie, Liban, Syrie et Turquie), l'Afrique du nord, Le Sahel (Mauritanie, Mali, Burkina Faso, Niger et Tchad) et la zone désertique d'Afrique australe (la Namibie, le Botswana, le Zimbabwe, l'Angola, la Zambie, l'Afrique du Sud et le Madagascar).

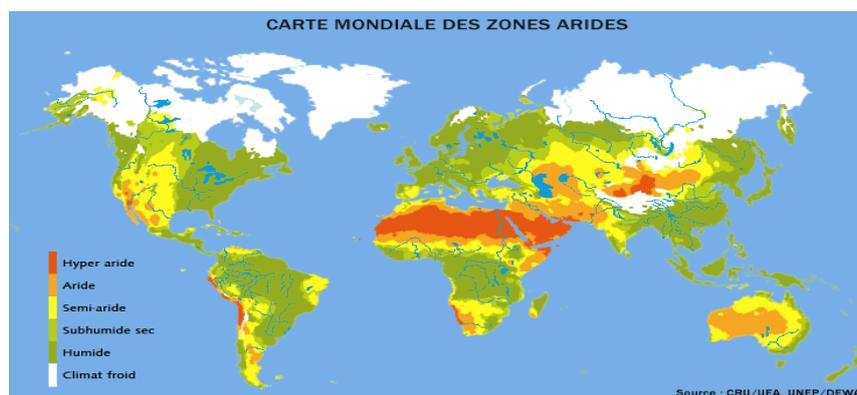


Figure II-9 : Carte mondiale montrant la disparité des climats dans les différentes régions du monde

Neuf (09) pays partagent près de 60 % des ressources naturelles renouvelables d'eau douce du monde : Le Brésil, la Russie, l'Indonésie, La Chine, Le Canada, Les États Unis d'Amérique, la Colombie, le Pérou et l'Inde. Néanmoins, un certain nombre de pays ont des ressources très limitées : le Koweït, le Bahreïn, les Émirats Arabes Unis, Malte, la Libye, Singapour, la Jordanie, la Palestine et Chypre.

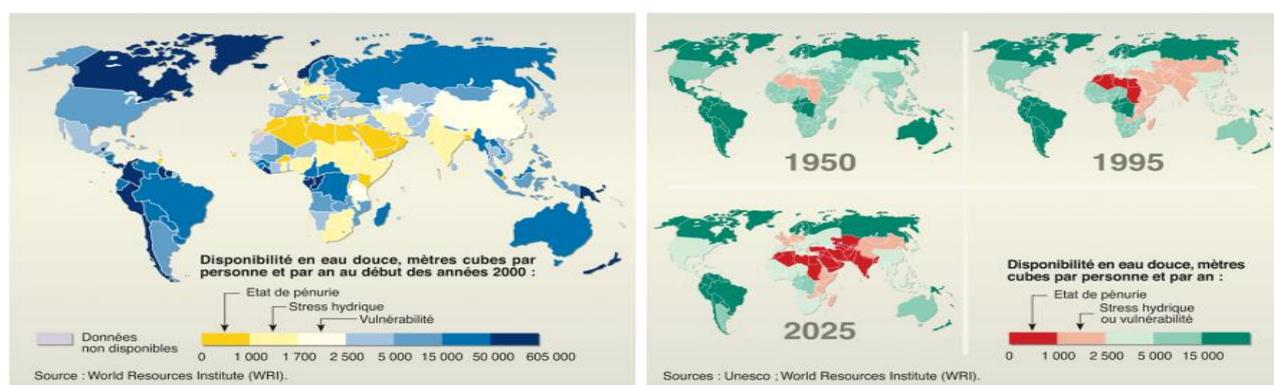
Le **tableau (II-1)** ci-dessous montre que le continent africain détient 11 % des quantités d'eau renouvelables mondiales, malgré qu'elle représente le continent le plus peuplé en comptant 1,3 milliard d'habitants en 2019. (**Bernard Foe, 2008**)

Tableau II-1 : Répartition de l'eau renouvelable sur les continents, superficie et nombre d'habitants par continent (ANCTIL F., 2008)

Le monde entier ou la région	Eau renouvelable globale et ses proportions selon la région	Superficie globale et ses proportions selon la région	Population globale et ses proportions selon la région
Monde	43 000 km ³	130 677 343 km ²	8 070 000 000 habitants
Afrique	11%	23%	16%
Amérique du Nord	15%	17%	7,5%
Amérique du Sud	26%	13%	12,5%
Asie	36%	24%	57%
Europe	8%	17%	6,5%
Océanie	5%	6%	0,5%

NB : La population totale avec ses proportions à travers les continents a été actualisée en se référant aux données de l'année 2019.

Les images suivantes (**figures II-10**) montrent la répartition irrégulière des disponibilités hydriques dans le monde.



Figures II-10 : Disponibilité en eau douce renouvelable dans le monde aux horizons : 2000 et (1950, 1995 et 2025)

Des études réalisées par des organisations onusiennes ont mené à prévoir qu'en 2025, 63% de la population mondiale risquerait de subir une pénurie d'eau ou au moins un stress hydrique (**figure II-10**) (**BRGM, 2011**). La répartition de l'eau dans le monde est inégale et la consommation quotidienne varie de 250 l/habitant aux États-Unis à moins de 10 l/hab./jour en Afrique subsaharienne (située au sud du Sahara, sur le continent africain : 48 pays et plus d'01 milliard d'habitants en 2017). Au cours du XXI^e siècle, une dégradation accrue pourrait toucher une grande partie des ressources en eau qui deviendra non utilisable par l'homme.

L'ensemble des besoins actuels en eau de la population mondiale est estimé en moyenne à 500 m³ par habitant et par an, tous usages confondus. L'eau douce disponible et utilisable est constante, tandis que le nombre d'utilisateurs de l'eau ne cesse d'accroître. D'ici 2025, la population mondiale devrait atteindre 9 milliards, et elle pourrait doubler d'ici la fin du XXI^e Siècle, en plus de la croissance démographique, facteur important de l'augmentation des besoins en eau, l'urbanisation et le niveau de développement des pays ont toujours participé à cette augmentation.

De façon générale, le manque d'eau a été toujours une notion indéfinie et complexe du point de vue scientifique, cette notion comme on l'a vu précédemment, fait intervenir le volume d'eau en m³ disponible par habitant par jour ou par an au sein d'un pays. Le caractère de manque d'eau se définit par le fait que les ressources en eau sont faibles ou mal exploitées.

De manière générale, on peut distinguer trois niveaux de dépendance selon les disponibilités en eau :

1^{er} Niveau : Une situation de pénurie hydrique se produit quand les disponibilités en eau sont inférieures à 1 000 m³/hab./an.

2^{ème} Niveau : on parle d'un état de « stress hydrique » quand chaque habitant dispose annuellement d'une quantité d'eau comprise entre 1 000 et 1 700 m³.

3^{ème} Niveau : On déclare une situation de vulnérabilité hydrique quand les quantités disponibles en eau sont comprises entre 1 700 et 2 500 m³/hab./an.\

II-6-2 Les ressources en eau et le stress hydrique en Algérie :

L'Algérie fait partie des pays les plus pauvres en termes de ressources hydriques et est loin de la consommation théorique établie par la Banque Mondiale, qui est de 1 000 m³/hab./an. Selon le CNES 2005, la consommation par habitant et par an a été divisée par trois en 40 ans en Algérie : la quantité d'eau était de 1 500 m³ en 1962, atteignait une quantité de 720 m³ en 1990, la quantité diminuait à 630 m³ en 1998 pour atteindre 500 m³ d'eau en 2003 et 361 m³ en

2004. D'après le CNES toujours, il est prévisible qu'elle atteindrait 430 m³ en 2020, et d'après les prévisions de l'ANRH, elle ne sera que de 430 m³ en 2030.

09 algériens sur 10 vivent dans le nord du pays, soit 13% de la superficie nationale et 06 algériens sur 10 vivent dans plus de 550 agglomérations (M. Mozas ; A. Ghozn, 2013).

D'après une étude établie en 2015 par Mme Sabrina Jaffar et Mr Ahmed Kettab de l'école polytechnique en partenariat avec le Laboratoire de Recherches en Sciences de l'Eau (LRS. EAU) regroupant les statistiques récentes de l'ONS (Office National des Statistiques), l'Algérie détenait une population de 43 millions le 1^{er} Janvier 2019, c'est en fait le pays le plus grand en Afrique avec une superficie de 2.381.741 km², soit près du 1/12 de la superficie totale du continent africain (30 millions de km²) avec des potentialités d'eau émanant de deux types de ressources :

❖ Les ressources en eau conventionnelles :

- 1) 72 barrages (capacité totale 7,4 milliards de m³).
- 2) 718 retenues collinaires (capacité 89,7 hm³).
- 3) Nappe souterraines (capacité exploitée 7 milliards de m³).

❖ Les ressources en eau non conventionnelles :

- 4) 25 stations de dessalement d'eau de mer (capacité 913 hm³/an).
- 5) 138 stations d'épuration STEP (capacité 700 hm³/an) et REUT : réutilisation des EU traitées, de 150 hm³/an.

En fait, les potentialités hydriques naturelles de l'Algérie sont estimées en 2019 à 18 milliards de m³ par an, 62% représente la part de cette eau destinée à l'irrigation, la demande en eau potable représente 35% de la demande totale. La part des besoins en eau du secteur industriel ne s'élève qu'à 3%. Les potentialités en eau en Algérie sont réparties comme suit :

- 12,5 milliards m³/an dans les régions nord :
 - + 10 milliards m³/an : écoulement superficiel,
 - + 2,5 milliards m³/an : ressources souterraines (renouvelables).
- 5,5 milliards m³/an dans les régions sahariennes :
 - + 0,5 milliards m³/an : écoulement superficiel,
 - + 05 milliards m³/an : ressources souterraines (fossiles).

Parmi les préoccupations majeures de l'Algérie fut la répartition équitable de la ressource en eau entre les différentes régions du territoire : des transferts d'eau ont été réalisés afin de

soutenir des régions à forts besoins en eau potable ; ces projets ont pour objet de connecter les ressources en eau des différents systèmes régionaux autour des grands centres urbains tout en desservant les villes se trouvant à la périphérie. Les différents transferts réalisés ainsi que ceux en projet sont énumérés dans le **tableau II-2** suivant :

Tableau II-2 : Transferts d'eau en Algérie - Source : Ministère des ressources en eau.

Désignation	Lieux d'affectation
1) Transferts Nord-Nord et Nord-Hauts plateaux : ✓ Béni Haroun	-Wilayas de : Mila, Constantine, <u>Khenchela</u> , <u>Oum-El-Bouagui</u> et Batna (504 hm ³ /an).
✓ <u>Taksbet</u>	-Wilayas de : Tizi Ouzou, Boumerdes et Alger (180 hm ³ /an).
✓ <u>Koudiet Acerdoune</u>	-Wilayas de : Bouira, Tizi Ouzou, M'sila et Médéa (178 hm ³ /an).
✓ Mostaganem-Arzew-Oran (MAO)	-Wilayas de : Mostaganem et Oran (155 hm ³ /an).
✓ Barrages <u>Erraguene</u> , <u>Tabellout</u> et <u>Draa-Diss</u>	-Wilaya de : Sétif (191 hm ³ /an).
✓ Barrages <u>Ighil Emda</u> et <u>Hahouane</u>	-Wilaya de : Sétif (122 hm ³ /an).
2) Transfert Sud-Sud : ✓ Nappe Albiennne In Salah	-Tamanrasset (36 hm ³ /an).
3) Transfert Sud-Hauts plateaux : - Nappe Albiennne	-Wilayas de : Djelfa, Tiaret, M'sila, Biskra, Batna, Saida et Médéa.

L'Algérie compte actuellement 21 stations de dessalement sur l'ensemble de son littoral qui alimentent 06 millions d'habitants en eau potable (**figure II-11** et **tableau II-3**).

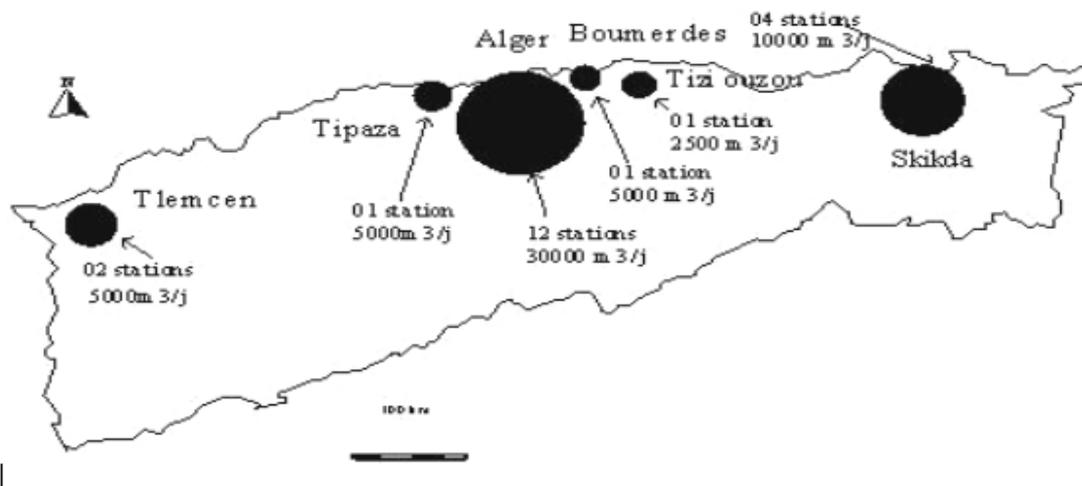


Figure II-11 : Lieux d'emplacement des stations de dessalement sur le littoral algérien

Tableau II-3 : Stations de dessalement, capacités de production et leurs lieux d'emplacement sur le littoral algérien

N°	Wilaya	Lieu d'implantation	Capacité de production (m ³ /jour)
01	Chlef	Ténès	200.000
02	Bejaia	Bejaia	100.000
03	Tlemcen	Souk-Thletha	200.000
04		Honaine	200.000
05	Tizi-Ouzou	Tigzirt	2.500
06	Alger	Hamma	200.000
07		Zeralda	(En construction)
08	Jijel	Jijel	200.000

09	Skikda	Skikda	100.000
10	Annaba	Annaba	50.000
11		Echatt	(En construction)
12	Mostaganem	Mostaganem	200.000
13	Oran	Arzew	90.000
14		Bousfer	5.500
15		Ain-Turc	5.000
16		Chat-El-Hilal	200.000
17		Mactaa	500.000
18	Boumerdes	Djinet	100.000
19	El-Taref	Taref	50.000
20	Tipaza	Oued-Esebt	100.000
21		Douaouda	120.000
22	Ain-Temouchent	Beni-Saf	200.000

En plus des réalisations et des projets déjà cités, l'Algérie projette de disposer de 2,5 milliards de m³/an de ressources en eau à partir d'un aquifère du Sahara du Sahel qui s'étend sur une superficie de plus d'un million de km² : une part de 700 000 km² se situe en Algérie ; une deuxième part de 250 000 km² est localisée en Libye et la troisième partie d'une superficie de 80 000 km² se localise en Tunisie. Cet aquifère contient une réserve de plus de 60.000 milliards de m³ d'eau avec un taux de renouvellement avoisinant 01 milliard m³/an (M. Mozas ; A. Ghozn, 2013) (figure II-12).



Figure II-12 : L'aquifère du Sahara du Sahel (s'étend sur 01 million de km²)

Conclusion

Comme dans tous les pays du bassin méditerranéen : le changement climatique, la croissance urbaine et démographique, les contraintes techniques liées au relief et à la morphologie du pays, la baisse de la pluviométrie pendant trois décennies, avec un pic de sécheresse entre 2001 et 2002, le phénomène de désertification des sols, en particulier dans l'ouest algérien, la croissance de la demande en eau qui a été multipliée par quatre au bout de quarante ans, notamment dans le nord du pays et dans les agglomérations fortement peuplées, en l'absence d'une politique d'ajustement entre l'offre et la demande en eau, surtout pendant les deux décennies 1980 et 1990 qui n'ont fait qu'empirer la situation de stress hydrique en Algérie

Chapitre III : Présentation globale du système de distribution de l'eau potable

Introduction

Le système d'AEP est l'ensemble des équipements qui permettent, en partant d'une eau brute, de produire une eau conforme aux normes de potabilité en vigueur, distribuée ensuite aux consommateurs (**figure III-1**). Les quatre étapes distinctes de l'alimentation en eau potable sont : les prélèvements ou les captages, les traitements de potabilisation, les adductions (transports et stockages), et enfin, la distribution aux consommateurs.

Un système d'alimentation en eau potable (AEP) est composé d'un ensemble d'infrastructures et installations ayant pour rôle l'approvisionnement en eau potable d'une zone urbaine et/ou industrielle.

Les parties composantes de ces systèmes se résument à ce qui suit :

- 1) Constructions et équipements affectés au captage.
- 2) Usines de traitement.
- 3) Conduites et dispositifs de transport d'eau vers le stockage.
- 4) Infrastructures de stockage.
- 5) Dispositifs et réseaux de distribution.

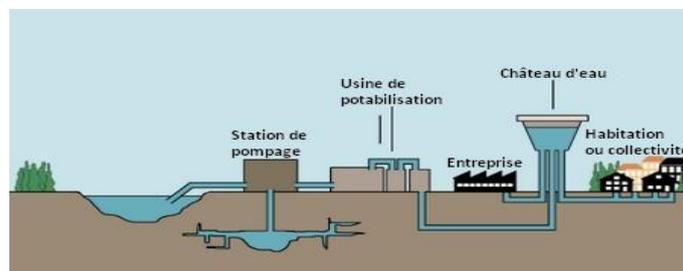


Figure III-1 : Description générale du système de distribution de l'eau potable

III-1 Captages des eaux

L'eau brute peut être prélevée, soit par des prises directes des rivières à écoulement permanent, des retenues ou des lacs (les eaux des rivières, des lacs et des retenues ont pour origine, les précipitations, les eaux souterraines résurgentes ou qui proviennent des sources), ou bien soutirée, soit de puits traditionnels, soit de forages plus ou moins profonds dans des aquifères. Les eaux de pluie s'infiltrent directement dans le sous-sol, ruissellent ou accompagnent les rivières pour recharger les aquifères. Le captage des sources jaillissantes (du sous-sol) demeure depuis longtemps une des pratiques utilisées pour l'approvisionnement en eau. Un captage d'eau potable désigne l'endroit précis où cette eau est prélevée, pareillement

appelé point de captage, elle peut être de type : collecte passive (gravitaire) ou bien par pompage, unique ou multiple (champs captant).

III-1-1 Captage de l'eau superficielle

Dans l'éventualité où l'eau provient d'une rivière, d'une retenue ou d'un lac, toute mise en place d'un dispositif de prise de l'eau s'effectue après avoir pris note de nombreuses données relatives aux débits de crues et d'étiage des rivières et des cours d'eau aboutissant aux réserves suscitées afin de se renseigner sur la capacité de ces ressources à assurer une alimentation en eau durable.

Avant de prélever l'eau de surface, il est crucial de réaliser une étude complète à toutes les époques de l'année. L'eau sera principalement analysée en fonction de la turbidité, du développement d'algues, de son pouvoir colmatant, de sa dureté, de son pH, de sa concentration en matières organiques et surtout du risque de présence des bactéries dénommées : *Escherichia coli* (Bactérie d'origine fécale). Les cours d'eau alimentant les rivières, les barrages ou les lacs seront également pris en compte dans l'étude. L'analyse devra être réalisée au moins sur la base de données climatiques d'un cycle annuel complet, voire de plusieurs cycles climatiques annuels (**Dupont, 1979**). Il est nécessaire de compléter cette étude en observant les activités des entités industrielles localisées en amont, et d'évaluer l'ampleur du risque de pollution qui peut provenir du rejet de leurs déchets dans les affluents de la rivière, etc... On recherchera de détecter d'éventuelles pollutions émanant, soit, des agglomérations, soit, d'activités économiques se situant à une distance, d'au moins 10 km, avant l'emplacement projeté de la prise.

A) Captage en rivière (Figure III-2)

Les mesures effectuées sur les débits des flux d'eau dans les rivières, en particulier celles des flux, pendant les crues, (précipitations importantes ou fonte des neiges) et les débits d'étiage (période estivale) permettent d'une part, de dimensionner le bassin de régularisation à prévoir, de se renseigner sur les potentialités que peuvent fournir ces cours d'eau quant aux besoins prédéfinis, et d'autre part, de connaître les niveaux d'eau correspondant aux différents débits de l'année afin de déterminer le niveau approprié pour installer la prise d'eau. Une connaissance approfondie de la composition physico-chimique et bactériologique des eaux brutes, ainsi que

de leurs changements saisonniers permet de définir les traitements à organiser à l'usine de purification.

Pour éviter les pollutions, il est recommandé de placer la prise d'eau en rivière en amont des agglomérations (voir **figure III-3**).



© CanStockPhoto.com - csp64316443

Figure III-2 : Captage d'eau au fleuve du Nil

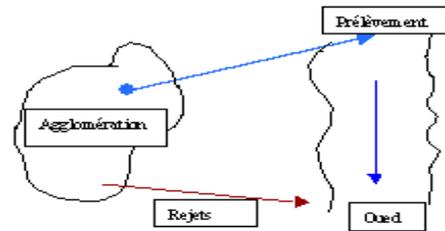
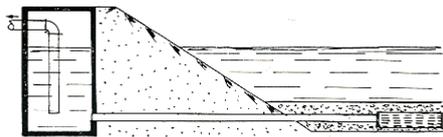


Figure III-3 : Position requise du point de prélèvement

Il existe trois types de prise d'eau en rivière :

a) Prise dans le fond du lit

Ce type de prise est utilisé dans les rivières à régime torrentiel (fortes pentes et grandes vitesses d'écoulement). Afin de protéger la crépine, on la recouvre de gros graviers.



b) Prise de l'eau placée au milieu de la rivière

Le dispositif de la prise de l'eau doit être positionné loin des berges, à une profondeur adéquate du cours d'eau. Il doit être placé sous une estacade en vue de sa protection contre la destruction ou l'entraînement par le cours d'eau.



c) Prise sur le bord de la rivière.

Afin d'éviter tout contact direct avec le fond du lit, les mousses et les hydrocarbures à la surface de l'eau, il est crucial de placer la prise à une profondeur adéquate.



B) Captage des eaux dormantes (barrage ou lac)

Ce type de captage est caractérisé par le soutirage de débits importants. Dans ces types de réservoirs, la variation de la température et des paramètres physicochimiques de l'eau varie en fonction des strates. C'est là où la question se pose : à quelle profondeur doit-on positionner la prise ? Se préserver de faire des prélèvements d'eau dont la température est supérieure à 15°C (prolifération rapide de faune et flore microbienne, modification de la teneur de l'O₂ et du CO₂ dissous). Éviter une prise trop proche du fond pour éviter l'aspiration de la vase. Il est toujours utile d'envisager une tour avec plusieurs niveaux de prise pour prévoir la variabilité de la qualité de l'eau avec les saisons (**figure III-4**).

Les structures de prise d'eau brute (par aspiration ou d'une façon gravitaire) doivent être installées loin de la surface de l'eau, afin d'éviter la formation d'un vortex, où l'écoulement est relativement calme (cas des cours d'eau) et à l'endroit où l'eau est de la haute qualité possible (la moins chargée possible en impuretés en suspension).

Il peut être amené à construire des barrages de dérivation assurant le maintien d'une cote minimale du plan d'eau. L'ouvrage est généralement muni d'appareils de curage assurant un dégrillage préliminaire et de dispositifs pouvant réduire la violence des courants d'eau.



Figure III-4 : Tour de prise d'eau dans un barrage

Ces dispositifs de captage sont parfois munis d'appareillage de protection (grilles fixes, grilles mécaniques à décolmatage automatique, massifs de graviers). Les prises sont quelquefois établies sous le lit de la rivière avec interposition d'un « matelas » de gravier et de grilles.

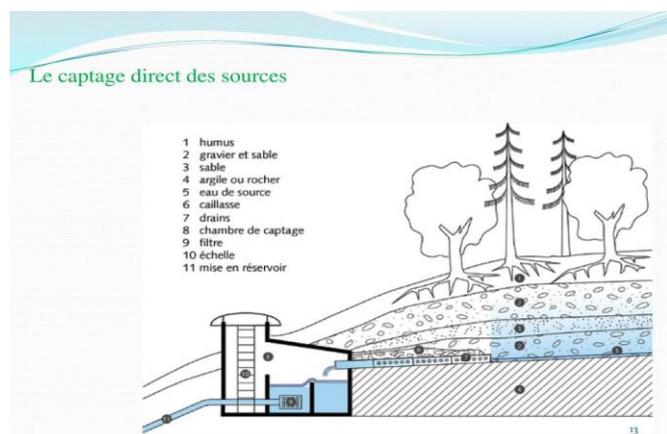
III-1-2 Captage de l'eau souterraine

L'eau souterraine peut être récupérée au niveau des diaclases ou fissures rocheuses qui permettent à l'eau soit d'émerger naturellement (points naturels d'émergence des sources), soit pompée dans les nappes au niveau des forages.

Il existe peu de variations dans les méthodes de captage des eaux souterraines classiquement utilisées dans les milieux poreux et fissurés. Il est important que la technologie choisie soit adaptée à l'hydrogéologie [profondeur de la nappe, géométrie de l'aquifère, paramètres hydrodynamiques (indices définissant l'aptitude de l'aquifère à récupérer et à délivrer l'eau), potentialités] mais aussi des contraintes externes : topographie, hydrographie, risque de salinisation, de transfert de pollution depuis la surface, occupation des sols, conditions d'exécution et d'équipement ; les dépenses assujetties à la réalisation de l'ouvrage doivent être justifiées économiquement.

A) Captage des sources

Les eaux de source sont captées par des galeries-drains disposées de façon à amener l'eau captée dans une chambre de collecte pour l'envoyer ensuite à la production (**Figures III-5**).



Figures III-5 : Captage d'une source

A) -1 Les types de sources d'eau

Une source d'eau se définit habituellement par son type d'émergence, ponctuel ou diffus, ainsi que par l'endroit géographique où elle surgit : en haut, au milieu, en bas du versant, sur un relief présentant une rupture de pente, ou dans un site ayant subi des changements dans sa formation géologique, etc...

- 1) Les sources d'eau artésiennes : l'eau jaillit spontanément par un orifice naturel sous la pression d'une nappe captive au sous-sol. L'eau s'écoule en traversant des craquelures formées sur le toit de la nappe.
- 2) Les sources par débordement : Ces sources apparaissent dans des zones où l'aquifère captif se libère en affleurant la base du toit imperméable. La partie libre de la nappe peut être localisée à l'amont (zone de recharge) ou à l'aval (exutoire) de l'aquifère captif.
- 3) Les sources par émergence : Les eaux jaillissent des affleurements de la zone saturée d'un aquifère où la nappe est soit libre, soit constituée d'une formation alluviale, soit d'une nappe de vallée.
- 4) Les sources de déversement : Ces sources drainent habituellement des niveaux perchés, en lien avec l'affleurement du substratum d'une nappe libre. On peut les repérer au milieu des reliefs assez marqués. Il y a trois situations de source par déversement :
 - ✚ Le substratum est constitué de roches meubles imperméables, la formation de l'aquifère est constituée par des roches consolidées ou fissurées.
 - ✚ Le substratum est formé de roches consolidées et imperméables, l'aquifère est constitué de roches meubles et perméables.
 - ✚ L'aquifère et le substratum sont constitués de roches identiques, des différences de perméabilité et de teneur en argile entre les deux formations, ainsi que leur degré d'altération, sont à l'origine de l'apparition de la source. Les eaux provenant de ces sources émergent de manière diffuse.
- 5) Les sources résurgentes : Une résurgence est l'émergence à la surface d'une rivière souterraine. L'eau jaillit au bas des talus ou des falaises formées de roches dures et fissurées, calcaires ou cuirasses latériques (carapace formée par durcissement d'un type de sol, phénomène propre aux régions tropicales).

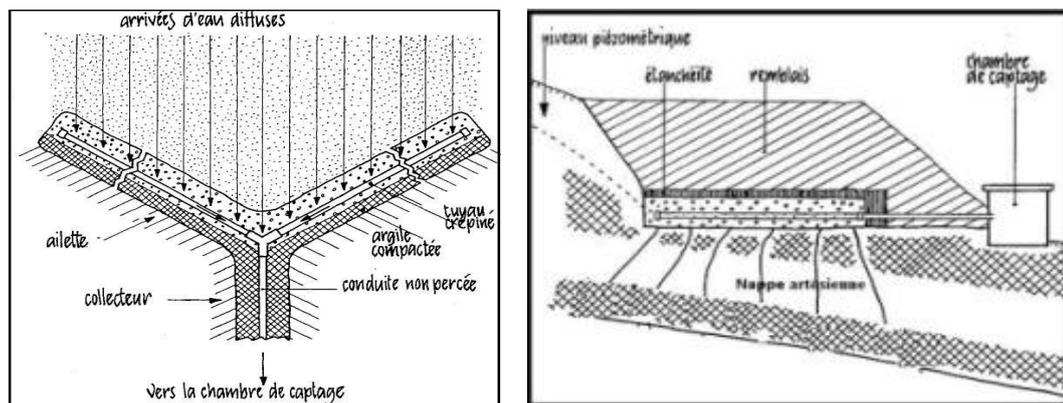
A) -2 Les principaux procédés de captage des sources :

Capter consiste à drainer, puis concentrer, enfin distribuer : définition du captage. Les buts essentiels de captage d'une source sont :

- A. Protéger les eaux provenant des ressources de la pollution dès leur sortie à la surface du sol.
- B. Veiller à ce que toutes les sources d'eau, soient faciles d'accès aux consommateurs.
- C. Optimisation du débit de l'eau soutirée et amélioration de l'état de la source.

Il est primordial de se prémunir contre l'épuisement la ressource en eau, de réduire sa capacité et surtout d'éviter qu'elle ne soit exposée à des sources de pollution. On procède au captage des sources par différentes méthodes :

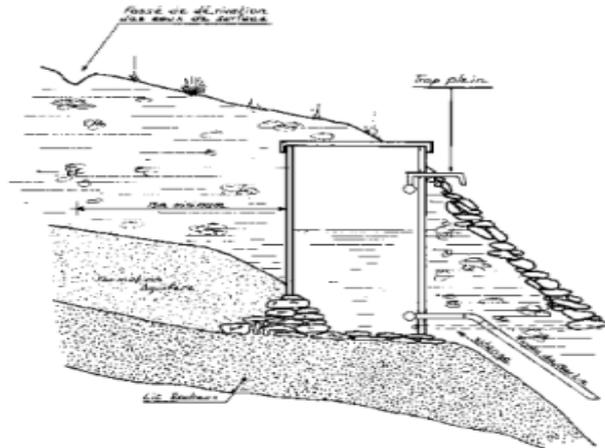
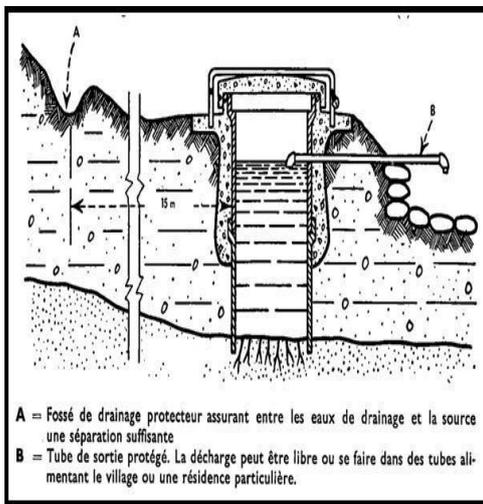
- 1) L'utilisation de drains pour le captage des sources diffuses ou artésiennes : pour les émergences diffuses, il est indispensable d'effectuer un drainage pour recueillir toutes les arrivées d'eau et les concentrer. Un drain de captage d'eau est généralement constitué de trois tranchées disposées en forme de la lettre "Y" ou de la lettre "T". Ces branches, appelées "ailettes", reçoivent les écoulements souterrains diffus et les concentrent au centre du drain et les dirigent vers un tuyau collecteur central à travers ce drain, puis les acheminent vers la chambre de captage. (**Figures III-6**).



Figures III-6 : Captage par drain d'une source diffuse

- 2) Captage par la méthode du puits appliqué sur une source diffuse, sur une source émergente et sur une source par déversement (figure III-7) : Ce procédé repose sur l'installation d'un puits au cœur de l'aquifère, que ce soit à l'amont ou sur le lieu même de la source. Le puisage peut être effectué soit directement dans le puits (puits ouvert)

soit, si la topographie du terrain le permet, par une conduite qui achemine l'eau du puits jusqu'au lieu du puisage (puits fermé).



Figures III-7 : Captage par la méthode du puits appliqué sur une source diffuse

- 3) La méthode de captage ponctuel : Ce procédé sert à capter les sources ponctuelles (**Figure III-8**). La source ponctuelle est celle qui déborde ou se déverse d'un aquifère constitué de roches fissurées. Une émergence ponctuelle peut naître des résurgences ou des sources artésiennes.

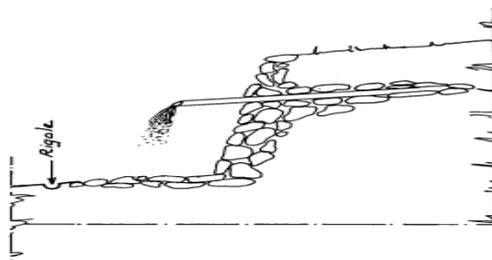


Figure III-8 : Modes de captage des sources ponctuelles

A) -3 Les mesures de protection des captages et les abords :

Il est impératif de protéger avec soin tout ouvrage de captage contre :

- Sa dégradation contre l'érosion et le comblement par l'effet du ruissellement de l'eau.
- La pollution de son eau qui peut être causée par l'infiltration des eaux de ruissellement, des effluents ou par la fréquentation du site par les usagers et les animaux.

Les points de captages sont généralement boisés et dotés de périmètres clôturés, afin de les protéger. Toute activité à risque y est interdite. Les points de captage sont généralement protégés par un socle en béton, ou parfois, par une construction.

B) Puits et forage

Ces techniques de captage de l'eau souterraine (**Figure III-9**) se résument à ce qui suit :

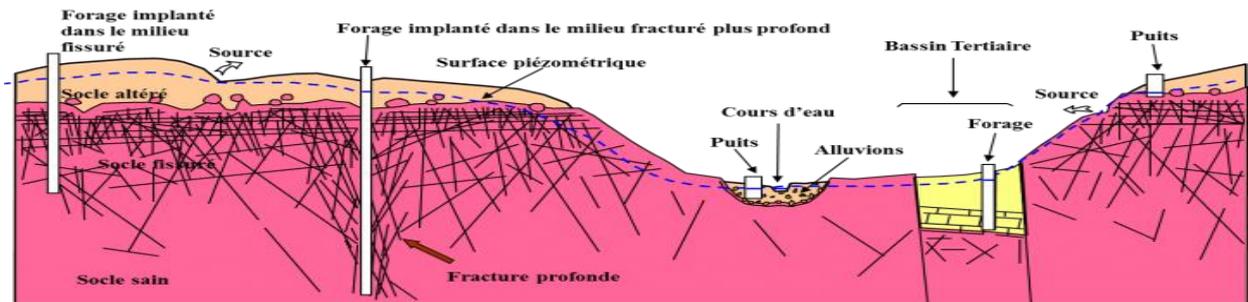


Figure III-9 : Captage des eaux souterraines dans différentes structures géologiques par un forage ou un puits

B) -1 Le puits

Un puits est un trou vertical de large diamètre (pouvant atteindre plusieurs mètres) peu profond (quelques mètres) creusé dans le sol afin d'extraire de l'eau des premiers niveaux aquifères. Dans le but de prévenir la pollution des eaux, on doit construire un avant-puits en parois pleines. La partie captante doit être constituée de parois poreuses ou barbacanées avec des orifices inclinés du bas vers le haut dans le but d'éviter les rentrées de sable dans le puits (**Figures III-10 et III-11**).



Figure III-10 : Puits en phase de réalisation



Figure III-11 : Puits en phase d'exploitation

B) -2 Le forage :

Le forage est un trou vertical profond (de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres) de diamètre plus restreint, il est creusé par des procédés mécaniques (foreuses) en terrain consolidé ou non. L'objectif est de trouver une ressource d'eau très avantageuse en termes de quantité et de qualité tout en isolant les horizons parasites avec des techniques adéquates. La foration ne devrait en aucun cas altérer la nappe que l'on souhaite exploiter. Le choix du procédé de foration se fera en fonction de ses qualités et de ses défauts.

En fait, le choix du procédé de foration est fait en considérant toutes les spécificités propres à chaque ouvrage (**Figure III-12**) :

- 1) La nature du sol et sa teneur en eau.
- 2) La vitesse d'avancement de la foration, la quantité d'eau requise, l'endroit où le forage sera réalisé, etc....
- 3) Est-ce autorisé de prendre possession du lieu de forage, de creuser et d'exploiter l'ouvrage finalisé ?
- 4) Est-ce autorisé d'établir des périmètres de sécurité ?
- 5) Est-il permis d'assurer un approvisionnement en eau régulier du chantier, d'évacuer les déblais et les eaux pompées ?
- 6) Contraintes au sous-sol (conduites, câbles, ...) pouvant gêner les installations et les manœuvres du chantier.
- 7) La profondeur du forage.
- 8) Les différents diamètres du tubage du forage.

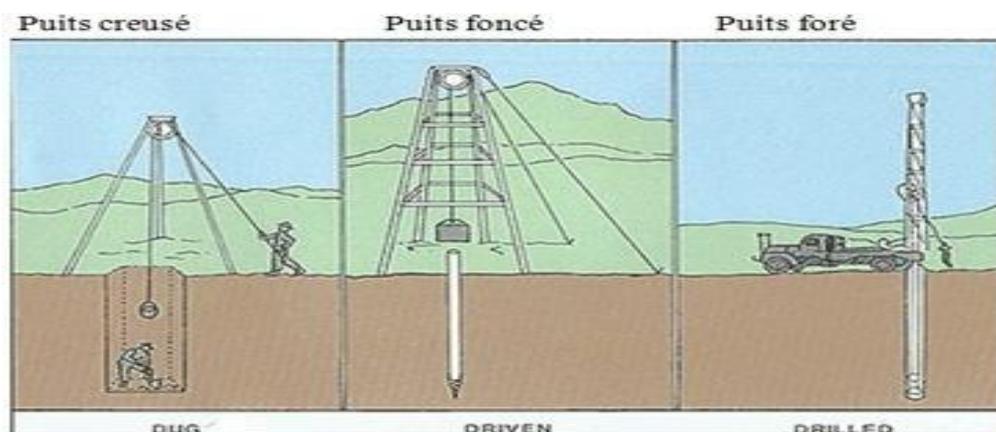


Figure III-12 : méthodes de réalisation d'un puits ou forage

Les méthodes utilisées pour la réalisation des forages sont :

B) -2-1 Procédé de forage par battage :

La technique implique de soulever un outil pesant (trépan) et de le laisser tomber en chute libre sur le terrain à perforer. Le battage se produit en utilisant un mouvement alternatif mécanisé. Après une certaine avancée, on tire le trépan et on descend une curette (soupape) afin d'extraire les déblais (cuttings). Pour humidifier le terrain, on ajoute de l'eau au fond du trou. Trois types de battage sont énumérés :

- 1) Le trépan est maintenu suspendu à un câble tiré et relâché de manière alternée (procédé Pennsylvanien)
- 2) Le trépan est fixé à l'extrémité d'un train de tiges lourdes (battage au treuil ou procédé Canadien)
- 3) Le trépan est fixé sur des tiges creuses pour permettre à l'eau de circuler (battage rapide ou procédé Raky).

B) -2-2 Technique de forage à la tarière

Lorsque les formations sont des argiles ou des terrains meubles, les tarières hélicoïdales continues forent rapidement à faible profondeur (15 à 25 mètres). Avec une vitesse lente, les tarières tournent dans le sol jusqu'à se remplir, puis elles sortent du trou pour être vidées. Le modèle des tarières varie selon le type de la formation du sol à forer (**Figure III-13**).



Figure III-13 : Une tarière

B) -2-3 Technique de forage ROTARY :

La technique du forage Rotary (**Figure III-14**) utilise une ligne de sonde où est monté un outil (trépan), cette ligne de sonde et le trépan sont animés d'un déplacement en rotation à une

vitesse variable et d'un déplacement vertical causé par une partie du poids de la ligne. Les tiges sont creuses pour permettre la circulation de la boue depuis et vers le fond du forage. La dureté des terrains rencontrés détermine le type de trépan adapté.

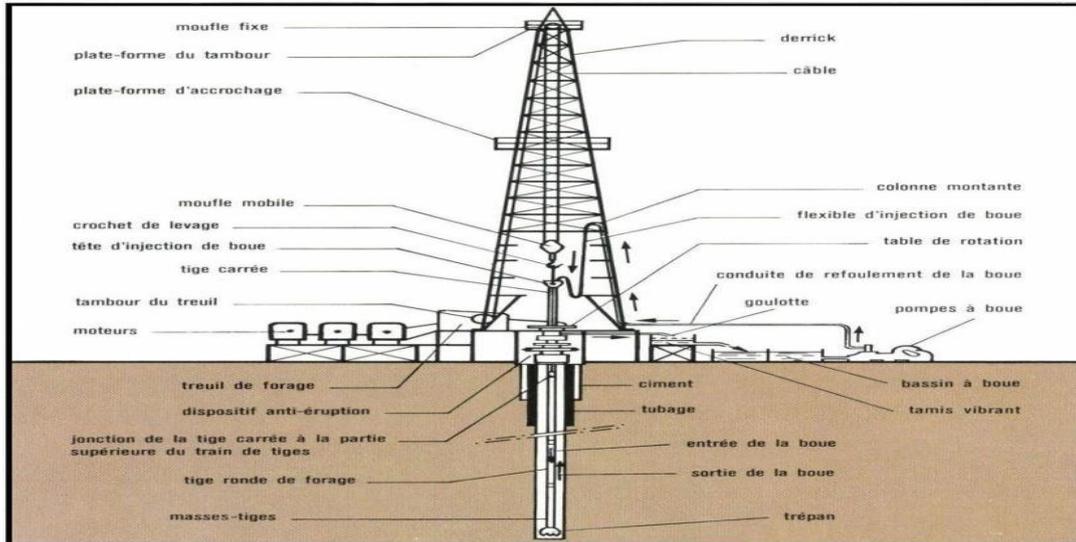
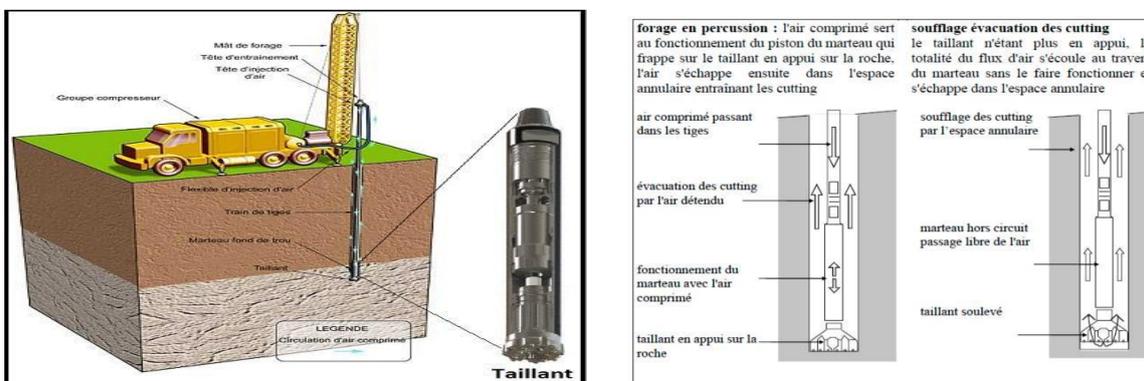


Figure III-14 : Schéma d'un « mât » ou « derrick » réalisant un forage par la technique Rotary

B) -2-4 Procédé de forage : Marteau Au Fond de Trou (M.F.T) :

Ce procédé de forage (**figures III-15**) utilise un marteau pneumatique, équipé de taillants, fixé à la base d'un train de tiges animé en percussion par l'envoi d'air comprimé. à haute pression (10 à 25 bars). Ce procédé convient aux terrains durs (calcaires et grès). Il convient de signaler que la technique par MFT est parfois couplée à l'emploi de *mousses inertes* de forage (injectées dans le circuit d'air) pour favoriser la tenue des parois et la remontée des cuttings.



Figures III-15 : Schéma explicatif d'un forage au MFT et procédé de fonctionnement du marteau pneumatique

B) -2-5 Technique de forage par havage (procédé Benoto) :

Il s'agit d'un type de forage qui peut être effectué par curage ou par havage (**figure III-16**). Les tubages s'enfoncent dans la formation du sol sous l'effet de leurs propres poids, parfois en combinaison avec l'action de vérins hydrauliques. Une benne se déplace de manière progressive et prélève la partie du sol emprisonnée à l'intérieur du tubage (en dessous du niveau de la nappe, il est recommandé d'utiliser une soupape). Afin de faciliter l'enfoncement ou l'arrachage des tubages, il est commode d'utiliser des vibreurs hydrauliques. Dans le but de fractionner des éléments grossiers ou des blocs, rencontrés au cours du taillage, on utilise un trépan tombant en chute libre



Figure III-16 : procédé de forage par havage

B) -2-6 L'équipement du forage

Après avoir foré, il est recommandé de placer le tubage le plus rapidement possible afin d'éviter les risques d'effondrement des terres dans le trou du forage (plus la profondeur est grande, plus les risques sont importants). L'équipement du forage consiste à une opération de chemisage du trou en vue de son exploitation. On utilise deux types de tubes : les tubes pleins et les tubes crépinés (leur matière peut être en acier ordinaire, en acier inoxydable, en PVC, etc...) (**Figure III-17**). Après l'avoir chemisé et avant son exploitation, un forage doit être développé en vue d'optimiser la productivité de la formation de l'aquifère située autour des tubes crépinés et de garantir sa stabilité.

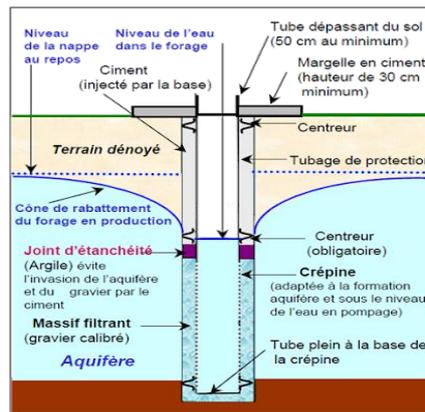


Figure III-17 : Exemple d'équipement de forage

C) Galeries et tunnels :

Ces techniques sont utilisées lorsque la nappe est peu profonde et peu épaisse. Les galeries sont de petits tunnels creusés dans la roche pour permettre la traversée et le drainage d'une nappe d'eau souterraine. Habituellement, ces ouvrages sont subhorizontaux et ont une largeur d'environ 1 à 2 mètres et une hauteur qui avoisine 1,8 à 2 mètres. Les eaux sont collectées puis canalisées par une galerie ou des drains horizontaux ou subhorizontaux complémentaires venant parfois se brancher à la galerie principale. Ces galeries peuvent avoir une longueur variable, allant de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres, voire plusieurs kilomètres (**figures III-18, III-19 et III-20**).

La nature des terrains et leurs caractéristiques déterminent principalement la méthode de réalisation d'une galerie. Ces ouvrages sont généralement constitués de semelles d'appui, de parois poreuses ou munies de barbacanes : inclinées vers le haut à l'intérieur du drain. Il est recommandé d'assurer l'uniformité de la méthode de réalisation d'une galerie sur tout le linéaire, compte tenu des coûts élevés et du temps nécessaire pour installer de nouveaux équipements. Les procédés d'excavation utilisées pour la réalisation des drains captant sont les suivantes :

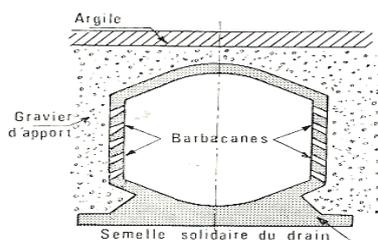


Figure III-18 : Coupe type d'un drain captant

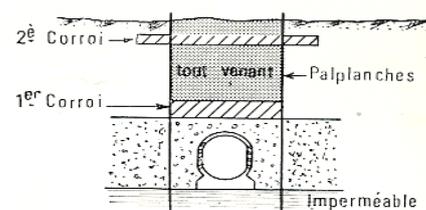


Figure III-19 : Procédé de mise en place d'un drain captant

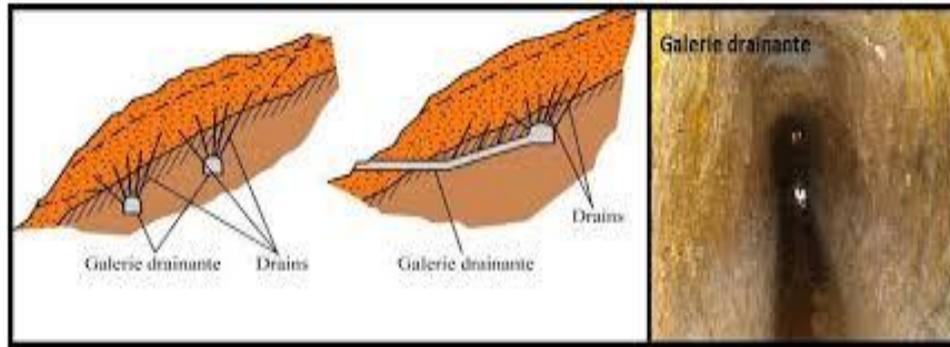


Figure III-20 : Disposition et connexion des drains avec la galerie drainante

D) Puits avec des drains rayonnants :

Ce puits est équipé de drains tubulaires horizontaux disposés dans plusieurs directions radiales. Cet ouvrage comporte deux parties distinctes : le cuvelage et les drains. Les rendements hydrauliques considérables sont ce qui rend les puits à drains rayonnants bénéfiques (débits importants, rabattement modéré du niveau de la nappe, etc...).

E) Puits avec des galeries drainantes :

En combinant ces deux dernières techniques, on peut augmenter le volume d'eau soutiré. Une galerie drainante horizontale peut être creusée à partir du fond d'un puits et plusieurs puits peuvent être reliés entre eux par une ou plusieurs galeries drainantes horizontales enterrées.

F) Autres techniques de captage de l'eau souterraine :

D'autres techniques sont utilisées pour le captage des eaux souterraines, parmi celles-ci :

- ✓ Les tranchées drainantes : (plusieurs kilomètres) élaborées pour acheminer l'eau gravitairement en surface d'une nappe poreuse. L'objectif est de creuser un puits en altitude pour évaluer la profondeur de la nappe phréatique et de creuser ensuite une tranchée de l'aval vers l'amont, en pente douce, pour rejoindre la zone humide qui a été découverte au départ.
- ✓ On les appelle les « Foggaras » en Algérie, « Khettaras » au Maroc, « Qanât » en Iran et « Karez » en Inde : Cette technique est similaire à la précédente méthode, à la seule différence qu'à la place de la tranchée drainante, une galerie de taille humaine est creusée. A intervalles réguliers, On creuse des puits pour aérer et évacuer les déblais (**Figures III-21 et III-22**).

Pour augmenter le débit, il suffit d'agrandir les galeries en ajoutant d'autres galeries annexes. Ce système offre la possibilité d'écouler l'eau de manière continue, sans pompage ni évaporation. Néanmoins, en cas de faible utilisation, l'eau se perd dans la nature.

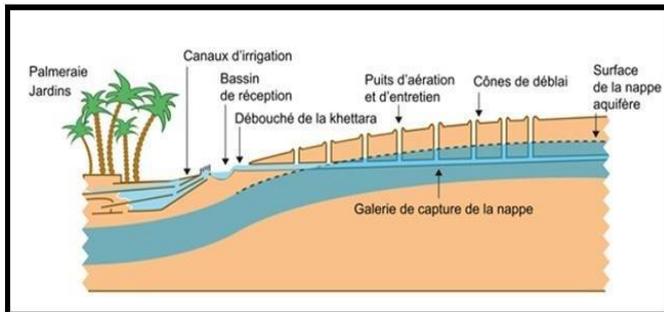
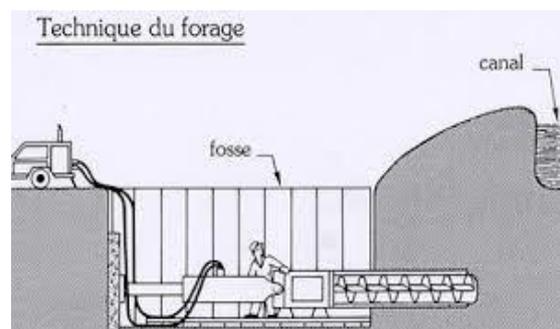


Figure III-21 : Ppe de fonctionnement d'une « foggara ». Figure III-22 : Vue aérienne d'une « foggara »

- ✓ Une pointe filtrante : procédé effectué à une profondeur réduite (maximum 8 mètres), habituellement exécuté dans des sols sableux. On enfonce manuellement ou mécaniquement des tubes de diamètres variants entre 2,5 et 5 cm (jusqu'à 8 cm au plus). L'eau est ensuite aspirée par le biais du tube dont la crépine est la pointe, ce procédé est seulement utilisé pour faire rabattre les nappes en vue de travaux d'urbanisme.
- ✓ Le forage horizontal (Figures III-23) : En raison de leur structure et la présence d'obstacles géologiques (lithologies rebelles), certains aquifères ne peuvent être atteints qu'à l'aide d'un forage horizontal. La méthode consiste à creuser horizontalement dans le sol entre deux puits : un puits d'entrée et un puits de sortie.



Figures III-23 : Procédé d'exécution d'un forage horizontal

III-2 Installations de pompage

Les stations de pompage ont le rôle d'extraire par pompage l'eau de son milieu naturel et l'amener à une bêche d'aspiration. De même, un dispositif de pompage permet le relèvement de l'eau depuis un réservoir intermédiaire (ou bêche de reprise) vers un réservoir de tête. L'eau ainsi mobilisée est de l'eau brute, c'est-à-dire n'ayant subi aucun traitement physico-chimique depuis son prélèvement. Il est donc nécessaire de traiter l'eau brute avant son acheminement vers une usine de potabilisation.

Dans tout type de station de pompage, les critères hydrauliques sont essentiels pour élaborer une bonne conception des équipements. Les incertitudes peuvent engendrer des conséquences déplaisantes sur le bon fonctionnement des installations. Lors des études, il est important de s'assurer que le réseau existant peut supporter les pressions induites par les pompes.

Des régimes transitoires apparaissent lors des mises en service et des arrêts des installations, soit d'une façon automatique, soit en conséquence de coupures de courant électrique. Il est souvent recouru à différentes protections afin de sauvegarder le système de pompage et surtout les pompes.

III-2-1 Pompage de l'eau superficielle

En ce qui concerne les captages de l'eau de surface, (rivières, fleuves, barrages ou lacs), les prélèvements se font, soit gravitairement, soit par refoulement par des groupes électropompes d'exhaure vers des bèches de reprise (ou bassins tampons) ; dans le cas des fleuves et rivières, les aspirations par pompage sont souvent délicates à étudier, car les plans d'eau à partir desquels on fait transiter cette eau vers une bêche de pompage sont très variables au cours de l'année. En effet le niveau du cours d'eau est déterminant quant à la fixation des hauteurs géométriques minimale et maximale pour le pompage.

En ce qui concerne le pompage où la crépine est distante du corps de la pompe, le NPSH (Net Positive Suction Head) fait penser à la cavitation et au fait qu'il y a une limite extrême du niveau bas des bèches d'aspiration en deçà de laquelle il est impossible que la pompe fonctionne sans risque de détérioration. En effet le NPSH ne dépend que de l'altitude de pose de la pompe et de la température des eaux pompées. Dans tous les cas, il est impératif de comparer la compatibilité du NPSH disponible de l'installation avec le NPSH de la pompe. Le NPSH requis varie amplement avec le type et le matériau des roues des pompes.

Pour qu'un liquide se déplace à un certain débit, la pompe doit générer une dépression supplémentaire. Cette dépression doit être d'autant plus grande que le débit désiré est important. Cette dépression supplémentaire liée au débit de la pompe se nomme le NPSH requis.

La capacité dénommée NPSH disponible : est la charge absolue à l'aspiration (l'unité est en mètres) :

$$\text{NPSH disponible} = H_a = P_{\text{atm}} - H_{\text{ga}} - J_a - P_{\text{vs}}$$

Où : P_{atm} : Pression atmosphérique (≈ 10 mètres).

H_{ga} : Hauteur géométrique d'aspiration (mètres).

J_a : Pertes de charge dans la conduite d'aspiration (mètres).

P_{vs} : Pression de vapeur saturante (mètres).

Afin d'éviter que la cavitation ne se produise, il est nécessaire d'avoir :

$$\text{NPSH disponible} > \text{NPSH requis}$$

Les stations élévatoires sont toujours placées à proximité des prises d'eau, elles sont constituées généralement des parties suivantes :

- 01) Les bâches d'accumulation de l'eau ou bâches d'eau.
- 02) Une salle des pompes Pour définir les dimensions de l'ouvrage, on prend en considération les dimensions des groupes électropompes, des canalisations, des pièces spéciales de raccordement, des pièces de protection, de lecture et de commande. La définition des caractéristiques du groupe électropompe repose sur le débit qu'il doit fournir et la hauteur à laquelle il doit élever ce débit, Hmt : La hauteur manométrique totale est égale à hauteur géométrique d'aspiration plus la hauteur géométrique d'élévation plus les pertes de charges totales subies).
- 03) Le compartiment des installations électriques, généralement isolé de la salle des machines, comporte les dispositifs de commande et de protection ainsi que l'appareillage électrique de la station.
- 04) Les annexes comme le magasin, atelier de maintenance, installations sociales, bureau, etc....



Figure III-24 : Station de pompage avec 02 groupes électropompes à axe horizontal

III-2-2 Pompage de l'eau souterraine

Dans le cas d'une source, la station de pompage doit s'implanter à proximité du point de captage à condition que celui-ci se situe tout-près du réservoir, sinon, on définira son emplacement à partir d'une étude appropriée qui tient en compte la topographie des lieux.

Les installations de pompage en forage sont toujours situées au-dessus de l'ouvrage même. En effet, les groupes électropompes (ou GEP d'exhaure) sont placés au bout des colonnes d'aspiration et immergées dans l'eau au sein du tubage du forage, le reste de l'installation est situé dans un abri en génie-civil édifié à ce sujet. L'abri du forage est généralement constitué de deux parties isolées l'une de l'autre : l'une abrite la tête du forage avec une ouverture au toit (située en face de l'ouvrage et destinée aux manœuvres de maintenance) avec la tuyauterie et les pièces correspondantes (vanne, clapet anti-retour, compteur, joint de démontage, ventouse, manomètre pour la lecture de la pression de service, etc.), et l'autre comporte le dispositif de commande et de protection de la pompe avec la partie apparente des câbles d'alimentation de la pompe ainsi que le disjoncteur principal. Le poste de transformation électrique peut être soit perché sur un poteau électrique, soit abrité dans une niche en génie-civil. Les grandes stations de pompage sont souvent dotées de dispositifs anti-bélier afin de protéger les groupes électropompes.

La circulation de l'eau à une très grande vitesse peut provoquer l'entraînement des particules fines contenues dans la formation aquifère. La vitesse limite au-delà de laquelle on commence

à noter des migrations de particules fines est appelée vitesse critique : pour les sables silteux (ou sables limoneux) la vitesse critique est de 1 à 2 cm/s quant aux graviers fins elle est de 18 à 80 cm/s. Lors de l'exploitation des forages, les vitesses limites dans les formations aquifères et à travers les pores des crépines ne doivent pas être dépassées afin d'éviter le colmatage par les particules fines et la détérioration des pompes.

La conception des prises d'eau de ces installations en forage doit prendre en compte les conditions suivantes (**Figure III-25**) :

- 01) La vitesse minimale requise de circulation de l'eau dans l'espace annulaire est de l'ordre de 0,6 m/s.
- 02) La position de la crépine par rapport au niveau dynamique de la nappe doit assurer une circulation de l'eau autour du moteur de la pompe pour garantir son refroidissement. Ne jamais mettre la crépine en face des tubes crépinés du tubage afin d'éviter les remontées de sable.
- 03) Tout débit soutiré par la pompe doit être compatible avec le débit du forage.

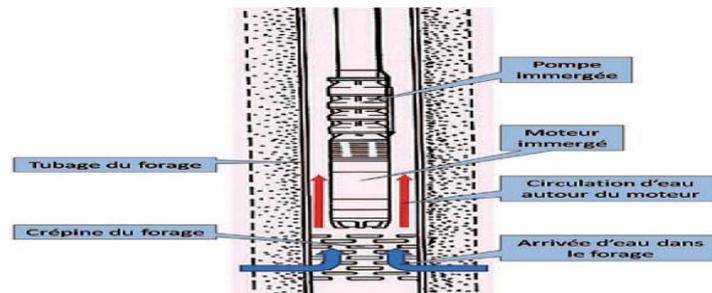


Figure III-25 : Remontée d'une eau prélevée d'un forage

Si dans un captage d'une nappe phréatique, le pompage dépasse la capacité de l'aquifère à se recharger à partir des eaux superficielles ou d'une autre nappe en raison d'un pompage excessif, le niveau de la surface piézométrique de cette nappe se rabaisse rapidement en générant les conséquences suivantes :

- ❖ Tarissement des sources et des points d'eau moins profonds localisés à la périphérie du point de captage surexploité.
- ❖ Empirement des situations de sécheresse et risques de déplacement des sols, déshydratation et retraits des sols argileux avec apparition de fentes susceptibles de

faciliter la pénétration de polluants, augmentation de la concentration en minéraux des tourbes déshydratées, etc....

- ❖ Mauvais Impacts écologiques accentués par l'assèchement des zones humides proches,

Habituellement, la conception des prises d'eau et la détermination du type de pompes dépendent principalement des caractéristiques hydrauliques de l'installation et de la nature de la ressource d'eau.

III-3 Les conduites destinées à l'adduction de l'eau potable :

L'adduction consiste à transférer l'eau de la source naturelle à la station de traitement et de la station de traitement vers les réservoirs de distribution.

III-3-1 L'adduction gravitaire

Dans l'adduction gravitaire, l'écoulement peut être effectué, soit à surface libre (par un aqueduc ou un canal), soit en charge (par une conduite forcée), ce procédé est adopté lorsque la côte de la source est supérieure à la côte du réservoir d'accumulation ou de la bache de reprise.

Adduction par aqueducs (ouverts ou fermés) :

Ils sont soit de sections trapézoïdales, soit ovoïdes ou circulaires, généralement uniforme sur tout le parcours assurant un écoulement qui se fait à surface libre sous l'effet de la pente, c'est-à-dire sans pression. Ces ouvrages sont conçus pour pouvoir transiter le débit voulu :

- Les aqueducs construits à la fin du siècle dernier sont en maçonnerie de moellons de 0,25 m d'épaisseur moyenne.
- La préférence va avec la section circulaire en raison de la facilité d'exécution et du plus grand débit transporté (la section d'écoulement est toujours prise avec une hauteur égale à environ $\frac{3}{4}$ du diamètre de l'ouvrage).
- Pente faible et sensiblement constante, elle doit osciller autour de 1/10.000.
- Les écoulements dans les aqueducs doivent être permanents, uniformes et à surface libre.
- La longueur des aqueducs est généralement importante.

- La vitesse d'écoulement à travers les aqueducs doit être faible d'environ 0,6 à 1,0 m/s et ne doit pas dépasser 1,20 m/s, de même qu'elle doit être constante le long du parcours d'où une grande et unique section transversale.
- La topographie naturelle du terrain détermine la nécessité d'adjoindre des ouvrages annexes (exemples : arcades, siphons, tunnels, etc...).
- Dans les aqueducs, il est possible de perdre des quantités d'eau par évaporation ou par infiltration.
- Dans ces ouvrages, l'eau est éventuellement exposée aux pollutions volontaires ou accidentelles.

Ces ouvrages sont munis de parties annexes, à savoir, les regards de visite, les têtes de siphon, les traversées de routes, les déversoirs de superficie ou de côté qui permettent d'évacuer l'eau dans le cas de manœuvres à l'aval.

III-3-2 Le procédé d'adduction par refoulement

Si la cote du point de captage est inférieure à celle de la bêche de reprise (bêche d'aspiration) de la station de pompage, on procède à une adduction par refoulement, c'est-à-dire en utilisant un dispositif de pompage.

Le choix du tracé, et du diamètre de la conduite d'adduction obéit à des conditions technico-économiques :

- 1) Adopter le profil en long le plus régulier possible avec une ascendance continue sans contre-pentes afin d'éviter, durant l'exploitation, des éventuels cantonnements d'air pouvant se former aux points hauts de la conduite, et qu'il serait délicat de les éliminer.
- 2) Les adductions projetées ne doivent en aucun cas contenir des vifs changements de direction afin d'éviter les coudes fermés et de ne pas avoir à réaliser des butées importantes.
- 3) Le profil en long adopté doit être le plus court possible afin d'économiser en investissement et en exploitation (les pertes de charge, les hauteurs d'élévation augmentent la consommation d'énergie électrique).
- 4) Le choix du diamètre économique de la conduite repose sur un arrangement établi entre la part annuelle de l'amortissement du coût de l'ensemble des tâches liées à la réalisation de la conduite d'adduction, qui augmente avec le diamètre des canalisations, et les dépenses annuelles pour l'exploitation de la station de pompage, qui diminuent quand le diamètre de

la conduite augmente. La somme de la valeur de l'amortissement annuel sur le coût total de la réalisation de la conduite d'adduction avec le coût annuel d'exploitation de l'usine élévatoire présente une valeur minimale correspondante à un certain diamètre économique.

- 5) L'arrivée de la conduite d'adduction doit s'effectuer par surverse, c'est-à-dire en chute libre, afin de provoquer une oxygénation de l'eau, surtout lorsqu'elle est souterraine, naturellement pauvre en oxygène dissous. Cette variante d'arrivée d'eau permet une conservation de l'altitude du point le plus élevé de l'adduction et donc de la hauteur géométrique de refoulement, ce qui permet aux pompes de travailler à débits et hauteurs constantes (Le débit de fonctionnement est étroitement lié à la hauteur manométrique totale.). Pour cette raison et afin d'éviter l'augmentation des pertes de charge occasionnées durant l'écoulement, il est déconseillé d'effectuer des piquages sur une conduite d'adduction par refoulement.
- 6) L'élévation de l'eau doit se faire sur une hauteur étudiée au préalable, cette hauteur, Hmt (hauteur manométrique totale) prendra en considération la hauteur géométrique entre les deux plans d'eau, d'arrivée et de départ ainsi que les pertes de charge subies par la veine d'eau le long de son parcours (**Figure III-26**),

$$H_{mt} = H_{asp.} + H_{ref.} + \text{Pertes de charge (aspiration)} + \text{Pertes de charge (refoulement)}$$

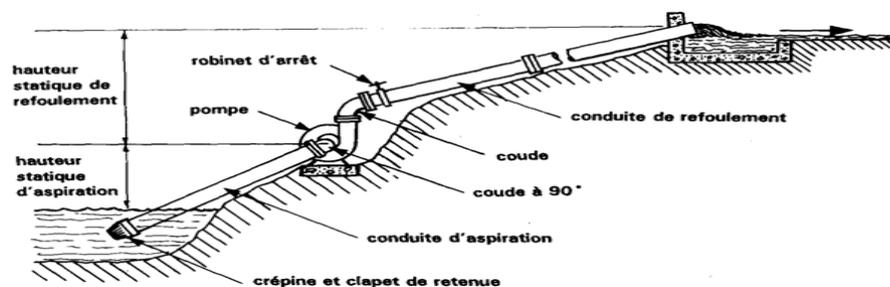


Figure III-26 : Aspiration à partir d'une retenue et refoulement vers un bassin d'accumulation

Les avantages des adductions par refoulement peuvent être résumés à ce qui suit :

- 1) L'eau circule à des vitesses plus importantes dans les conduites fermées.
- 2) L'eau circule dans un milieu hermétiquement isolé de l'extérieur, ceci implique qu'il y a moins de pertes d'eau et il n'y a pas de risques de pollution.
- 3) La pente de la conduite n'est pas soumise à des contraintes.
- 4) Le parcours de l'eau dans les conduites fermées admet des pertes de charges plus importantes que celles occasionnées dans les canaux ouverts ou aqueducs.

5) Les conduites d'adduction par refoulement sont confrontées à divers problèmes qui peuvent conduire à leur détérioration et à la dégradation de la qualité des eaux qu'elles transportent. Citons les plus importants :

A) "Les coups de bélier" sont des phénomènes courants provoqués par les changements brusques de la vitesse d'écoulement de l'eau dans les canalisations, surtout quand l'adduction est faite par refoulement : La fermeture immédiate des vannes ou des électrovannes, ou une coupure brutale du courant électrique, peut entraîner un retour d'eau par le fait de la dépression, ce qui comporte un risque fatal pour la conduite. Il n'est pas possible de supprimer complètement les effets du coup de bélier, mais il est essentiel de les limiter à des valeurs compatibles avec la résistance des installations.

Les appareils anti-bélier les plus utilisés, ayant pour rôle de limiter les dépressions et les surpressions, sont les volants d'inertie (protection contre les dépressions), les soupapes de décharge (protection contre les surpressions), les réservoirs d'air et les cheminées d'équilibre (protège à la fois contre les surpressions et les dépressions).

B) La pollution de l'eau peut avoir diverses origines : une pollution à la source, ou une pollution microbiologique causée par un éventuel microfilm qui se forme sur la paroi interne de la conduite. Des fibres d'amiante peuvent s'introduire dans l'eau potable à partir des conduites d'amiante dégradées. Les conduites de refoulement sont exposées aux risques de fuites, de phénomènes de retraits-gonflements des terrains argileux, de glissements de terrains, de subsidence (affaissement lent) due à une baisse du niveau piézométrique des nappes, ou risques des actions sismiques.

Un autre risque de pollution peut être à l'origine de l'entrée d'eau polluée dans la conduite quand elle est ouverte (temps des réparations) et en dépression (cas où elle est temporairement hors service) et en même temps noyée dans un réservoir d'eau biologiquement ou chimiquement polluée, les polluants peuvent être aspirés, et par la suite répandus dans le reste du réseau. De même, la pollution peut survenir lors de la submersion des conduites et de leurs équipements par les pluies abondantes, les inondations, ou la submersion marine, etc.

III-4 Usines de potabilisation

Il est indéniable que la qualité de l'eau destinée à la distribution est l'une des principales préoccupations du gestionnaire. Les caractéristiques physiques, chimiques et bactériologiques tolérées de l'eau varient considérablement en fonction des usages auxquels elle est destinée. Il est primordial de bien faire la distinction entre les usagers et les utilisateurs de l'eau (**A. Erhard ; Cassegrain ; J. Margat et Masson, 1983**). Étant donné que le réseau distribue une eau unique, il est essentiel qu'elle soit adéquate pour tous les usagers. Il n'y a qu'un seul compromis possible : se conformer aux normes de potabilité de toutes les utilisations, même les moins exigeantes.

En raison des coûts élevés liés à la production d'eau potable à partir d'eau brute, on a souvent suggéré la mise en place d'un double réseau : Une eau potable pour les usages nobles (boisson, etc.) et une autre eau légèrement traitée pour les usages moins exigeants (chasse d'eau, nettoyage de trottoirs, etc...). Cette solution rencontre des obstacles économiques (création et maintenance de deux réseaux au lieu d'un seul) et des précautions d'hygiène (c'est dangereux d'introduire dans les réseaux d'eau une source potentielle de contamination, que ce soit dans les villes ou dans les habitations). Il est impératif de restreindre strictement l'utilisation d'un réseau d'eau non potable aux usages collectifs et industriels.

III-4-1 Les normes de potabilité de l'eau produite et les impacts de l'eau polluée sur la santé des individus.

D'après l'OMS, l'eau potable est celle destinée à la consommation en milieu urbain et qui ne doit contenir, en quantités dangereuses, ni substances chimiques ni germes nocifs pour la santé, elle doit, en outre, être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent. Cette définition permet de définir si une eau est potable en fonction des normes de potabilité qui s'appliquent à plusieurs grandeurs jugées pertinentes dans ce domaine.

Il convient de souligner qu'il est recommandé d'avoir une minéralisation adéquate dans une eau destinée à la boisson (une eau en provenance d'une distillerie est nocive à consommer !), les propriétés organoleptiques de l'eau potable (particulièrement le goût) dépassant une concentration de 8 g/l de minéraux majeurs la feraient le plus souvent rejetée par les usagers. Avec une concentration dépassant les 100 mg/l, les nitrates peuvent provoquer la méthémoglobinémie infantile. Dans plusieurs pays, on a observé une corrélation statistique inverse (contredit leur indépendance) entre les consommations prolongées de l'eau dure et les

mortalités liés aux maladies cardiovasculaires (**rapport de l’OMS, 1972 a**). Par ailleurs, la carence ou la surabondance de l’iode et le fluor dans l’eau potable, peuvent provoquer des troubles sur la glande thyroïde et les dentures.

Même en faibles concentrations dans les milieux aquatiques, les métaux lourds tels que le plomb, le mercure et le cadmium, ainsi que les micropolluants organiques tels que les pesticides provenant de rejets d’origine industrielle, d’épandages agricoles ou même d’ordures domestiques peuvent nuire à la santé humaine. Le danger d’empoisonnement provient de l’accumulation de ces substances dans l’organisme humain en buvant l’eau polluée. L’empoisonnement est accentué par la consommation d’espèces vivant dans cette eau et comestibles par l’être humain (poissons notamment). Les conséquences extrêmes de la consommation de ces substances sont : le saturnisme à cause du plomb, la maladie de Minamata en raison du mercure, la maladie itai- itai due à l’ingestion du cadmium. L’utilisation prolongée d’une eau contenant de telles substances peut entraîner d’éventuels effets cancérogènes et tératogènes (effet sur l’embryon).

Les bactéries du genre Salmonella provoquent des affections telles que les fièvres entériques (relatifs aux intestins) telles que la fièvre typhoïde et la fièvre paratyphoïde. Le taux de mortalité peut atteindre 10 à 20%, la fièvre paratyphoïde est par contre moins grave, plus courte et moins meurtrière. La pollution fécale est associée à la présence de bactéries pathogènes, surtout la bactérie coliforme Escherichia coli, considérée comme indicateur de pollution bactériologique.

On lie étroitement à l’absorption de l’eau contaminée des maladies telles que : la dysenterie amibienne (maladie infectieuse et contagieuse conduisant à une inflammation intestinale grave), la dracunculose (maladie caractérisée par une lésion cutanée avec des douleurs type brûlures) et la schistosomiase (ou bilharziose : maladie provoquant des atteintes aux voies urinaires et au foie et une fibrose de la vessie). Ces maladies sont provoquées par des protozoaires (microorganismes unicellulaires) ou des helminthes (vers parasites).

Les normes de potabilité varient en fonction des pays et des organisations internationales (CEE, OMS, Santé Canada). Cette diversité n’est pas surprenante, car l’application de ces normes sur une eau ne fait que de se rapprocher de ses critères de potabilité. Les procédés d’application de ces approches dépendent des ressources disponibles (médicales, scientifiques, budgétaires, etc...) dans chaque pays. La production de l’eau potable à partir d’une eau brute

en provenance d'une rivière ou d'une nappe utilise fréquemment des méthodes appropriées afin d'atteindre le niveau de qualité souhaité. (Degrémont, 1972).

Même dans les pays développés, et malgré les efforts fournis, une surveillance inadéquate des réseaux oblige à raffiner davantage les caractéristiques de toute eau destinée à la distribution, surtout en ce qui concerne les zones rurales (P. Hubert, 1984).

En Algérie, les quantités d'eau produites et distribuées doivent répondre à tout instant aux normes de potabilité fixées par la réglementation algérienne, ces critères sont basés sur les normes internationales.

En effet, les objectifs de la qualité et les normes auxquels doivent répondre toute eau destinée à l'alimentation en eau potable sont définis dans l'annexe du décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 qui correspond au 12 Juin 2011 qu'on rappelle dans le tableau suivant (Tableau III-1) :

Tableau III-1 : Valeurs limites des constituants physicochimiques de l'eau potable selon le décret exécutif n° 11-219 du 12 Juin 2011 (Journal Officiel n° 34 du 19 Juin 2011)

Groupes de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs maximales	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l (Pt)	200	20
	Odeur (taux dilution à 25°C)	—	20	3
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Chlorures	mg/l Cl	600	500
	Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité (à 20°C)	μS/cm	2800	2800
	Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg/l(O ₂)	7	< 3
	Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l(O ₂)	30	—
	Matières en suspension	mg/l	25	25
	Sulfates	mg/l(SO ₄)	400	400
	Taux de saturation en oxygène dissous	(% O ₂)	30	> 70
	Température	(°C)	25	25
Paramètres chimiques	Ammonium	mg/l	4	0,5
	Baryum	mg/l	1	0,7
	Bore	mg/l	1	1
	Fer dissous	mg/l	1	0,3
	Fluor	mg/l	2	1,5
	Manganèse	mg/l	1	0,05
	Nitrates	mg/l(NO ₃)	50	50
	Phosphore	mg/l	10	5
Paramètres chimiques	Arsenic	μg/l	100	10
	Cadmium	μg/l	5	5
	Chrome	μg/l	100	50
	Cuivre	Mg/l	2	0,05
	Cyanures	μg/l	100	50
	Mercure	μg/l	10	6

	Plomb	µg/l	50	10
	Sélénium	µg/l	50	10
	Zinc	mg/l	5	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques	µg/l	1	0,2
	Hydrocarbures dissous	µg/l	1000	10
	Phénols	µg/l	2	0,5
	Agents de surface	mg/l	0,5	0,2
	Azote Kjeldahl	mg/l	3	1
	Pesticides	µg/l	1	0,5
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100ml	20.000	20
	Entérocoques	n/100ml	10.000	20
	Salmonelles	-	Absence dans 1000 ml	Absence dans 5000 ml

Les normes algériennes pour l'eau traitée se basent sur la réglementation européenne (Directive 98/93/CE du 03 Novembre 1998) et les lignes directrices de l'OMS (Guidelines for Drinking-water Quality – 4^e édition du 4 Juin 2011) dont les limites de base des principaux paramètres physicochimiques sont rappelées dans le tableau suivant (**Tableau III-2**) :

Tableau III-2 : Lignes directrices des valeurs limites des constituants physicochimiques fixées par l'OMS (2011)

Nom de l'élément/substance (chimique)	Formule chimique	Limites établies dans les lignes directrices de l'OMS
Aluminium	Al	0,2 mg/l
Ammonium	NH ₄ ⁺	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	0,02 mg/l
Arsenic	As	0,01 mg/l
Amiante		Pas de valeur guide
Baryum	Ba	0,7 mg/l
Béryllium	Be	Pas de valeur guide
Bore	B	0,5 mg/l
Cadmium	Cd	0,003 mg/l
Chlore	Cl	Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	Chrome total : 0,05 mg/l
Couleur		Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ²⁺	2 mg/l
Cyanure	CN ⁻	0,07 mg/l
Oxygène dissous	O ₂	Pas de valeur guide
Fluorure	F ⁻	1,5 mg/l
Dureté	mg/l CaCO ₃	200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S	0.05 à 1 mg/L
Fer	Fe	Pas de valeur guide
Plomb	Pb	0,01 mg/l

Manganèse	Mn	0,4 mg/l
Mercure	Hg	Inorganique : 0,006 mg/l
Molybdène	Mb	0,07 mg/l
Nickel	Ni	0,07 mg/l
Nitrate et nitrite	NO ₃ , NO ₂	50 et 3 mg/l (exposition à court terme)
		0,2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité		Non mentionnée
pH		Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Sélénium	Se	0,01 mg/l
Argent	Ag	Pas de valeur guide
Sodium	Na	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄	500 mg/l
Étain inorganique	Sn	Pas de valeur guide : peu toxique
TDS	-	Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1 000 mg/l
Uranium	U	0,015 mg/l
Zinc	Zn	3 mg/l

L'organisme exploitant des systèmes d'AEP en Algérie (ADE) effectue des analyses systématiques sur les sites de production et de stockage, sur le réseau de distribution et chez le consommateur. L'organisme dispose de 720 spécialistes qui interviennent quotidiennement dans le traitement et dans le contrôle de la qualité de l'eau produite et distribuée sur l'ensemble du territoire national (El-Watan, Fév. 2019).

En Algérie, l'eau potable fournie dispose d'une concentration en sels minéraux équilibrée et adéquate pour la consommation des individus. À température ambiante, elle n'est ni agressive ni entartrante pour les installations sanitaires.

III-4-2 Stations de potabilisation et composition d'une eau brute

Du point de captage jusqu'à la station de traitement, l'eau brute est transportée par des canalisations, soit par gravité, soit en charge par le biais de moyens de pompage, en fonction des caractéristiques hydrauliques et géographiques du site. Les installations mises en place doivent être protégées non seulement contre toute source de contamination bactériologique, chimique, etc. mais aussi de toute intrusion étrangère pouvant nuire à leur sécurité. Les traitements d'une eau de surface doivent pouvoir s'adapter à une modification temporaire répétitive de la qualité de l'eau.

III-4-3 L'adaptation des traitements à l'eau brute

L'eau brute issue des captages est généralement non potable, et exige d'être traitée dans des stations spécialisées qu'on appelle usines de potabilisation. En fait, en fonction de son origine, de son environnement et des milieux qu'elles traversent, une eau brute est chargée par différents éléments minéraux, organiques ou d'agents polluants etc...). Ces éléments pouvant être naturels ou non modifient les caractéristiques physiques, chimiques, et par conséquent organoleptiques.

Généralement, les eaux souterraines ont, pendant longtemps, été qualifiées « d'eaux propres » répondant naturellement aux normes de potabilité, seule une désinfection simple suffit pour les transformer en des eaux de consommation qui respectent les normes en vigueur. Cependant, une eau provenant d'un lac ou d'une rivière nécessite un traitement plus rigoureux. Les stations de potabilisation ne sont pas toutes identiques, les traitements accordés doivent être adaptés à la ressource concernée.

III-4-4 Les principales phases de production d'eau potable

En général, on distingue deux phases de traitement : la clarification et la désinfection (**figure III-27**), auxquelles est ajoutée parfois une étape complémentaire si la qualité de l'eau brute l'impose. La clarification est basée sur des procédés physiques et des procédés physico-chimiques. La désinfection repose sur des procédés chimiques, des traitements neutralisants et acidifiants et des procédés physiques.

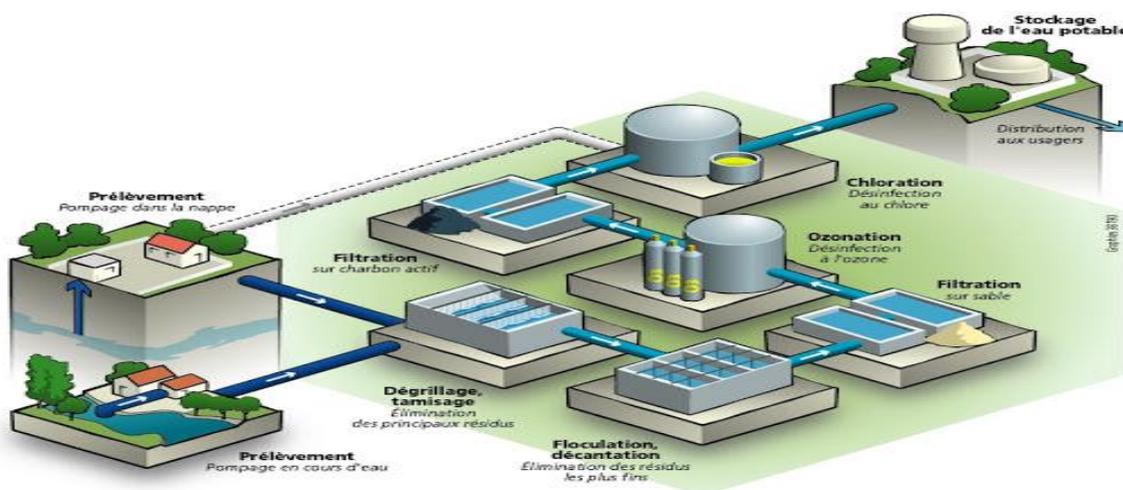


Figure III-27 : Captages, étapes de production, stockage et distribution d'eau potable

En fonction des caractéristiques de l'eau prélevée, la production d'une eau potable peut découler d'un processus de potabilisation plus ou moins délicat en passant par différentes étapes de traitement.

En général, Il existe quatre types de procédés : physique, chimique, physicochimique et biologique. La potabilité de l'eau superficielle est généralement obtenue en suivant une filière plus complète que celle de l'eau souterraine. La potabilisation de l'eau des sous-sols utilise, par exemple, les procédés suivants : le dégrillage, le tamisage, la coagulation plus la floculation plus une décantation, une filtration par le sable, une ozonation, une filtration par le charbon activé et la chloration.

A) Les procédés du traitement physique

Ce procédé vise à éliminer les matières en suspension (MES) en effectuant les opérations suivantes : le dégrillage, le tamisage, la décantation, la filtration et parfois la flottation :

- 1) **Le dégrillage** : L'objectif de cette opération est de protéger les installations des gros objets flottants tels que les branches et les feuilles en installant des grilles de rétention.
- 2) **Le criblage** : L'eau issue du processus de dégrillage est filtrée de manière alternative à l'aide de tamis à mailles de plus en plus fines, qui retiennent les déchets d'origine végétale et animale, les alluvions, les herbes, les algues et les planctons.
- 3) **La décantation simple** : Sous l'effet de la gravité, les particules les plus lourdes se déposent au fond du bassin.
- 4) **La filtration** : Des membranes ou des filtres contenant du sable et du charbon actif permettent à l'eau de circuler plus ou moins rapidement.
 - ❖ Les filtres à sable sont placés en début de filière afin de retenir, notamment, le fer et le manganèse.
 - ❖ Les filtres à charbon actif, placés en fin de filière après un éventuel traitement oxydant, absorbent les polluants organiques résiduels dissous, tels que certains pesticides ou des hydrocarbures.
- 5) **La flottation** : En insufflant de l'air comprimé à partir du fond du bassin, les particules remontent en surface où elles sont raclées puis évacuées.

Les polluants organiques et les microorganismes peuvent être éliminés par l'effet des rayonnements ultraviolets. Les plus récentes méthodes de filtration par membranes, notamment,

la microfiltration, l'ultrafiltration et la nanofiltration permettent une gamme de filtration pouvant aller jusqu'à ne laisser passer pratiquement que des molécules d'eau (épuration totale de l'eau), mais ils sont très coûteux en maintenance et en énergie.

B) Les procédés du traitement chimique

Ce traitement implique l'utilisation de réactifs chimiques qui agissent directement sur les métaux lourds, les matières organiques et les germes pathogènes. Il est possible d'utiliser de la chaux pour modifier le pH de l'eau afin de la rendre plus douce ou plus agressive. L'oxydation par le chlore élimine l'ammoniaque et le fer, et empêche la croissance des algues. Néanmoins, par l'oxydation, des sous-produits (les trihalométhanes), suspectés d'être toxiques pour l'homme, peuvent se former. En outre, les résines échangeuses d'ions permettent d'éliminer les ions nitrates par substitution.

L'utilisation des oxydants puissants tels que le peroxyde (eau oxygénée) ou l'ozone permet d'éliminer le fer, le manganèse et les micropolluants, de rendre les matières organiques plus biodégradables, et d'avoir une action organoleptique très significative (ex. l'élimination de l'odeur et le goût de terre). En fin de filière, on effectue toujours une désinfection par le chlore ou l'ozone.

Pour réguler la dureté de l'eau et son pH, il est possible d'utiliser des traitements neutralisants et acidifiants. Cela vise, entre autres, à protéger les canalisations contre la corrosion et/ou l'entartrage.

C) Les procédés du traitement physico-chimique

Lorsque l'élimination des matières en suspension (MES) n'est plus possible par les procédés de filtration et de décantation à cause de la finesse et de la légèreté des particules en suspension, un recours est indispensable à des procédés couplant l'effet chimique d'un produit réactif à une opération physique. Afin de permettre aux particules de se déposer dans le fond du bassin, il est nécessaire de combiner l'étape de décantation à deux étapes chimiques afin de permettre le groupement des particules en amas plus pesants :

- 1) La coagulation : On ajoute des sels de fer ou d'aluminium à l'eau afin de réduire les forces électrostatiques de répulsion entre les particules et permettre leur coagulation.

- 2) La floculation : Après la coagulation, l'eau est lentement brassée afin de permettre aux particules de s'agglomérer en amas de plus en plus gros. En devenant pesants, les amas se déposent plus rapidement dans le fond du bassin sous l'effet de la gravité.

D) Les procédés du traitement biologique

Le traitement biologique utilise les microorganismes naturellement présents dans l'eau, principalement les bactéries, elles dégradent la matière organique biodégradable, qu'elle soit naturelle ou formée de micropolluants artificiels, et la transforment en produits plus simples et moins dangereux pour l'homme.

Les filtres introduits dans la filière, permettent de fixer les bactéries qui se développent en surface pour construire un bioréacteur formé de bactéries dénitrifiantes qui transforment les nitrates (NO_3^-) en azote gazeux (N_2). D'autres filtres à sable, par exemple, favorisent la croissance de bactéries nitrifiantes qui éliminent l'azote ammoniacal (NH_4^+). De façon générale, plus la vitesse de filtration est lente, plus le processus biologique est efficace (**eau France, le portail de l'information sur l'eau**)

III-4-5 Les critères de potabilité d'une eau

Une eau est considérée comme potable si elle respecte les normes qui garantissent un niveau de risque acceptable. Les critères de qualité sont établis par des décrets et des lois concernant les eaux destinées à la consommation humaine. La potabilité continue d'évoluer en fonction des progrès des connaissances scientifiques et techniques.

La définition d'une eau potable repose sur une série de paramètres. Actuellement, plus de 60 critères sont en vigueur, couvrant les propriétés microbiologiques, les caractéristiques physico-chimiques et chimiques, la performance radiologique et la qualité organoleptique.

- ✚ Les caractéristiques microbiologiques : une eau potable doit être exempte de certaines bactéries d'origine fécale (les bactéries se dénomment : coliformes et streptocoques fécaux), parasites ou virus pathogènes.
- ✚ Les caractéristiques physicochimiques : la température, la conductivité, le pH et l'oxygène dissous.
- ✚ La qualité chimique : A l'exception des sels minéraux, les tolérances sont au millionième de grammes de substances chimiques par litre. Les concentrations maximales admissibles

doivent être minimales en substances toxiques telles que le plomb (ne doit pas dépasser 10 µg/l), le chrome, autres métaux lourds, hydrocarbures et arsenic. Il existe un seuil à ne pas franchir de concentration en substances nocives comme celle du fluor, des nitrates et des phosphates. Il n'est admissible que d'infimes traces de pesticides ou de leurs apparentés, comme Il n'est toléré que des teneurs minimales en calcium, magnésium, carbonates et bicarbonates pour les eaux ayant subies des procédés d'adoucissement ou de minéralisation.

✚ La qualité radiologique : activité en Tritium [le tritium ^3H est un isotope radioactif (de l'hydrogène) émis dans l'environnement par les industries nucléaires] et selon la loi, l'évaluation de la Dose annuelle Totale Indicative (DTI) est soumise à des modalités de contrôle spécifiques.

✚ La qualité organoleptique : odeur, couleur, goût.

III-4-6 Affinage et amélioration des caractéristiques d'une eau

A sa sortie des usines de potabilisation, une eau devient, généralement, d'excellente qualité. Cependant, l'eau produite, dans son long séjour dans les dispositifs de stockage (réservoirs) et de transport (canalisations) subira une dégradation de sa qualité acquise par les traitements de potabilisation. En réalité, l'eau peut voyager dans le réseau de distribution pendant une période allant de quelques heures à plusieurs jours et sera en contact avec les matériaux qui composent les conduites qui la transportent.

Pour préparer l'eau à ce long voyage, il faudra effectuer plusieurs étapes de traitements complémentaires : une neutralisation avec une teneur en CO_2 agressive, déferrisation et adoucissement de l'eau, tout en prévenant l'entartrage. (Blindu I., 2013). Les micropolluants, considérés comme corps dissous, sont éliminés par un traitement d'affinage. Pour cela, on utilise soit du charbon actif en granulés, soit de l'ozone.

III-4-7 Les opérations de contrôle de la qualité de l'eau potable

Des inspections de la qualité de l'eau sont réalisées depuis les puits jusqu'aux réseaux de distribution, en passant par l'usine de potabilisation et les réservoirs. Des laboratoires process appartenant aux exploitants effectuent ces opérations d'autocontrôles qui sont basées sur des prélèvements d'eau.

Dans certaines circonstances, des stations d'alerte peuvent être aménagées à l'aval du point de captage afin de permettre d'alerter sur d'éventuelles altérations de l'eau captée, causées

essentiellement par des pollutions accidentelles, des efflorescences algales (augmentation relativement rapide des algues), des variations brutales du débit, et ce, en vue d'un ajustement des taux de traitement appliqués dans les usines de potabilisation.

Enfin, il est important de noter que les produits chimiques utilisés pour le traitement et la correction de la qualité de l'eau de consommation humaine sont définis par la réglementation en vigueur. Toute personne œuvrant au niveau d'ouvrages et installations d'exploitation d'un système public d'eau potable doit faire l'objet d'un suivi médical selon les modalités réglementaires. Les personnes atteintes de maladies pouvant être transmises par voie hydrique ne peuvent exercer des fonctions ayant un contact direct avec l'eau destinée à la consommation (Art. 112, 114, 116, 117 de la loi des eaux).

III-5 Les réservoirs

III-5-1 Définition du réservoir

Un réservoir est une enceinte, fabriquée de matériaux divers (béton armé, maçonnerie, métaux, etc....), de confinement de l'eau, permettant son stockage en vue d'une utilisation ultérieure. En effet, Les réservoirs sont utilisés pour stocker temporairement de l'eau potable en vue de sa distribution, Leur rôle principal est d'assurer des pressions et des débits d'eau adéquats entre la période de production (du captage au stockage) et la période de distribution (du stockage à la consommation).

III-5-2 Classification des réservoirs

Les réservoirs peuvent être classés suivant les considérations suivantes :

- 1) D'après la nature des matériaux, on distingue :



Figure III-28 : Réservoir métallique

Figure III-29 : Réservoir en maçonnerie

Figure III-30 : Réservoir en bois

- Réservoirs métalliques (**Figure III-28**),

- Réservoirs en maçonnerie (**Figure III-29**),
- Réservoirs en bois (**Figure III-29**),
- Réservoirs en béton armé, ordinaire ou précontraint.

2) D'après la situation des lieux, ils peuvent être :

- Enterrés,
- Semi-enterrés (**Figure III-31**),
- Surélevés sur tour (**Figure III-32**).

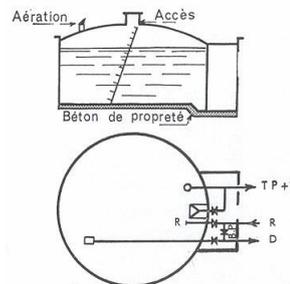
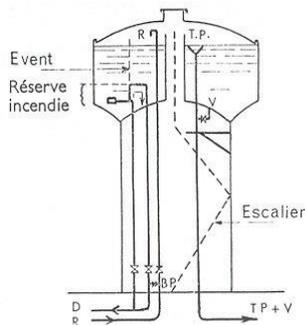


Figure III-31 : Réservoir semi-enterré (en béton armé)

Figure III-32 : Réservoir surélevé (en béton armé)

3) Apparences dans la nature :

- ✚ Dissimulés ou cachés,
- ✚ Apparents et intégrés au paysage.



Figures III-33 : Schémas descriptifs de réservoirs (surélevé et semi-enterré)

III-5-3 Utilité des réservoirs

Si l'adduction s'effectue d'une façon gravitaire avec quotidiennement un débit sensiblement constant, l'existence des réservoirs est absolument incontournable afin de pouvoir effectuer une distribution appropriée au moment des heures de pointe. Par contre, certains techniciens estiment qu'avec une régularité de fourniture d'énergie électrique, la bonne qualité des équipements électromécaniques, le maillage des réseaux de distribution, les réservoirs ne sont pas indispensables et que l'on peut injecter l'eau directement dans les réseaux tout en variant

volontairement les débits selon les besoins. Il est à noter qu'en zones rurales, plusieurs agglomérations de l'Algérie sont dépourvues de réservoirs.

En effet, une injection directe dans le réseau peut également apporter un appoint de pression à des heures dont les réservoirs pourront se révéler insuffisants. Hormis ces particularités et étant donné les conséquences de différents incidents pouvant résulter dans la distribution de l'eau, et par mesure de sécurité, il est préférable de préconiser l'établissement d'un réservoir d'accumulation. Les arrêts de distribution d'eau peuvent résulter des causes suivantes :

- 1) Accident sur la conduite générale de refoulement : peut résulter d'une simple modification d'un élément de conduite, y compris temps que prendraient les opérations de nettoyage et de désinfection.
- 2) Accident sur un forage, un puits ou sur un captage : peut résulter de dommages sur un ou plusieurs équipements qui nécessiteraient des opérations de réparations ou de changements.
- 3) Introduction dans le réseau d'une eau trouble ou suspecte, et qui doit être mise en décharge.
- 4) Arrêt de travail (grève) du personnel de l'organisme qui exploite les réseaux d'AEP.

Il est important de noter que s'il se trouve qu'un incident grave (incendie exceptionnel par exemple) survient en même temps que l'un ou l'autre des incidents évoqués ci-dessus, qu'elle serait la situation sans avoir prévu un réservoir dans le système ?

Les réservoirs, dans la majeure partie des cas, offrent les avantages suivants :

- A) Les pompes fonctionnent d'une façon régulière sans variation du débit et de la hauteur de relèvement, ce qui simplifie l'exploitation des équipements.
- B) Les sollicitations des points d'eau sont régulières : Le soutirage intensif des eaux souterraines, pourrait conduire à l'endommagement des ouvrages, et à la mise en péril des nappes ou gisements aquifères.
- C) Le réseau de distribution fonctionne avec une pression sensiblement régulière émise par l'altitude des eaux contenues dans le réservoir.

En fait, on peut dire que les réservoirs peuvent assurer, aux heures de pointe, les débits maximaux demandés. De plus ils permettent de combattre efficacement les incendies (**Dupont, 1979**).

III-5-4 Emplacement des réservoirs

Dans le cas où les conditions géographiques, techniques, esthétiques et économiques sont adéquates, il est recommandé que le réservoir soit situé au centre de l'agglomération à desservir. En réalité, quand on éloigne le réservoir de la ville, nous sommes obligés d'augmenter, soit son altitude, soit le diamètre de la conduite principale de distribution qui lie le réservoir à l'agglomération.

Généralement, pour des raisons d'esthétique, et en présence de reliefs à proximité de l'agglomération à desservir, le réservoir est établi en limite d'agglomération. En fait, une étude technico-économique approfondie, ainsi que les conditions locales du site où se situe l'agglomération et le point de captage, déterminent le meilleur emplacement du réservoir. Sur un relief, on peut opter pour la construction d'un réservoir semi-enterré, largement plus économique qu'un réservoir sur tour. Dans tous les cas, il faut signaler que plus la côte d'implantation du réservoir est élevée, plus les dépenses de l'usine élévatoire seront importantes, et plus on diminuera le diamètre de la conduite d'adduction gravitaire, plus les pertes de charge seront accrues.

Donc, par comparaison de plusieurs variantes, il doit en résulter une version technico-économique qui regroupe un réservoir et une adduction gravitaire dont les dépenses d'investissement et d'exploitation sont étudiées.

VII-5-5 Réservoirs dans la distribution étagée

Compte tenu de la topographie de nombreuses zones du pays, surtout au Nord, et qui présentent de fortes pentes, et pour éviter les trop fortes pressions (au-delà de 04 bars) dans les réseaux desservis par un seul réservoir en crête, l'organisation de la distribution d'eau opte pour le découpage du réseau en étages de distribution permettant ainsi d'assurer à tout moment des pressions optimales dans les différentes zones pour la desserte des habitations et la défense incendie. En effet à la tête de chaque étage, il est souhaité de prévoir un réservoir de stockage permettant une autonomie de distribution de 24 heures.

III-5-6 Réservoirs supplémentaires d'équilibre

Dans le cas où une ville s'étend dans une ou plusieurs directions, l'unique réservoir peut devenir insuffisant à garantir la desserte optimale des habitations et ne peut donner en extrémité

du réseau que des pressions trop faibles, surtout aux heures de pointe. On aura recours alors à un ou plusieurs réservoirs d'équilibre, en liaison avec le réservoir principal, qui pourront être alimentés durant la période où les consommations sont faibles, c'est-à-dire durant la nuit principalement, et partiellement pendant le jour. La capacité des réservoirs d'équilibre est calculée sur la base des besoins de la zone à desservir. Pour leur remplissage par simple gravité, ils doivent avoir une cote inférieure à celle du réservoir principal.

III-5-7 Altitude des réservoirs

Le rôle essentiel du réservoir est de donner aux abonnés une pression suffisante au moment de la pointe, l'emplacement choisi pour édifier cet ouvrage doit impérativement prendre en considération cette hypothèse. En conséquence, le niveau du radier de la cuve du réservoir doit avoir une cote plus élevée que celle de la plus haute cote piézométrique exigée sur le réseau. L'évaluation de la perte de charge entre le réservoir et le point de plus haute cote piézométrique à desservir permet d'avoir une première approximation de l'altitude du radier de la cuve.

L'estimation de la cote du radier du réservoir et la topographie des lieux définiront le type de réservoir à adopter.

Toutefois, il est recommandé pour la détermination de la cote du radier de ne pas omettre de considérer les éventuelles extensions futures de l'agglomération, c'est-à-dire de placer le réservoir quelques mètres plus haut qu'il est nécessaire pour les besoins présents.

III-5-8 Capacité des réservoirs

En alimentation urbaine, il est recommandé de prendre une capacité minimale de 50 % de la plus forte consommation journalière. Au volume ainsi obtenu, on ajoute un volume qui représente la réserve d'incendie. Généralement, il est recommandé d'assurer une charge minimale de 50 cm à 1 m au-dessus du point de départ de la conduite de distribution afin d'éviter des rentrées d'air à l'intérieur du réseau.

Le calcul théorique de la capacité des réservoirs repose sur la répartition des débits de distribution, généralement différente d'une agglomération à une autre. Comme il est difficile de connaître, avec précision, les modalités de distribution de chaque agglomération, il est conseillé, en alimentation urbaine, et tout en prévoyant les extensions futures, sans pour autant exagérer, le temps de stagnation de l'eau dans la cuve, de considérer une capacité

correspondante à une journée de consommation, augmentée, éventuellement, de la réserve d'incendie, généralement estimée à 120 m³ (Dupont, 1979).

III-6 Les réseaux de distribution de l'eau potable

Le réseau de distribution de l'eau potable comprend des canalisations et des ouvrages qui assurent le transfert de l'eau entre le réservoir de stockage et les utilisateurs. Le réseau proprement dit est un ensemble de conduites reliées entre elles de façon à assurer l'alimentation en eau des usagers en toutes circonstances.

Habituellement, l'eau circule dans le réseau par gravité. En effet, l'eau parcourt les tuyaux du réseau grâce à la pression hydrostatique générée par le poids du volume d'eau stocké dans le réservoir.

L'eau est distribuée dans un réseau de canalisations dans lesquelles seront piqués les branchements particuliers en vue de l'alimentation des abonnés. Un réseau de distribution est dit performant quand il fournit, avec des pressions satisfaisantes, des débits et des volumes d'eau souhaités à tout moment de sa durée de vie.

Il est donc impératif d'analyser précisément les besoins des consommateurs, d'appréhender leurs pratiques de consommation et de prendre en compte les évolutions futures de tous ces paramètres. Le réseau de distribution doit être conçu de manière à prendre en charge, d'une façon satisfaisante, toutes les situations critiques qui peuvent apparaître lors de la desserte, à savoir :

- Consommation de pointe horaire,
- Consommation de pointe journalière, avec la défense d'un ou plusieurs incendies,
- Consommation journalière maximale en cas de casse de conduite principale, ou secondaire,
- Autres situations particulières.

Plus précisément, les objectifs auxquels les réseaux devront répondre sont :

- ✓ Fournir de l'eau en quantité suffisante aux usagers sans interruptions, ou au moins avec un minimum d'interruptions,
- ✓ Maintenir des conditions d'utilisation confortables qu'elles que soient les périodes (débits et pressions).

- ✓ Maintenir la qualité de l'eau selon les normes requises de potabilité

En se basant sur la situation urbaine et l'importance de la ville, on peut classer les conduites de distribution en trois catégories :

- Les conduites principales ou artères :** sont les conduites principales qui partent du réservoir ou des stations de pompage dans le but de mener l'eau à tous les points du réseau par le plus court chemin. Avec des diamètres économiques étudiés, les artères doivent avoir une disposition susceptible à assurer des pressions uniformément distribuées dans le secteur ciblé.
- Les conduites secondaires :** reçoivent de l'eau des artères et l'acheminent vers les branchements.
- Les branchements :** comparées aux artères et aux conduites de service, ce sont des conduites de plus faible diamètre localisée entre la conduite de service et le compteur particulier de l'abonné. Le diamètre du branchement est établi en fonction des besoins et de la typologie de l'abonné. (**Figure III-34**).



Figure III-34 : Deux branchements particuliers en PEHD Ø25 sur conduite en PEHD Ø90

Les réseaux sont constitués par une composante linéaire, représentée par les canalisations, de pièces de raccordement, comme les joints ou les manchons, et de pièces dites 'spéciales', comme les vannes, les tés, les coudes, les cônes de réduction, etc..... Les dispositions des réseaux de distribution de l'eau ne sont pas de la même forme et dépendent des particularités du terrain d'assise, de l'agglomération, et des modalités de fonctionnement.

Les réseaux de distribution peuvent être classés comme suit :

III-6-1 Le réseau ramifié

C'est un réseau constitué par des ramifications successives à partir d'une conduite principale qui se divise en plusieurs conduites secondaires (**Figure III-35**). En plus qu'il est économique, un tel réseau fonctionne toujours avec un même sens d'écoulement de l'eau, des réservoirs vers les extrémités. La connaissance du sens d'écoulement permet une meilleure maîtrise du fonctionnement et de l'exploitation du réseau.

Néanmoins, son inconvénient est qu'il ne garantit ni sécurité ni souplesse en cas de rupture d'une canalisation parce qu'il n'offre aucune alimentation en retour. Par ailleurs, il pourrait y avoir des chutes de pressions aux heures de pointe dans certains secteurs.

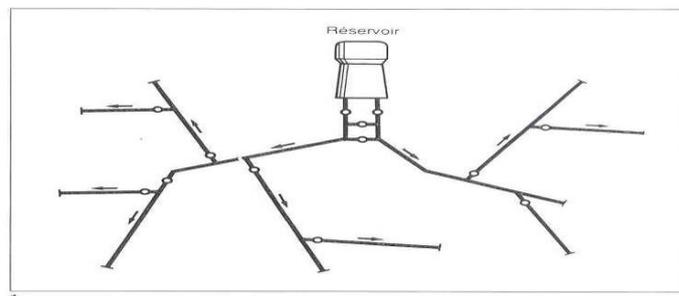


Figure III-35 : Réseau ramifié

III-6-2 Le réseau à mailles

Ce type de réseau est formé de boucles (mailles) et de nœuds qui relient au moins deux canalisations (**Figure III-36**). L'alimentation de l'un des tronçons raccordés au nœud se fait au moins par un autre tronçon raccordé au même nœud, cela garantit un approvisionnement en eau, même en cas de dommages dans d'autres parties du réseau. Cependant, on peut déceler des inconvénients du réseau maillé :

- a) Faible connaissance et maîtrise du fonctionnement du réseau.
- b) Risque de stagnation de l'eau sur certains tronçons.
- c) Inversion possible du sens de circulation de l'eau (entraînant des dysfonctionnements au niveau des compteurs de sectorisation).
- d) Repérage difficile des tronçons défectueux qui peuvent engendrer des fuites ou des contaminations.

Le calcul d'un réseau de distribution maillé est plus complexe que celui d'un réseau ramifié, surtout dans les villes importantes (recours obligatoire à un logiciel de modélisation).

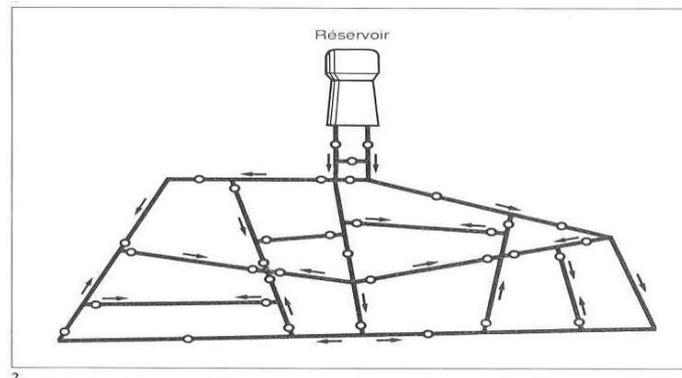


Figure III-36 : Réseau maillé

III-6-3 Le réseau de distribution d'eau à étages (figure III-37).

Si le relief du terrain d'assise d'un réseau de distribution renferme des dénivellations trop fortes, il est nécessaire de concevoir des zones étagées qui ne sont pas liées en termes de pression. On met en place entre les étages du réseau, soit des vannes réductrices de pression dans le cas où l'eau provient d'un étage plus élevé, soit des dispositifs de surpression si l'eau provient d'un étage plus bas. La pression limite à ne pas dépasser dans les nœuds et les canalisations d'un tel réseau de distribution est de 4 bars (40 m colonne d'eau).

En plus, la réalisation de la structure du réseau de distribution doit prendre en compte l'aspect de la sécurité de distribution, par la mise en place d'interconnexions entre les différents étages de distribution, permettant ainsi de secourir un étage par un autre en cas d'incident sur le réseau ou en cas de coupure partielle d'eau au niveau des aménages de la ressource principale.

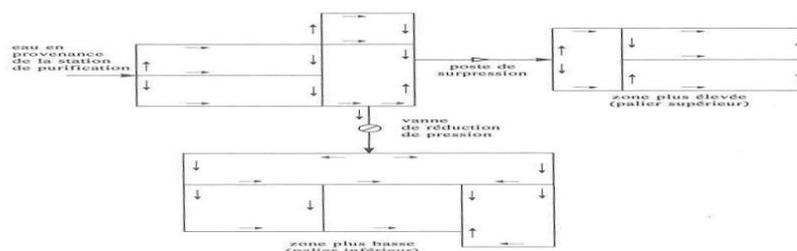


Figure III-37 : Réseau étagé

III-6-4 Le réseau à alimentations distinctes (ou réseaux doubles) :

Ces réseaux alimentent en eau potable les usagers domestiques, industriels et publics (lavage des rues et trottoirs, arrosage des jardins, etc....) par le biais de deux réseaux indépendants. Un réseau transportant de l'eau potable pour les usages domestiques et l'autre réseau achemine de l'eau moins traitée vers les autres types de consommation. La mise en place de ces réseaux se justifie uniquement dans les installations extrêmement importantes.

Le réseau à alimentations distinctes présente l'avantage unique de ne traiter que la partie de l'eau destinée à l'usage domestique. L'inconvénient est le fait d'installer deux réseaux dans une même ville engendrant des coûts d'investissement et d'exploitation supplémentaires.

III-6-5 Nature et matériaux des conduites d'eau potable

Trois considérations sont essentielles pour le choix du matériau des canalisations : La sécurité de service, la longévité et le facteur économique.

Les matériaux des conduites d'eau potable peuvent être classés en trois grandes familles :

- 1) Métalliques : fonte (fonte grise, fonte ductile), acier.
- 2) A base de ciment : béton (béton armé, à âme en tôle, béton précontraint), amiante de ciment.
- 3) Organiques : PVC, PEHD, PRV (Polyester Renforcé de Verre : matériau innovant pour les réseaux)



Fig. III-38 : Tuyaux en fonte grise.



Fig. III-39 : Tuyaux en fonte ductile.



Fig. III-40 : Tuyaux en acier.

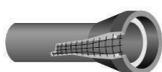


Fig. III-41 : Tuy. en béton armé

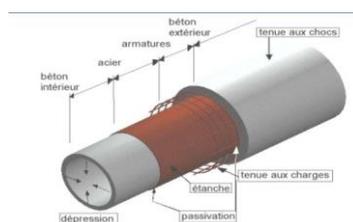


Fig. III-42 : Tuy. en bét. à âme de tôle,



Fig. III-43 : Tuy. en bét. précontraint,



Fig. III-44 : Tuy. en AC



Fig.III-45 : Tuyaux en PVC



Fig.III-46 : Tuyaux en PEHD



Fig.III-47 : Tuyaux en PRV

Conclusion

Tout système d'AEP est composé d'un ensemble d'équipements ayant pour rôle, en démarrant avec une eau brute, soit de surface ou souterraine, de produire une eau saine, transportée et distribuée ensuite aux différents usagers.

Chapitre IV : Les méthodes de gestion des systèmes d'eau potable

Introduction

Vu qu'il existe une diversité de concepts de gestion des systèmes ayant pour rôle l'approvisionnement des populations en eau potable, dont les objectifs ayant été préalablement fixés par les gestionnaires, toutes les politiques, y compris leurs règles, adoptées pour la gestion de ces types de systèmes, ne peuvent être uniformes. Les processus de gestion qui se traduisent par un ensemble d'actions à entreprendre à court, moyen et long terme doivent permettre d'atteindre et de maintenir sur le long horizon une performance élevée du service octroyé, en garantissant, à un coût acceptable, la fourniture d'une eau potable aux usagers. Ces processus doivent, en permanence, s'adapter aux exigences des consommateurs, aux potentialités des ressources en eau, au cadre financier et enfin, aux conséquences prévisibles pour les générations futures.

En d'autres termes, la gestion d'un système d'eau potable est une approche à long terme qui tient compte de son état physique et fonctionnel tout au long de son cycle de vie dans le but d'assurer le niveau de performance requis avec un minimum de risque, le tout dans un contexte économique acceptable. Les stratégies de gestion des systèmes d'eau potable portent sur les axes suivants : la ressource et sa protection, les ouvrages de production, les ouvrages de traitement et leurs conditions d'exploitation, la distribution, la gestion des installations, la prospective en termes de sécurité d'approvisionnement quantitatif et qualitatif.

Le système d'alimentation en eau doit assurer une eau au robinet ayant les qualités sanitaires et techniques requises, pour cela il doit être doté de tous les moyens nécessaires afin de respecter les normes de qualité, d'atteindre les rendements prescrits, de prévoir et de corriger les éventuelles dégradations de la qualité de l'eau au cours de sa distribution.

Le système d'eau doit être doté de tous les dispositifs nécessaires afin d'assurer une alimentation continue des usagers aux différents niveaux du système, avec une quantité suffisante et à une pression convenable, même en cas de crise, de pénurie ou de pollution. Pour ce faire, l'exploitant doit mettre en place une politique qui minimise les temps d'interruption de l'alimentation en eau en assurant une souplesse de manœuvre sur les modalités d'exploitation des réseaux de distribution de l'eau en établissant des plans d'action actualisés. Autrement dit, les pratiques habituelles d'exploitation du système doivent être accompagnées d'un suivi rigoureux et permanent, préalablement planifié, d'opérations d'entretien, de maintenance, et de réhabilitation.

La gestion d'un système d'alimentation d'eau potable se résume aux fonctions de production, de stockage et de distribution de l'eau. La gestion traditionnelle des réseaux, qui se base sur des supports cartographiques où sont représentés les réseaux, peut être difficile à maîtriser. La disposition spatiale des réseaux est complexe, ce qui rend difficile la compréhension du mode de fonctionnement hydraulique de l'eau dans les canalisations, ce qui rend la gestion informatisée de ces patrimoines une opération indispensable. Ce mode de gestion alloue une connaissance précise des caractéristiques du réseau en question, anticipe et saisit les anomalies qui pourraient se produire sur le réseau (exemple : repérage des zones à faibles pressions de service avec déduction des causes apparentées comme les fuites ou autres phénomènes), de déterminer les indices responsables d'autres types de dysfonctionnements, de pouvoir simuler une période plus ou moins longue de fonctionnement optimal afin de donner des correctives qui peuvent mener à une exploitation performante de tout le système d'AEP, d'analyser l'effet des nouvelles situations d'évolution de la consommations ou d'incidents potentiels, de planifier l'adaptation du patrimoine à de nouvelles situations ou des situations de crise, et enfin, ce mode moderne de gestion permet de dimensionner les extensions, les renforcements et les aménagements nécessaires pour la prise en charge de nouveaux abonnés.

En effet, il est indispensable de bien connaître la position, le linéaire, le matériau, le diamètre, l'âge des différentes conduites du réseau ainsi que les informations relatives à toutes les composantes du système (réservoirs, diverses stations, etc.), y compris les appareils de mesure,

de protection et de fonctionnement (vannes, poteaux d'incendie, dispositif anti-bélier, compteurs, etc.).

IV-1 Entretien du système d'alimentation en eau potable

Les exploitants des systèmes d'eau potable sont invités à mener une gestion patrimoniale des réseaux, dans le but de minimiser les volumes perdus d'eau. L'atteinte de cet objectif mène l'exploitant, d'une part, à établir et à actualiser périodiquement un descriptif qui détaille toutes les composantes des réseaux, et d'une autre part, à établir et concrétiser un plan d'actions comprenant un programme pluriannuel de travaux d'amélioration du réseau, tout en veillant à ce que les volumes d'eau susceptibles d'être perdus au niveau des réseaux de distribution ne dépassent pas les limites prédéfinies.

L'entretien des réseaux d'eau potable, qui s'inscrit dans les principes de développement durable « Prévention », est un moyen de prévenir contre la détérioration des infrastructures, le risque d'apparition des maladies hydriques, la réduction des gaspillages d'eau et les fuites.

Enfin, une attention particulière est accordée aux travaux à proximité des réseaux enterrés, aériens ou subaquatiques (sous l'eau) destinés au transfert ou à la distribution de l'eau ; ils devraient être sous l'égide d'une gestion sécurisée en ce qui concerne la préparation et l'exécution des travaux. Des règles de sécurité sont fixées, à savoir :

- ✓ Déclaration préalable exigée des travaux, applicables à l'exploitant ou à son sous-traitant,
- ✓ Préparation du planning des tâches à exécuter, en vue de fournir aux intervenants les données précises sur l'emplacement des canalisations et sur les mesures à préconiser vis-à-vis du voisinage immédiat.

IV-2 Les bonnes pratiques de gestion des systèmes d'eau potable et leurs conséquences prévisibles

Des pratiques appropriées d'exploitation des systèmes d'eau potable contribuent à élever le niveau de performance afin de maintenir une eau potable de bonne qualité et en quantité suffisante jusqu'aux robinets des consommateurs. Essayons de présenter un guide qui permet d'orienter vers une amélioration des pratiques d'exploitation (**Tableau IV-1**) :

Tableau IV-1 : Pratiques d'exploitation recommandées des systèmes de distribution de l'eau potable

Les axes de la gestion	Tâches à entreprendre	Niveau de priorité
Gestion générale du réseau	Toujours actualiser la cartographie du réseau	3
	Programmer périodiquement un rinçage de l'ensemble du réseau	3
	Inspecter et entretenir périodiquement les équipements	2
	Bonne gestion des données recueillies et excellente tenue des dossiers	2
	Assurer le contrôle à distance des paramètres hydrauliques	2
	Minimiser les fuites tout en préservant la qualité de l'eau	2
	Favoriser la communication avec le public	2
	Établir des mécanismes efficaces de coordination et de collaboration interne	1
	Procurer des outils financiers pour l'entretien et le renouvellement des infrastructures sans induire des surcoûts excessifs pour les usagers.	2
	S'assurer de la santé, de la sécurité et de la formation des travailleurs	3
	Prévoir un planning de mesures en cas d'urgence	3
Suivi de la qualité de l'eau	Établir et réaliser un plan d'échantillonnage bien étudié	3
	Se référer aux normes requises de la qualité de l'eau	1
	Surveiller et superviser les raccordements au réseau	1
Limitation des sources d'intrusion et de dégradation de l'eau	Se protéger au maximum des coups de bélier et des pressions transitoires	3
	Limiter les dégâts et prévoir aux risques de contamination d'eau lors de la réparation des conduites	3
	Réduire les risques associés aux différentes ouvertures des réseaux et des réservoirs.	1
	Effectuer des opérations de surveillance et de contrôle des équipements	1
	Porter une attention particulière aux réservoirs	2
	Viser à conserver une pression statique minimale	3
Gestion des pressions	Déterminer et opérer avec des pressions optimales dans les réseaux	2
	limiter les variations de pression	1
Utilisateurs externes	Se préoccuper de l'état de fonctionnement des poteaux et des bouches d'incendie	3

Les pratiques objectives d'une exploitation des systèmes de distribution de l'eau potable devraient aboutir aux résultats suivants :

- 1) Assurer une alimentation continue des usagers, avec une quantité suffisante et à une pression convenable, même en cas de crise de pénurie ou de pollution.
- 2) Minimiser les pertes et les volumes d'eau consommés tout en conservant le niveau de satisfaction des usagers.
- 3) Éradiquer les risques d'atteinte à la santé publique.
- 4) Limiter les coûts liés à la consommation d'énergie, aux produits chimiques, aux mouvements du personnel, aux mesures correctives, aux casses de conduites, aux détériorations des équipements, etc.

- 5) Minimiser les risques de défaillances qui sont dues aux mauvaises interprétations ou à l'absence d'informations.
- 6) Diminuer le nombre des plaintes des usagers et éviter les litiges en faisant preuve de bonne gestion.
- 7) Prolonger la durée de vie des infrastructures,
- 8) Détenir une bonne connaissance du réseau et des autres parties du système,
- 9) Avoir une bonne vision du coût du service octroyé,
- 10) Être en mesure d'économiser, et à long terme, même avec des surcoûts reliés à l'instauration de mesures de prévention.

IV-3 Analyse des systèmes d'alimentation en eau potable

IV-3-1 Notions de risque et des priorités dans le contexte de prise de décisions

Durant leurs utilisations par divers modes d'exploitation, les systèmes d'exploitation vieillissent avec le temps, elles perdent la vigueur de leurs constituants et selon leurs natures peuvent arriver à un stade de fragilité et de dysfonctionnement. Par conséquent, les analyses conduisant à l'évaluation des systèmes d'AEP doivent être permanentes et régulières tout en reliant les aspects de dégradation de ces systèmes avec les facteurs internes et externes ayant causé, ou au moins participé à ces anomalies constatées sur les plans structurel et fonctionnel.

Il se doit d'établir un programme pluriannuel qui prend en compte un ordre de priorité des tâches à effectuer, leurs applications doit se baser sur des critères très pragmatiques et doivent progresser tout en prenant en compte les événements qui peuvent se produire et affectent les systèmes d'eau.

Les techniques entreprises à cet effet se résument à élaborer des bases de données portant toutes les données qui apparaissent le long de l'existence des systèmes en question et qui seront ensuite utilisées comme bases pour les prises de décisions envisagées vis-à-vis des techniques à adopter en vue de dissiper les lacunes et assurer l'amélioration des rendements et des services. En effet, des efforts nationaux et internationaux ont été fournis pour unifier une base de données comportant les indicateurs de performance utilisés par les exploitants.

L'utilisation de nombres de références internationales comme les indicateurs de performance des réseaux d'AEP permettent d'évaluer avec une précision satisfaisante les états fonctionnel et textural de tout système.

La notion de risque provient de l'idée de ne pas faire suffisamment d'améliorations ou par contre d'améliorer d'une façon inappropriée ou inconvenante dans l'espace et dans le temps. Le plan qui porte les projets d'amélioration du fonctionnement des systèmes d'eau comporte des priorités selon des critères environnementaux, techniques, financiers et fonctionnels.

Dans le contexte de cette partie de l'étude, on a essayé d'établir un plan qui suit le fonctionnement des systèmes de desserte de l'eau potable afin d'évaluer leurs fiabilités tout en prenant en considération les particularités dans lesquelles évoluent et fonctionnent ces systèmes.

IV-3-2 Indicateurs de performance et prix de l'eau servie

Les indices techniques de performance qualifient et apprécient l'état structurel, le niveau fonctionnel ainsi que le comportement des différentes parties de tout système d'AEP. Ces indicateurs évaluent la qualité de gestion, de maintenance, d'entretien et de sécurité du patrimoine de desserte d'eau.

Durant les dernières décennies, le critère dominant du fonctionnement du réseau était le taux de la population raccordée. L'exploitant n'était perçu que comme le dépositaire d'un branchement, il est créancier du service et lie l'utilisateur par un contrat d'abonnement. Progressivement, de nouveaux problèmes apparaissent : la dégradation des milieux, l'intensification des activités agricoles, l'urbanisation accompagnée de flux de déchets et d'effluents ayant entraîné l'augmentation des pollutions diffuses (nitrates, pesticides, etc.) des ressources en eau potable. Les gestionnaires des services de distribution de l'eau cèdent le pas devant l'amélioration de la qualité par un recours à des technologies de traitements de plus en plus développées. En effet ces investissements massifs indispensables à améliorer ou, au moins, maintenir la qualité de l'eau jouent un rôle crucial dans la fixation du prix de service de l'eau. En Europe, la décennie quatre-vingt-dix est celle de l'accroissement du prix de l'eau. Les dénonciations des usagers contestant la qualité de l'eau et les prix de service conduit les états à prendre conscience de nouvelles préoccupations, dont la transparence, la communication avec le consommateur et la durabilité du service et du prix.

Enfin, survint l'époque des réseaux performants qui exigent une évaluation plus globale et plus précise en utilisant les indices de performance suscités qui peuvent, à la fois, mesurer l'état fonctionnel du système d'eau, et dresser d'une façon pratique, un inventaire des déficiences

et des avancées du système de distribution. Les indicateurs, qui évaluent le côté technique de l'installation de desserte d'eau, représentent, en quelque sorte, le plan d'action nécessaire à une bonne gestion de ce patrimoine (**Masmoudi, 2009**).

Toutefois, l'appréhension des caractéristiques techniques du patrimoine et la programmation des interventions requises, indispensables à la conservation d'un haut niveau de qualité et un bon degré de performance du service octroyé, sont des actions importantes pour la détermination et la maîtrise du coût de l'eau servie. En d'autres termes, la gestion de telles infrastructures, qui engage toujours une confrontation des données techniques avec les disponibilités financières est devenue un prérequis exigé pour la fixation du coût du service de l'eau.

IV-3-3 Critères de performance des systèmes de distribution de l'eau potable

Jadis, l'évaluation du niveau de performance des systèmes d'eau potable correspondait à la proportion de la population desservie. En effet, l'objectif principal de tout état était un accès à l'eau généralisé à toute la population. C'était pratiquement le seul indicateur de performance caractérisant les systèmes de distribution de l'eau potable. Actuellement, il existe un nombre important d'indicateurs de performance que les services d'eau doivent périodiquement perfectionner et présenter aux usagers. Ces indicateurs peuvent représenter, en partie, un outil d'évaluation du développement durable de l'alimentation en eau potable.

La politique de gestion d'un système d'eau potable vise à atteindre, dans le respect des principes du développement durable (**répondre aux besoins présents, sans compromettre l'avenir des générations futures, en conjuguant responsabilité sociale et économique et préservation de l'environnement**), un niveau performant du service d'eau prescrit par les autorités et attendu par les abonnés tout en leur garantissant sur la durée un prix acceptable de l'eau.

La performance des systèmes d'eau s'articule sur quatre thèmes principaux : la qualité de l'eau distribuée, la continuité du service, la préservation quantitative et qualitative de la ressource en eau et la préservation du cadre urbain et de l'environnement.

Il est à préciser que les impacts des systèmes d'AEP, dans leurs différentes phases de mise en œuvre, sur l'environnement sont des types suivants :

- ✓ La ressource : exploitation intensive et continue de la ressource pour les besoins d'AEP.
- ✓ Les usines de potabilisation de l'eau : nuisances sonores, rejets des eaux non traitées, génération de boues, déchets solides, pollution par les réactifs chimiques et consommation d'énergie.
- ✓ Les complexes d'adduction de l'eau : Émergence dans la nature d'ouvrages ponctuels (réservoirs, stations de pompage, forages, ...) et d'ouvrages linéaires (parties apparentes des conduites de transfert d'eau).
- ✓ Les réseaux de distribution d'eau : Apparition de conduites dans la nature (ex : traversées d'oued) ou d'ouvrages ponctuels (chambre de vanne, niche de ventouse, abri pour compteur ou régulateur de pression, etc....).

A) Sécurité et performance des captages et des ressources :

A) -1 Sécurité et performance des captages :

Le captage doit être assujéti, en premier lieu, des obligations de protection se concrétisant par des normes de conception. Ce type d'installation doit être très bien entretenu et maintenu dans un état optimal de propreté et de désinfection. Pour les captages des eaux de surface, des systèmes de grilles, de défeuillage, de dessablage sont parfois indispensables, notamment pour les prises d'eau en rivière ou en bassin.

Éventuellement, les équipements de ces ouvrages de prélèvement sont soumis à des altérations physiques causés par des phénomènes naturels, mauvais état structurel de l'ouvrage de captage et essentiellement par de mauvais modes d'exploitation. La dégradation des parties constitutives engendre des dysfonctionnements de ces ouvrages. La corrosion des parties métalliques est l'aspect principal du vieillissement de l'ouvrage de captage, ce phénomène conduit à la destruction totale du moyen de prélèvement. Bien entendu, une bonne gestion de la ressource nécessite la mise en place d'éventuels plans de secours applicables lors de crises de production. Ces mesures ont pour effet de réduire les périodes d'interruption de service, qui sont très désapprouvées par les usagers.

En vieillissant, les forages n'auront plus une capacité de production comme au début de leur exploitation et les eaux produites n'auront plus les mêmes qualités. En effet la production en eau de ces ouvrages baisse et la qualité bactériologique se dégrade à cause de l'usure du tubage

plein et crépiné, de l'altération et le colmatage du massif filtrant (Les analyses bactériologiques de l'eau prélevée peuvent permettre la détermination du niveau de vieillissement des forages.

Afin de conserver l'ouvrage de prélèvement d'eau en état optimal de fonctionnement, la structure exploitante devrait, périodiquement, effectuer des opérations d'entretien de deux sortes :

- Les opérations courantes : veiller à ce que la robinetterie et ses accessoires soient toujours étanches et propres, tout en garantissant une aération adéquate de l'espace où les équipements sont installés.
- Grandes opérations d'entretien : lutter contre le phénomène de vieillissement de l'ouvrage par le dessablage, décolmatage, curage, nettoyage intensif avec chloration, curage, pistonnage et réhabilitation de tout le tubage de l'ouvrage.

A) -2 Sécurité et performance des ressources en eau potable :

La ressource doit être adaptée à satisfaire, à moyens et longs termes, les besoins en eau par le biais des moyens de captages utilisés. Afin de prévenir les risques de pénurie, il est essentiel de garantir la pérennité de la ressource en fonction de son mode d'exploitation.

Les conditions environnementales, et essentiellement les activités de l'homme, représentent la principale source de pollution, ce qui amène à se soucier des agents polluants, pouvant dégrader la qualité d'une eau saine, qui risquent d'émerger de l'échange produit entre une ressource vulnérable et un environnement pollueur. L'eau prélevée doit subir des contrôles périodiques par l'analyse des paramètres qui affectent sa qualité. Ces opérations permettent de cibler les paramètres de pollution et définissent les actions à entreprendre lors du processus de potabilisation.

Les ressources provenant des eaux de surface peuvent présenter d'éventuelles défaillances en raison d'un déficit des apports pluviométriques, de travaux d'aménagement réalisés à l'amont du point de captage de l'eau, ou de leur surexploitation due aux prélèvements intensifs, en particulier, par les agriculteurs et les industriels. Les mesures périodiques des paramètres hydrographiques (détermination des débits à partir des mesures des hauteurs d'eau des rivières) reflètent à quel niveau sont connues les caractéristiques de la ressource (volumes du cours d'eau, hauteur submergée du cours d'eau, débits annuels des crues et d'étiage). Les volumes

d'eau soutirés et la fréquence des prélèvements doivent correspondre aux potentialités hydriques de la ressource et à la vitesse de variation de ses caractéristiques.

Une ressource d'eau souterraine (surtout lorsqu'elle est peu profonde) peut être altérée par de nombreux facteurs, généralement d'origine environnementale ou liés à des pratiques d'exploitation. Ces facteurs peuvent conduire à l'épuisement de la ressource, ou encore, à la dégradation de la qualité de l'eau qui en découle. A cet effet, il est fortement recommandé de protéger la ressource contre, en premier lieu, toute infiltration accidentelle ou volontaire de pollution de n'importe quelle origine soit-elle, et en deuxième lieu, de la protéger contre les surexploitations en prenant en considération la confrontation entre les prélèvements effectués et les apports de renouvellement de la ressource.

Les ressources destinées à l'AEP sont soumises à des contrôles qualitatifs obligatoires, en rapport avec des critères de potabilité définis par la loi. Une conservation d'un niveau élevé de performance des ressources en eau, exige de l'exploitant, d'étudier le niveau de risque de dégradation et de pollution qu'encourt un aquifère et ses abords et qui dépend des facteurs suivants :

- ✓ Les caractéristiques hydrogéologiques du site (épaisseur, perméabilité, pH du substrat, du toit et plus particulièrement du gîte du réservoir d'eau).
- ✓ Les activités agricoles et pastorales, actuelles, ou dans le passé (interférences avec les arrivées de puits à proximité, fosses septiques, réseaux d'égout, friches industrielles polluées, etc....).
- ✓ Les phénomènes naturels tels que, les séismes, les glissements de terrain, l'incursion du biseau salé dans la nappe (**Figure I-6**), la présence de sols renfermant des concentrations élevées de matière minérale ou organique nocive aux abords des limites de l'aquifère.
- ✓ Si des fuites peuvent exister le long du puits ou à proximité, et si le sol n'est pas parfaitement imperméable, des polluants peuvent être aspirés par le cône de rabattement de la nappe (cône créé par dépression causée par le pompage), puis dans le réseau d'eau potable (le polluant dissous circulant par capillarité ou solubilité dans l'eau (exemple, les nitrates : risque de nuire à la potabilité de l'eau). La vulnérabilité peut s'étendre à tout le bassin versant.

Dans le but de protéger les aquifères contre les risques de pollution, un ensemble de démarches doit être appliqué sur la totalité, ou au moins, sur une partie du territoire situé en amont hydraulique du captage :

- ❖ Situer des périmètres de protection du captage (PPC),
- ❖ Protéger vis-à-vis des pollutions ponctuelles ou accidentelles (pollutions provenant d'un site identifié, rejet d'un effluent).
- ❖ Assurer un contrôle des activités humaines (décharges, carrières, industries...).
- ❖ Se préserver des menaces de pollutions diffuses des milieux aquatiques et des formations aquifères causées par les activités agricoles et pastorales.

Les points de captage des eaux potables doivent être entourés par des zones de protection dits périmètres de captages qui sont définis selon le degré de vulnérabilité et selon la réglementation en vigueur. On distingue trois niveaux de protection (**Figure IV-1**) :

Périmètre de protection **immédiate** (PPI)

D'une superficie de quelques m² à quelques centaines de m², ces périmètres qui doivent être préalablement acquis par l'État, sont souvent clôturés, boisés afin de les protéger contre l'introduction de substances toxiques dans l'eau ou le sol. A l'exception d'opérations d'entretien de l'ouvrage de captage, toutes œuvres : dépôts, activités ou installations susceptibles de polluer la ressource en eau y sont interdits. Les points de captage sont généralement protégés par un socle en béton, ou parfois, par une construction.

Périmètre de protection **rapprochée** (PPR)

Zone intermédiaire délimitée en vue de la protection du point de captage contre la migration de substances polluantes. Cette zone permet de préserver le captage des risques de pollutions ponctuelles ou accidentelles ainsi que des pollutions diffuses dans le cas des petits bassins versants. Cette zone accepte les activités qui n'induisent pas de risques pour le site de la ressource et le captage et favorise les activités susceptibles de réduire le risque de la pollution. Leur étendue est définie par le degré de sensibilité de la ressource et du captage. A l'intérieur de ces zones, l'ensemble des activités agricoles ou industrielles peuvent être réglementée ou carrément interdites. Les activités et installations suivantes peuvent faire l'objet de mesures particulières de contrôle, de restriction ou d'interdiction :

- ✚ Canalisations des eaux usées,
- ✚ Canalisations, réservoirs et dépôts d'hydrocarbures ou stations de distribution de carburants,
- ✚ Centrales d'asphalte (goudron).
- ✚ Constructions à usages industriels,
- ✚ Décharges de toutes natures,
- ✚ Épandage d'effluents ménagers, industriels ou issus d'activités d'élevage intensif ainsi que de produits phytosanitaires et engrais,
- ✚ Zones d'exploitation de carrières.

Périmètre de protection éloignée (PPE)

Cette zone est facultative, elle est moins contraignante et non obligatoire. Les installations, travaux, activités, dépôts, ouvrages, aménagements ou occupations du sol ne sont pas interdits, mais sont soumis à une réglementation. Cependant, c'est une zone de vigilance particulière vis-à-vis d'éventuelles pollutions accidentelles pouvant altérer la ressource.

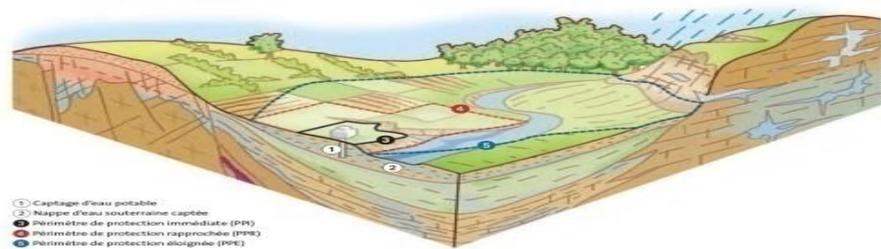


Figure IV-1 : Les périmètres de protection ou périmètres de captage

B) Performance des installations de pompage

Une station de pompage est un ouvrage primordial lorsque l'approvisionnement en eau ne peut être assuré par la force de gravité. L'ouvrage est constitué d'une partie en génie-civil qui assure l'implantation et la protection de tous ses composants, d'une bache à surface libre qui assure une réserve d'amortissement entre le débit arrivant à la station et celui pris en charge par la ou les pompes ainsi que les équipements nécessaires à leurs fonctionnements, qu'ils soient mécaniques, hydrauliques ou électriques. Ces stations sont souvent dotées de systèmes de commande automatique plus ou moins complexes (armoire de commande, automate programmable ou équipement informatique plus complexe), selon l'importance de la station et qui peuvent être ramenés à tout moment en mode manuel.

Les stations de pompages sont toujours conçues avec des dispositifs de protection de leurs équipements afin d'assurer leurs pérennités et éviter leurs endommagements. Les mises en service des pompes ne sont jamais actionnées simultanément mais toujours échelonnées en seuils successifs afin d'éviter des conséquences désastreuses à tous les équipements. En plus, la station doit être dotée de tous les dispositifs de protection contre les incidents possibles, tels que défaut de capteurs, échauffement de moteurs, désamorçage des pompes, pannes d'alimentation, coups de bélier, rupture de conduites, etc...

Les pompes peuvent être immergées ou non suivant la nature de la ressource et de l'existence ou non d'une bêche d'aspiration. Les différents types de pompes se distinguent selon la forme et le nombre des roues, du corps de la pompe :

- ✓ Les pompes centrifuges à écoulement radial s'adaptent mieux aux grandes charges.
- ✓ Les pompes à écoulement mixte sont conseillées pour les charges moyennes.
- ✓ Pour les charges faibles, les pompes à hélices sont meilleures.

Une attention particulière est prêtée aux transformateurs de courant et aux générateurs de l'énergie électrique impérativement dotés d'inverseurs ainsi que de leurs caractéristiques techniques (les inverseurs ont pour rôle d'assurer le démarrage automatique des groupes électrogènes dans le cas d'une suspension de l'énergie électrique. Les perturbations de tension sont responsables de la plupart des dysfonctionnements de ces installations. On évite le dénoyage de la prise d'eau en mettant en place des dispositifs d'alerte contre les dépassements des niveaux d'eau maximums autorisés. Pour éviter leur cavitation, les pompes utilisées doivent fonctionner avec des débits inférieurs à 80% de leur débit de cavitation.

L'apparition des phénomènes transitoires qui affectent les régimes d'écoulement et les pressions est due essentiellement aux coups de bélier, occasionnés par les arrêts brusques des pompes ou à des fermetures instantanées des vannes de sectionnement. Les coups de bélier peuvent engendrer des dommages importants aux dispositifs de pompage et à toutes les installations de l'ouvrage comme ils peuvent perturber intensément le niveau de la distribution (interruption du service, temps d'arrêt occasionné par la levée des dégâts et les opérations de maintenance et de remplacement).

Concevoir une station performante nécessite la prise en considération des caractéristiques suivantes :

- Les caractéristiques de l'eau à pomper
- Le débit d'eau moyen à surélever (actuel et prévisible dans le proche futur).
- Débit de pointe (actuel et prévisible dans le proche futur).
- La concentration dans l'eau de constituants abrasifs ou corrosifs ? la valeur du pH de l'eau, sa température.
- Mode d'exploitation de la station (d'une façon continue ou intermittente, est-elle une station de renforcement ou de soutien, etc...).
- Situation topographique des conduites d'aspiration et de refoulement (hauteur géométrique de refoulement, hauteur manométrique totale requise) avec connaissance des côtes et la connaissance des capacités de stockage internes ainsi que les apports ou les dessertes probables d'à proximité.
- La longueur et le diamètre de la conduite d'adduction.
- Les disponibilités financières et les moyens disponibles de maintenance.

Il est à noter qu'un unique choix technico-économique est pris en considération parmi plusieurs variantes de conception et selon diverses formes de fonctionnement, en prenant en considération les dépenses énergétiques et la sécurité du patrimoine. Toutes les protections requises sont assurées afin de sécuriser les installations contre toute éventuelle inondation, qui peut surgir suite à une panne, un orage, une crue ou bien une marée exceptionnelle.

Les stations doivent être dotées de plannings prévisionnels de maintenance et de renouvellement des équipements, notamment les pompes, dont l'exploitation fait diminuer continuellement leurs efficacité et fiabilité avec le temps. L'accès pour l'entretien devra être facile : relevage sur un rail des pompes immergées, palan ou treuil.

C) Performance des stations de potabilisation

Les équipements des stations de traitement doivent être fiables et performants en tout temps. Il est primordial d'installer des dispositifs de sécurité qui doivent être en mesure de détecter toute anomalie et déclencher une alerte pour intervenir rapidement en cas de défaillance.

Pour être performantes, les stations de traitement de l'eau superficielle devraient pouvoir éliminer à la fois, les parasites, présents dans ce type d'eau et qui résistent même après une chloration, et les virus capables de traverser les filtres. Leur rôle doit permettre d'enlever au minimum 99% des Cryptosporidium, 99% des Giardia et 99% des virus. L'unité de filtration

d'une usine performante doit produire une eau efficacement désinfectée et qui respecte les normes internationales de turbidité. Elle doit fournir les résultats suivants : 01 UTN durant 95% du temps dans les processus de filtration lente ou de filtration à diatomées (algues unicellulaire utilisée dans le processus de filtration lente) ; Un résultat de 0,1 UTN doit être fourni dans le cas de l'utilisation du processus de filtration membranaire et il doit être égal à 0,5 UTN pour tous les autres processus de filtration ; sans aucune filtration, la norme internationale à observer est de 5 UTN.

Par ailleurs, les stations performantes devraient, dans le cas où une eau souterraine captée est saine (démunie de parasites), avoir des critères de conception capables d'éliminer les bactéries et virus, donc une chloration adéquate qui élimine 99,99% des virus.

L'analyse de l'eau dans les installations de traitement portent sur les préoccupations suivantes :

- ✓ Comment évoluent des caractéristiques d'une eau après son passage à travers chaque étape du traitement (eau brute, eau décantée, eau filtrée, eau désinfectée, etc...) ?
- ✓ Comment varient, en fonction du temps, les différentes caractéristiques d'une eau durant son passage à travers toutes les étapes de traitement ?
- ✓ Comment se comporte chacune des étapes de traitement vis-à-vis des caractéristiques d'une eau brute ?
- ✓ Les installations de traitement sont-elles conformes avec les normes réglementaires internationales ?
- ✓ Les coûts de l'investissement et de l'exploitation rapportés à ces complexes de traitement sont-ils justifiés pour la réduction ou l'élimination complète des microorganismes ?

D) Performance des conduites d'adduction

En général, les canalisations destinées à l'adduction de l'eau potable ainsi que tous ces composants et accessoires doivent être constitués de matériaux non susceptibles d'altérer la qualité de l'eau distribuée, l'utilisation du plomb et de l'amiante de ciment est interdite. Les revêtements bitumineux ou en matière plastique, les enduits fabriqués avec des matières dérivées du pétrole, ne doivent être employés pour revêtir les parois internes des conduites que dans le cas où ils ne sont pas susceptibles, au contact d'une eau destinée à la distribution, de se

dissoudre, de se désagréger ou de communiquer à celle-ci des saveurs ou des odeurs désagréables.

E) Performance des réservoirs

D'une manière générale, les réservoirs doivent être constitués de matériaux non susceptibles d'altérer d'une manière quelconque les qualités de l'eau distribuée. Les revêtements bitumineux, les enduits dérivés du pétrole ou tous les produits similaires et les revêtements en matière plastiques ne doivent être employés que dans la mesure où ils ne sont pas susceptibles, au contact de l'eau destinée à l'alimentation humaine, de se dissoudre, de se désagréger ou de communiquer à celle-ci des saveurs ou des odeurs désagréables.

La conception des ouvrages de stockage, ainsi que leur mode d'exploitation, doivent être effectués de manière à éviter que les eaux n'y stagnent pas pendant longtemps. Les eaux stockées dans ces ouvrages, devraient être préservées contre les élévations importantes de température et de l'intrusion de tout agent pollueur, l'intérieur des réservoirs devrait être facilement accessible pour effectuer, d'une façon périodique, des opérations d'entretien et de maintenance et pour vérifier, en tout temps, la bonne tenue de leurs installations. Les réservoirs doivent être munis de dispositifs permettant des prises d'échantillons d'eau à l'amont et à l'aval immédiat du réservoir.

Après toute intervention d'entretien ou de maintenance effectuée à l'intérieur des réservoirs, et en général, une fois par an, au moins, il est nécessaire de les vider, de les nettoyer et de les désinfecter. Il est impératif que ces opérations soient suivies d'une analyse de la qualité de l'eau. En plus, les réservoirs doivent être fermés par un dispositif amovible à joints étanches. Les orifices de ventilation doivent être protégés contre l'intrusion des insectes et des petits animaux par un dispositif approprié (treillage métallique inoxydable à mailles d'un millimètre au maximum). L'orifice d'amenée d'eau doit être installé d'au moins 5 cm au-dessus de l'orifice du trop-plein pour assurer une garde d'air suffisante. Une conduite de trop-plein est destinée à empêcher l'eau amenée de dépasser le niveau maximal, elle évacue l'excédent d'eau pour éviter un remplissage excessif pouvant causer des dommages à l'ouvrage de stockage par un débordement non contrôlé. Une conduite de vidange est placée au point le plus bas du réservoir, à cet effet, le radier du réservoir est réalisé en pente vers le point de départ de celle-ci. Une conduite de vidange, qui devrait comporter un robinet vanne, est habituellement raccordée à la conduite de trop-plein.

Le départ de toute conduite de distribution doit s'effectuer à 15 ou 20 cm au-dessus du radier dans le but d'éviter la pénétration des boues ou des sables décantés au fond du réservoir. Si le réservoir n'est pas compartimenté, il est préférable d'assurer un by-pass entre la conduite d'adduction et la conduite de distribution afin d'éviter d'interrompre la distribution durant les interventions d'entretien ou de maintenance sur le réservoir.

En dernier lieu, il est préférable de porter une attention particulière à la réserve d'incendie, qui doit être en permanence et dans toutes les circonstances de distribution, épargnée, sauf bien sûr, dans les situations d'incendie ou des forces majeures pouvant surgir.

F) Performance des réseaux de distribution

De la même manière, les conduites de distribution d'eau potable et toutes leurs composantes doivent être constituées de matériaux non susceptibles d'altérer la qualité de l'eau distribuée. De même, les revêtements bitumineux, en matière plastique ou ceux fabriqués à partir de produits dérivés du pétrole, ne devraient être admis que dans la mesure où, au contact d'une eau destinée à la consommation humaine, ne se dissolvent, ni se désagrègent, ni transmettent à cette eau des saveurs ou des odeurs désagréables. L'utilisation du plomb et de l'amiante de ciment est formellement interdite.

Les indicateurs de performance représentent les caractéristiques fonctionnelles pouvant être mesurées et qui traduisent le comportement fonctionnel du réseau de distribution de l'eau potable. Les aspects techniques pouvant définir la capacité d'un réseau sont : La pression et le débit disponibles, la qualité de l'eau et les plaintes des usagers, etc...La sécurité d'approvisionnement en eau est liée au : nombre de fuites sur les conduites, nombre d'incidents causant des dommages aux tiers ; quant à l'efficacité du patrimoine, elle peut être appréciée par les volumes d'eau non facturés (perdus), les différents rendements du réseau, ...

L'indicateur de casses de conduites (indicateur structurel) s'exprime soit, par une quantité, soit par le nombre de cassures apparues sur un kilomètre de canalisations dans une année. Une casse entraîne toujours une interruption ou du moins une baisse de la fourniture d'eau qui se traduit par un aspect de défektivité de la capacité du réseau. Les fuites emmagasinées par les casses se traduisent par des pertes qui mettent en cause l'efficacité du réseau tout entier. Dans ces circonstances, la qualité de l'eau circulant dans les réseaux peut être atteinte par une probable pollution émanant des eaux de retour (attirées par une baisse de pression ou apparition

d'une pression négative dans les canalisations). En plus, ces casses peuvent entraîner le dysfonctionnement de structures à proximité (bâtiments, autres ouvrages enterrés, ...). Notons enfin, que la réparation des casses de conduites engendre, généralement, une interruption de service et affecte potentiellement le trafic routier si la conduite défectueuse est sous la chaussée.

Le contrôle minutieux de la pression sur une zone étendue est pratiquement impossible, il est presque toujours fait appel aux calculs par simulation hydraulique qui détermine les valeurs des pressions et des débits dans chaque nœud du réseau, qui diffèrent en général d'une saison à une autre ; ces valeurs comparées à des grandeurs standards indiquent le degré de satisfaction des usagers vis-à-vis du service déployé. Les mesures de pressions sur les réseaux sont parfois effectuées par l'installation de manomètres sur les hydrants et les bouches d'arrosage.

En l'absence de certaines données nécessaires à l'analyse du comportement des réseaux, les réclamations des usagers participent toujours à repérer les zones de dysfonctionnement du patrimoine (basses pressions, mauvaise qualité de l'eau, etc....).

Les indicateurs de performance dont l'abréviation s'écrit « UFW » (Unaccounted For Water = Eau Non Comptée) apprécient le niveau du rendement du processus de la distribution de l'eau. Les réseaux sont appréciés par une importante nomenclature de rendements évoquée en **1995 par Mr Houillon** :

- ✓ Rendement primaire : $R1 = [(\text{volume consommé comptabilisé}) / (\text{volume mis en distribution})] \times 100$
- ✓ Rendement net : $R2 = [(\text{volume consommé}) / (\text{volume mis en distribution})] \times 100$

Les indices linéaires sont de deux types :

- Indice linéaire de pertes (ILP) :

$$\text{ILP (m}^3\text{/jour/km)} = [(\text{volume annuel mis en distribution} - \text{volume annuel consommé}) / (\text{linéaire du réseau} \times 365)]$$

- Indice linéaire net de consommation (ILC) :

$$\text{ILC (m}^3\text{/jour/km)} = [(\text{volume annuel consommé}) / ((\text{linéaire du réseau} + \text{adduction}) \times 365)]$$

La combinaison, la confrontation et la contradiction de tous ces paramètres peuvent fournir une perception plus ou moins précise du réseau et de son fonctionnement. Pour une évaluation rigoureuse des indicateurs techniques, même les volumes quantifiés forfaitairement sont pris en considération. L'évaluation de l'amélioration ou de la dégradation de la capacité fonctionnelle du réseau peut être effectuée en analysant dans le temps l'évolution de ces rendements et indices. Leur analyse permet de prédire une éventuelle augmentation des volumes perdus.

La performance de tout réseau de distribution de l'eau potable s'apprécie selon quatre critères :

- La qualité de l'eau au robinet,
- La continuité de service (en débit et en pression),
- La sauvegarde de la ressource en eau,
- La préservation du milieu urbain et de l'environnement.

F) -1 Propriétés de l'eau distribuée au niveau du robinet

L'objectif principal de tout système de distribution d'eau potable doit se résumer à livrer une quantité d'eau pour être consommée par les utilisateurs. Dans des circonstances particulières, la qualité de l'eau distribuée peut être altérée localement et de manière ponctuelle par le réseau. La dégradation de la qualité de l'eau est souvent causée, à la fois, par des facteurs structurels tels que le matériau des canalisations et l'étanchéité ainsi que des facteurs fonctionnels tels que les propriétés initiales de l'eau, la durée de son séjour dans les canalisations et les autres ouvrages de stockage et sa température.

En effet, diverses réactions peuvent se produire dans le réseau, ce qui entraîne une dégradation plus ou moins prononcée de l'eau transportée (**Figure IV-2**). Afin de limiter la détérioration de la qualité de l'eau dans les réseaux, il est impératif de se concentrer, en priorité, à empêcher l'évolution des phénomènes de corrosion interne et le développement du biofilm biologique, responsable de la pollution bactériologique. Pour cela, il va falloir entretenir les conduites en les nettoyant et en les réhabilitant.

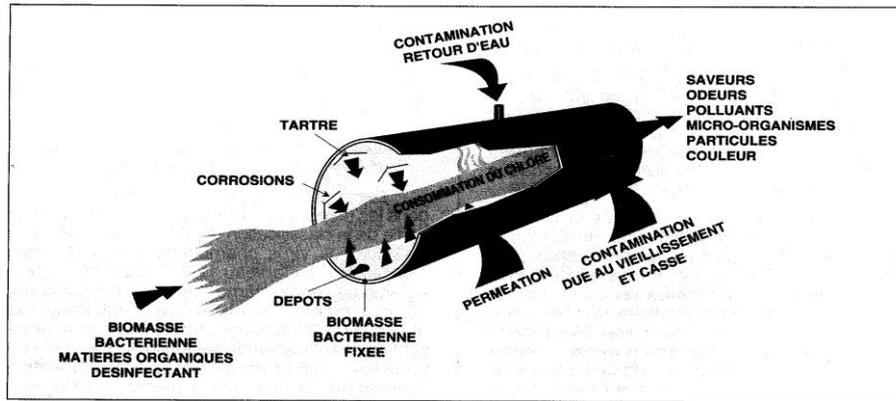


Figure IV-2 : Les diverses réactions dans le réseau d'eau potable (d'après Levi Y., 1995)

Effectivement, lors de son parcours, et si la pression diminue ou est négative dans les conduites de distribution, l'eau peut être infectée par des bactéries qui viennent soit de raccordements fuyards, de fissures de conduites corrodées, affaissées ou brisées, soit des eaux de remplissage des canalisations récemment réparées ou curées, ou bien nouvellement placées. A cet effet, et lors de la conception de l'usine de traitement, il est indispensable de considérer le fait que l'eau consomme d'une façon anticipée le chlore résiduel durant la distribution entraînant la formation du groupe trihalométhanes (THM), responsable de l'apparition de phénomènes tels que la corrosion des parois internes des canalisations et le développement de colonies bactériennes à l'intérieur des conduites. En outre, il est conseillé d'effectuer, d'une façon périodique, des opérations de désinfection minutieuses des réseaux de distribution d'eau potable.

Le maintien de la qualité d'eau, de la prise jusqu'au robinet du consommateur, devrait donc, en premier lieu, identifier les agents qui causent la dégradation de l'eau, et en second lieu, effectuerait des actions préventives telles que le renouvellement, la réhabilitation ou, au moins, le nettoyage des conduites et des branchements. L'installation de vannes de vidange permet de purger, en temps opportun, les conduites afin de réduire le temps de séjour de l'eau au sein de celles-ci.

Les indicateurs techniques qui évaluent la « conformité microbiologique d'une eau » et la « conformité physicochimique d'une eau » devraient être utilisés pour apprécier le degré de finesse de l'eau présente dans le réseau.

F) -2 La continuité de la distribution de l'eau

La continuité de distribution de l'eau consiste à assurer une disponibilité continue de l'eau distribuée à la totalité des abonnés, en particulier les plus délicats (Etablissements hospitaliers, maisons de retraite, etc...). Cette qualité du réseau peut être mesurée à l'aide par un indicateur réglementaire dénommé « fréquences des interruptions inopinées ».

La gestion performante des systèmes de distribution de l'eau, qui s'articule prioritairement sur un service continu de distribution de l'eau, s'intéresserait à conserver une sécurité élevée du service d'alimentation en eau potable. De ce fait, les parties des réseaux à renouveler ou à rénover, au premier chef, sont des canalisations ou des pièces, qui, si elles ne fonctionnent pas correctement, peuvent priver un nombre important d'abonnés de l'utilisation de l'eau.

Paradoxalement, des mesures de sécurisation de l'alimentation en eau, comme la méthode de maillage du réseau, entraînerait certainement, une prolongation de la durée de séjour de l'eau dans les canalisations, induisant ainsi, une probable dégradation de la qualité de l'eau au sein de celles-ci.

F) -3 La sauvegarde de la ressource, du cadre urbain et du milieu environnant

Selon la localisation géographique des réseaux dans le tissu urbain, les travaux d'intervention sur les canalisations d'alimentation de l'eau potable peuvent souvent causer des désagréments. Ainsi, le cadre urbain est fortement affecté par les perturbations causées aux usagers de la voirie et aux riverains par les chantiers de réparation des canalisations. L'ampleur des perturbations est d'autant plus grande que l'occupation de l'espace urbain est dense et le trafic routier est important. Ces perturbations étant plus faciles à gérer lorsqu'elles sont planifiées, il est toujours convenable d'anticiper certaines actions de maintenance.

Un réseau performant doit tenir compte de la préservation du milieu environnemental en se basant sur la conservation des sensibilités de la nature (dans les deux phases : de réalisation et d'exploitation). Les modifications dues aux activités de l'ouvrage ne doivent, d'aucune manière, altérer n'importe quel composant de l'écosystème dans sa zone d'influence.

Outre leur effet sur l'efficacité de la ressource en eau, les volumes perdus d'eau et les fuites occasionnées dans les réseaux qui manquent de performance, ont un impact sur l'énergie consommée par un système de distribution de l'eau potable. Car extraire puis remonter des

quantités d'eau incessamment perdues génère des consommations inutiles d'énergie électrique. D'autre part, les opérations d'entretien et de maintenance de la partie défectueuse des réseaux en question engendrent, en plus de la perturbation de la distribution de l'eau et l'altération du cadre urbain et de l'environnement, des gênes à la circulation routière.

IV-4 Analyse de la complexité des données spatiales pour la gestion des systèmes d'AEP

L'exploitant d'un système d'AEP se trouve généralement confronté à la difficulté de connaître avec précision son réseau compte tenu de sa diversité, de son étendue et des difficultés d'accès. La connaissance de l'emplacement des réseaux avec les supports usuels tels que les plans, cartes ou photographies est devenue insuffisante pour mener à bien les opérations, soit d'entretien des réseaux, soit d'optimisation de la distribution. Parfois, et dans certaines circonstances, cette connaissance est aléatoire et souvent dépendante de la mémoire des fontainiers, d'opérateurs ou du personnel ayant participé aux interventions sur les réseaux.

Cette situation devient un véritable fardeau devant les interventions quotidiennes d'exploitation et d'entretien et n'instruit pas aux bonnes prises de décisions. Ainsi, et pour faire face à ces problèmes, bon nombre d'outils d'investigation pour la gestion technique des réseaux ont vu le jour. La destination particulière d'un de ces outils est d'aider l'exploitant à prévoir et comprendre les phénomènes hydrauliques qui se déroulent dans les réseaux, de prédire les dimensionnements des extensions et des renforcements et de simuler leur fonctionnement. En fait, c'est un véritable outil d'exploitation qui permet le diagnostic du réseau : Il s'agit du système d'information géographique (SIG).

En d'autres termes, ces systèmes utilisent toutes les données disponibles, arrangées et structurées en "bases de données", afin de permettre la constitution d'une méthode d'analyse de tout système d'AEP. Cette méthode a pour rôle de, donner d'une part, une vision claire de la situation réelle du système d'eau ainsi que de son réseau, et d'autre part, de prendre des décisions appropriées envers les opérations de rénovation, de réhabilitation et de maintenance qui devraient être effectuées sur les parties altérées de ses systèmes en vue d'améliorer leur niveau de performance.

Par conséquent, le gestionnaire des services d'eau potable, en vue d'effectuer une analyse optimale de son patrimoine, doit installer un système d'information géographique (S.I.G) conjointement avec des bases de données descriptives du réseau et de son environnement.

IV-4-1 Définition d'un SIG

Un système d'information géographique (SIG) est un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace. Un SIG est aussi un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées.

C'est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à en extraire commodément des systèmes utiles à la décision (C. Abdelbaki, 2014).

IV-4-2 Types de données dans un SIG :

Dans un SIG, un objet spatial est généralement prêt à être utilisé s'il détient les informations suivantes :

- Sa position géographique dans l'espace,
- Sa relation spatiale avec les autres objets spatiaux : topologie,
- Son attribut, c'est-à-dire son code d'identification.

IV-4-3 Modes d'acquisition des données :

Les données géographiques proviennent de sources différentes et par des modes d'acquisition différents, on dit qu'elles sont multi-sources. Les levés topographiques, les systèmes de positionnement global GPS, les photos aériennes et images satellitaires, les saisies à partir de cartes ou de plans existants ou récoltées par d'autres secteurs ou organismes de productions de données ensuite importées, constituent les sources de base pour la récolte de données indispensables à l'élaboration du SIG.

IV-4-4 Application du SIG aux réseaux d'alimentation en eau potable :

Le fond des plans portant les réseaux d'AEP peut être digitalisé à partir des plans fournis par le Cadastre (ou les autres services publics concernés) selon la précision souhaitée (échelle à 1/10 000^e, 1/2 000^e ou 1/500^e). Sur ces supports électroniques on peut représenter des objets caractérisés. Les conduites constituant le réseau de desserte d'eau sont configurées par un ensemble de segments sur lesquels sont indiqués toutes les dimensions. Toutes les pièces

spéciales du réseau : vannes, ventouses, poteaux et bouches d'incendie sont représentés par des pictogrammes codés.

L'application SIG sur les réseaux d'eau potable utilise d'une façon simultanée les plans cartographiques prélevés auprès des différents services techniques de l'état (les services de l'Urbanisme, de l'Hydraulique, du Cadastre, de la Sonelgaz, des PTT, etc.). Les données se rapportent aux domaines et aux disciplines suivants :

- ❖ La topographie du terrain d'assise des infrastructures soumises a l'application,
- ❖ La géologie et l'hydrographie du terrain d'emplacement des infrastructures,
- ❖ L'historique de la sismicité des terrains,
- ❖ Les diverses installations urbaines avec leurs plans et leurs descriptifs.

Conclusion

Le rôle principal de tous les systèmes de distribution de l'eau est de livrer de manière appropriée aux usagers une eau de bonne qualité et en quantité suffisante. Pour cela, il est recommandé aux gestionnaires de gérer idéalement la ressource (débits puisés, qualité de l'eau extraite, ...), le réseau et les sites sur lesquels sont implantées les installations (lieux spécifiques de passage des conduites, aménagements urbains sous lesquels règnent les réseaux, etc.).

En conséquence à tout ce qu'a été énoncé précédemment, il doit être judicieux d'énumérer les trois critères de performance qui définissent le niveau de conformité de toute installation de distribution d'eau (**Evins et al., 1990**) :

- ✓ L'aptitude du système à garantir un flux d'eau potable avec une pression appropriée, pour la totalité des abonnés, sans interruptions durant la journée. Le degré de la qualité de l'eau fournie doit être conforme à des critères de potabilité de l'eau qui sont toujours en vigueur.
- ✓ Tout système d'eau potable devrait assurer continuellement, et durant toute la journée, une sécurité d'alimentation en eau potable qui éviterait des impacts préjudiciables sur les différentes activités économiques.
- ✓ Une exploitation rationnelle des ressources en eau et de l'énergie, avec tous ses types, reflète l'efficacité et la rentabilité des systèmes d'alimentation en eau potable.

Chapitre V : Quantification des pertes d'eau et performance des réseaux d'eau potable dans la région de Médéa

Introduction

Les défis majeurs qui entourent l'approvisionnement public en eau potable en Algérie obligent à entreprendre beaucoup d'études rigoureuses mettant au clair l'état actuel des patrimoines de distribution d'eau et formuler par la suite des indications correctives dans le but d'élever leurs niveaux de performance.

Dans la Wilaya de Médéa (Le chef-lieu se situe à environ 80 km au Sud-ouest de la capitale Alger), l'analyse des résultats a permis d'évaluer les taux de pertes d'eau potable des systèmes étudiés ainsi que leurs niveaux de performance.

Par une analyse appropriée des mesures, il a été possible de quantifier les volumes perdus dans les systèmes d'approvisionnement en eau potable dans cette partie de la nation ainsi que leurs niveaux de performance. En effet, cette méthode d'analyse de l'état, du fonctionnement et du comportement de ces systèmes a permis de dégager un bilan de leur état de santé même avec un niveau de comptage insuffisant des volumes consommés. En outre, l'étude a permis d'apprécier la qualité du service et a contribué à la création d'une base de données pertinente sur les systèmes d'eau et leur fonctionnement.

En Algérie, La forte croissance de la population urbaine qui a mené à la densification des soutirages souterrains et la construction de nouveaux barrages a provoqué une hausse de la mobilisation des quantités d'eau de surface et souterraine. Notre pays est classé parmi les états les plus pauvres en termes de potentialités hydriques et les quantités d'eau disponibles sont inférieures au seuil théorique de rareté établi par la banque mondiale à 1 000 m³ par habitant et par an. Le volume d'eau annuel que les moyens de l'état sont en mesure de mobiliser est à peine plus de 17 milliards de m³ (**Kettab et Djaffar, 2019**).

Par ailleurs, la totalité des volumes d'eau perdus dans les réseaux agricoles est estimée à 40% des quantités prélevées. Dans les villes, les pertes d'eau dans les réseaux de distribution d'eau potable dépassent 50% de la quantité produite alors que la dotation domestique moyenne nette en eau potable est de l'ordre de 55 litres par habitant et par jour avec un service qui n'est pas continu. Le volume d'eau non comptée par les exploitants dépasse 50% du volume mis en distribution (**Kettab et Djaffar, 2018 ; Masmoudi et al., 2016**). Dans les agglomérations urbaines et rurales, une étude sur la demande en eau potable doit être considérée comme une action d'intérêt national. Les systèmes de distribution d'eau potable ne peuvent devenir performants qu'après avoir effectué des études et établi des réformes sur le comportement

physique et fonctionnel de ces systèmes menant à l'amélioration de leur gestion technique.

Dans ce contexte, une gestion efficace des ressources hydriques ainsi que la réduction des volumes d'eau perdus dans les réseaux de distribution de l'eau potable sont des enjeux à la fois stratégiques et opérationnels pour la société et les acteurs de l'économie nationale.

V-1 Données générales et situation géographique de la wilaya de Médéa :

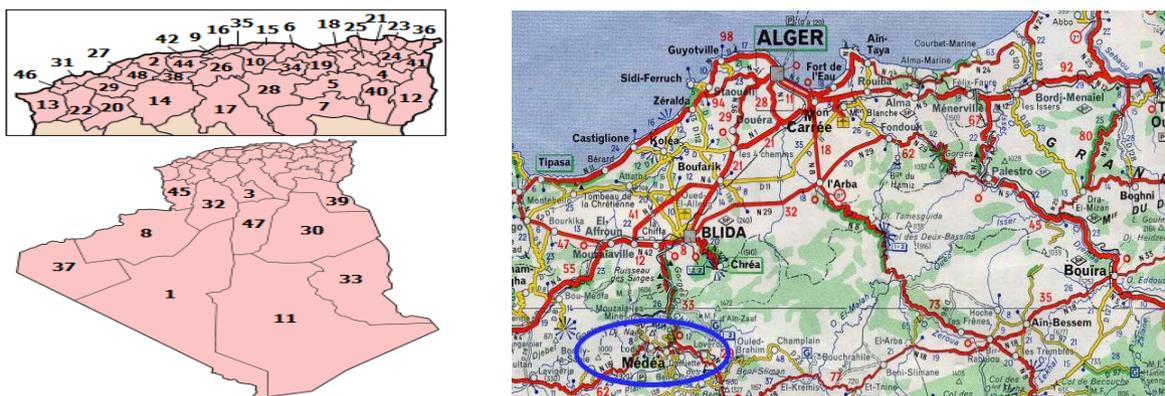
V-1-1 Historique et situation géographique de la zone d'étude :

La ville de Médéa, fondée au X^e Siècle par *Bologhine Ibn Ziri*, devenue le siège du *Bailek* du *Titteri* au XVI^e Siècle, se qualifie comme une localité des montagnes relevant de « l'Atlas Tellien ». Localisée à une altitude de 981 mètres par rapport à la mer, l'agglomération de Médéa s'érige sur une vallée comprise entre le massif de « l'Ouarsenis » au Sud et « l'Atlas Blidéen » au Nord, au pied la montagne appelée « *djebel Nador* » qui s'élève à une altitude de 1 108 m. Cette ville est bâtie sous la forme d'un amphithéâtre sur un terrain incliné.

La wilaya de Médéa (wilaya n° 26 de l'Algérie), appelée capitale du Titteri, occupe une superficie de 8 866 Km², se situe au Nord du pays sur la route nationale n° 01. La délimitation géographique de wilaya se situe entre la wilaya de Blida au Nord, les wilayas de Bouira et M'Sila à l'Est, la wilaya de Djelfa au Sud et les wilayas de Ain Defla, Tissemsilt à l'Ouest.

La commune de Médéa chef-lieu de la wilaya s'étale sur une superficie de 63,5 Km² et se localise au Nord-ouest de la wilaya. Elle est située à 90 Km au Sud-ouest d'Alger, à 48 Km à l'Est de Khemis-Miliana, à 24 Km au Sud de Blida et à 42 Km au Nord de la ville de Ksar el Boukhari, elle-même appartenant à la wilaya de Médéa.

La wilaya compte 64 communes, 46 d'entre elles se situent géographiquement sur le Tell au Nord, tandis que les 18 autres se trouvent dans les Hauts Plateaux au Sud.



Figures V-1 : Localisation géographique de la wilaya de Médéa sur la carte administrative du pays

V-1-2 Situation géomorphologique de la région :

La région de Médéa se situe sur une zone montagneuse qui appartient à l'Atlas tellien et se caractérise ainsi par une altitude élevée et un relief mouvementé enserrant quelques plaines de faible extension. Au sud, elle s'étend aux limites des hautes plaines steppiques. La wilaya se caractérise par quatre principales zones géographiques :

- Le Tell montagneux : région forestière au relief marqué, au climat rude et peu peuplée, ceinturant la wilaya à l'Ouest et au Nord, depuis l'Ouarsenis jusqu'au massif de Tablât ;
- Le Tell collinéen : région de peuplement à vocation agricole, située dans le centre de la wilaya ;
- Les plaines du Tell : situées à l'intérieur du Tell collinéen, elles sont consacrées à la céréaliculture, toutefois la polyculture est récemment implémentée ;
- Le piémont méridional du Tell : zone de transition vers les hautes plaines steppiques, il est caractérisé par une pluviométrie irrégulière.

V-1-3 Situation climatique de la région

À Médéa, les étés sont courts, très chauds, secs et dégagés dans l'ensemble et les hivers sont longs, frisquets et partiellement nuageux. Au cours de l'année, la température varie généralement entre un minimum de 1 °C et un maximum de 32 °C, il est rare qu'elle s'abaisse en dessous de -3 °C ou remonte en dessus de 36 °C.

En général, la région connaît des conditions climatiques chaudes et sèches en été, froides et tempérées en hiver, les précipitations tombent sur cette zone surtout en hiver, avec relativement peu de pluies pendant la saison d'été. D'après la classification climatique de **Koppen et Geiger**, son climat est semi-aride. Le tableau suivant (**Tableau V-1**) montre les variations de températures et de précipitations durant les années 2019 et 2020 pour la localité de Médéa :

Tableau V-1 : Les variations des températures et des précipitations durant les années 2019 et 2020

Année	Mois Valeur	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Année
		2019	Température mensuelle moyenne (°C)	4,6	6,9	9,3	11,6	15,3	24,2	27,7	26,7	22,0	16,9	8,7
Précipitation mensuelle moyenne (mm)	179,0		31,0	62,0	64,6	21,0	0,0	18,0	7,6	71,4	25,0	166,1	44,0	689,7
2020	Température mensuelle moyenne (°C)	7,2	11,6	10,6	13,1	19,2	21,4	27,2	27,3	20,6	15,1	13	7,3	16,1
	Précipitation mensuelle moyenne (mm)	21,8	0,0	76,0	198,3	6,3	8,0	0,0	14,8	4,4	44,0	38,2	103,0	514,8

La moyenne annuelle de la température s'élève à 15° Celsius. La moyenne annuelle des quantités de précipitations excède une hauteur de 700 millimètres (**Tableau V-2**) :

Tableau V-2 : Les variations des moyennes des températures et des précipitations durant 30 ans (Source : weatherbase)

Mois Valeur	Jan.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température mensuelle moyenne (°C)	7	8	10	12	16	21	25	25	21	16	12	8	15
Précipitation mensuelle moyenne (mm)	102	91	77	70	44	23	6	11	33	70	83	97	712

V-2 Objectifs de l'étude, méthodes utilisées de quantification et d'analyse

Plusieurs études ont été menées dans le but d'examiner différentes méthodes relatives à l'amélioration de l'efficacité des systèmes de distribution de l'eau potable. Les congrès de l'association internationale de l'eau (IWA) : Les fuites, 2005 ; Les pertes d'eau, 2007 et 2009, ont eu pour objectif la recherche d'une meilleure compréhension des pertes d'eau dans le système de distribution et ses indices de performance (Sarbu, 2016 ; Al-Washali et al., 2020). Toutefois, très peu d'études se sont intéressées aux systèmes à faible niveau de comptage et sur lesquels la distribution est discontinue.

L'objectif de cette analyse est de définir le niveau de performance des systèmes de distribution de quatre centres appartenant à la wilaya de Médéa. L'estimation de la consommation et les pertes d'eau dans ces systèmes a été effectuée par deux démarches :

- Dans la première méthode on évalue les volumes consommés en eau potable des habitants dotés de compteurs et on extrapole ensuite les résultats à la population

domestique toute entière. Les taux de pertes et les paramètres de performance se calculent sur la base des résultats obtenus.

- La seconde méthode considère que les valeurs de la consommation domestique totale sont recueillies directement des bilans d'exploitation fournis par l'exploitant.

V-3 Résultats et Interprétations

Après une brève description de la situation de la ressource, du type et de l'origine des quantités d'eau destinées aux 04 centres testés de la wilaya de Médéa, le présent article présentera une évaluation quantitative des consommations en eau des usagers domestiques, commerciaux et industriels. L'évaluation des pertes d'eau et la détermination des grandeurs qui définissent le niveau technique de performance des systèmes analysés seront déterminés par les deux méthodes suscitées.

V-3-1 Captages utilisés pour approvisionner les centres testés en eau potable :

Selon le type du captage, ces centres sont approvisionnés par deux sortes d'eau :

- ✓ Eau de surface (eau de barrage, eau provenant des Oueds).
- ✓ Eau souterraine (eau issue des forages, des puits et des sources).

Le système de captage est composé principalement de trois sites de prélèvement principaux : Oued Chiffa, le barrage dénommé « Ghrib » (situé dans le territoire de la wilaya d'Ain-Defla) et le barrage dénommé « Koudiet-Ecerdoune » (siégé sur le territoire de la wilaya de Bouira), complété par des points de prélèvement secondaires beaucoup moins importants vis-à-vis des volumes prélevés et des infrastructures mobilisées. Ce sont des points de prélèvement locaux faiblement équipés constitués de forages et de captage de résurgences de sources dotés de modestes moyens de pompage. Les volumes produits par ces points de prélèvement sont faibles et ne peuvent être considérés que comme des apports complémentaires pour l'approvisionnement en eau de la région de Médéa.

Le **tableau (V-3)** suivant présente les centres de la région de Médéa dont on va tester les systèmes distribuant l'eau potable, tout en précisant le nom des communes où les systèmes de distribution sont gérés par chaque centre. Cette situation de gestion adoptée par l'organisme exploitant (ADE de Médéa) est actualisée au 31 Décembre 2020.

Tableau (V-3) : provenance de l'eau alimentant les centres urbains de Médéa (Actualisation arrêtée à la fin de 2020)

Dénomination du Centre	Appellation de la Commune	Provenance de l'eau	Appellation de la ressource d'eau et son type
Médéa	Médéa	De surface, souterraine	Barrage Ghrib - Oued Chiffa. Forages : Merdjekkir, Guerguera, Damiet. Sources : Settara, Ain Boustana, les trembles. Puits : Ain Araïss.
	Ouzera	De surface, souterraine	Oued Chiffa. Barrage Ghrib. Puits Bir Riacha
	Draa-Esmar	De surface, souterraine	Barrage Ghrib. Forage Ain Moula
	Tamezghida	Souterraine	Station Tamezghida (captage d'une source)
	Harbil	De surface	Barrage Ghrib
	Ouamri	Souterraine	Forages : Dhaoui, Nouil, Fersi, Hannacha
	Si-El-Mahdjoub	De surface, souterraine	Barrage Ghrib. Sources : Si Mahdjoub, Ain Toute, Ain Araïss
	Hannacha	De surface	Barrage Ghrib
	Tizi-Mehdi	De surface, souterraine	Barrage Ghrib. Source
	Ben chicoa	De surface, souterraine	Barrage Ghrib. Forage. Source.
Bouaichoune	De surface	Barrage Ghrib	
Berrouaghia	Berrouaghia	De surface	Barrage Koudiet Acerdoune
	Ouled-Dheid	De surface	Barrage Koudiet Acerdoune
	Rebaïa	De surface, souterraine	Station-monobloc (trait. eaux de la ret. collin. Erohb). Puits Rebaïa
	Seghouane	De surface	Barrage Koudiet Acerdoune
	Zoubiria	De surface, souterraine	Barrage Ghrib. Source Hamra
	Thlet-Douair	De surface	Barrage Koudiet Acerdoune
	Oued-Chorfa	De surface	Barrage Ghrib
	Oumaria	Souterraine	Forages : F1, R'hat El Kaid, F2 Haouch El Kaid, F3 Oued Thleta, F4 CFPA, F6 El Mansoura
Sidi-Naamane	Souterraine	Forages : F. Khemis El Kadim, F.la mosquée.	
Ksar EL-Boukharî	KEB	De surface	Barrage Koudiat Acerdoune
	Saneg	Souterraine	Forages : F1, F2, F4 et Kef R'kabet
	Boghar	De surface, souterraine	Barrage Koudiet Acerdoune, Forages: Karma, Amir, Khechiba
	Ouled-Antar	Souterraine	Forage Ain Dalia
	Sebt-Aziz	Souterraine	Forages F1, F2 Maghdour
	Oum-Djellil	De surface	Station-monobloc: (trait. eaux de la ret. Collin. Fatsen).
	Derrag	De surface, souterraine	Station-monobloc : (trait. eaux de la ret. collin. M'Saghd), Source
	Chahbounia	Souterraine	Forages: F5, F6, F7
	Boughezoul	De surface	Barrage Koudiat Acerdoune
	Medjbeur	De surface	Barrage Koudiat Acerdoune
	M' Fatha	Souterraine	Forages : F1, F2, F4 et Kef R'kabet
Benhar	Souterraine	Forages Benhar (champ captant)	
Béni-Slimane (Situation à fin 2020)	Béni-Slimane	De surface, souterraine	Barrage Koudiat Acerdoune. Forages : Beni Slimane, Beni Maaloum, Energie solaire, Snobria 1, 2, 3. Ras El Ain, Tamda.
	Bouskene	De surface, souterraine	Barrage Koudiat Acerdoune. Forage Bousher.
	Souaghi	De surface, souterraine	Barrage Koudiat Acerdoune. Forages: Bezzaz, Faid Hammad, Khelifa B/Brahim, Sid Oueness, Souk El Djemaa, Ouled Khenna
	Sidi-Rabie	De surface	Barrage Koudiat Acerdoune
	Omaria	De surface, souterraine	Barrage Koudiat Acerdoune. Forages: F1 R'Hat El Kaid, F2 Haouch El Kaid, F3 Oued Thleta, F4 CFPA, F6 El Mansoura
	Sidi-Naamane	De surface, souterraine	Barrage Koudiat Acerdoune. Forages: Khemis El Kedim, La mosquee.
	Khams-Djouamaa	De surface	Barrage Koudiat Acerdoune.
	Bouchrahil	De surface	Barrage Koudiat Acerdoune.
Djouab	De surface	Barrage Koudiat Acerdoune.	

V-3-2 Potabilisation de l'eau captée, volumes produits et productions brutes par habitant

L'eau captée des oueds provenant des sources de montagnes et l'eau contenue dans la cuve des barrages présentent une dureté très élevée et un taux important de matières en suspension

(MES). Cette eau brute prélevée est refoulée vers les unités de traitement avant d'être acheminée par les complexes d'adduction vers la distribution.

Le système d'alimentation d'eau de Chiffa est doté de deux stations de traitement : une principale appelée « Chiffa » et l'autre, de moindre importance, appelée station Monobloc d'El-Hamdania. Construite en 1970 et mise en service en 1974, Cette station permet un traitement complet journalier de 10 000 m³ d'eau brute. Cette eau est traitée à l'aide du processus conventionnel généralement utilisé pour les eaux de surface. Ce processus est constitué par les étapes successives suivantes : Un débouillage, Une coagulation jumelée avec une floculation ensuite une décantation et enfin un passage rapide à travers des filtres à sable. Les eaux traitées sont stockées dans une bache de 1 000 m³ située sur le site de la station pour être ensuite refoulées par la conduite d'adduction vers les dispositifs de distribution.

En ce qui concerne la chaîne du Barrage Ghrib, l'eau brute prélevée par deux prises, est acheminée vers une unité de traitement. Construite lors des années 60, elle ne fut mise en service qu'en 1983 pour uniquement l'ancienne filière de traitement. Ce n'est qu'en 1985 que la station fonctionna avec toute sa capacité en y ajoutant une autre filière de traitement.

Donc la potabilisation de l'eau issue du barrage Ghrib est assurée par cette station de traitement qui alimente le centre de Médéa et quelques localités du centre de Berrouaghia. Initialement, la capacité nominale de production de cette station était 12 000 m³/jour durant l'année 1983 pour répondre uniquement aux besoins en eau des différents usagers de la localité de Berrouaghia. Sa capacité nominale a été portée à 36 000 m³/jour par l'ajout d'une seconde ligne de traitement en 1985 pour alimenter en eau potable le centre de Médéa (sachant que le quota admis par le Ministère des Ressources en Eau pour la satisfaction des besoins en eau potable des centres de Médéa et Berrouaghia est de 40 000 m³/jour).

Après avoir été prélevée dans le barrage, l'eau brute subit un processus conventionnel de clarification des eaux de surface. En premier lieu, cette eau est acheminée dans un ouvrage de stockage tampon ayant pour rôle de tranquilliser et réguler le débit qui alimente l'ensemble de la filière de traitement. Le prétraitement se fait par injection d'hypochlorite de sodium (désinfection primaire et oxydoréduction), ensuite en injectant le sulfate d'alumine on assure le processus de coagulation. Après ces deux opérations, on fait décanter l'eau résultante sur deux ouvrages appropriés. L'eau débouillée fera l'objet d'un traitement de clarification par filtration sur une batterie de quatre filtres à sable. L'eau ainsi traitée par cette station est acheminée vers

un réservoir de 500 m³ qui fait office de point de départ de l'ouvrage d'adduction de Ghrib vers leurs destinations suscitées.

Pour assurer la protection des pompes au niveau du barrage Ghrib, deux ballons anti-bélier de capacité de 12 000 litres chacun avec une pression de service de 15 bars ont été installés sur les conduites de refoulement.

Le **tableau (V-4)** présente la répartition des types et des volumes d'eau produits annuellement et journalièrement ainsi que la production d'eau brute par habitant, à travers les quatre centres examinés, le long de la période : 2008-2020.

La production brute par habitant est définie par la formule suivante :

$$Pb \text{ (l/jour/hab)} = \frac{\text{Production annuelle} \times 10^6}{365 \text{ jours} \times \text{Population domestique totale desservie}}$$

Tableau (V-4) : Volumes d'eau produits et production brute par habitant par centre, région de Médéa, période : 2008-2020

Année	Centre	Production eau de surface (x 1 000 m ³)	Production Eau souterr. (x 1 000 m ³)	Eau import. Barrage Koud-Ecerd. (X 1 000 m ³)	Production totale en eau dans les 04 centres de Médéa (x 1 000 m ³)	Prod. Totale eau de surf. + Eau souterr. + eau importée, par centre (x 1 000 m ³)	Nombre total d'habitants desservis par centre (Habitants)	Production brute pour un habitant, au centre, (l/jour/ hab.) (Pb)
2008	Médéa	9 667	451	0	19 529	10 118	185 169	150
	Berrouaghia	3 403	135	0		3 538	80 304	121
	Ksar-El- Boukhari	14	5 057	0		5 071	74 768	186
	Béni-Slimane.	351	451	0		802	19 259	114
2009	Médéa	10 653	444	0	21 288	11 097	185 169	164
	Berrouaghia	3 864	189	0		4 053	104 304	138
	Ksar-El- Boukhari	15	5 425	0		5 440	74 768	199
	Béni-Slimane.	329	369	0		698	20 355	94
2010	Médéa	10 431	404	0	22 530	10 835	186 302	159
	Berrouaghia	4 499	151	0		4 646	104 237	122
	Ksar-El- Boukhari	468	5 642	0		6 110	92 631	181
	Béni-Slimane.	439	500	0		939	27 502	94
2011	Médéa	10 381	529	0	21 837	10 910	186 302	160
	Berrouaghia	4 245	52	0		4 297	94 297	125
	Ksar-El- Boukhari	388	5 423	0		5 811	90 583	176
	Béni-Slimane.	263	556	0		819	27 884	80
2012	Médéa	10 356	522	0	21 708	10 878	186 302	160
	Berrouaghia	4 034	13	0		4 047	94 297	118
	Ksar-El- Boukhari	409	5 533	0		5 942	90 583	180
	Béni-Slimane.	241	600	0		841	28 121	82
2013	Médéa	10 425	440	0	22 306	10 865	189 096	157
	Berrouaghia	4 239	28	0		4 267	95 711	122
	Ksar-El- Boukhari	558	5 858	0		6 416	91 941	191
	Béni-Slimane.	244	514	0		758	28 426	73
2014	Médéa	9 356	324	0	28 900	9 684	196 942	135
	Berrouaghia	7 452	312	0		7 764	102 421	208
	Ksar-El- Boukhari	6 684	1 244	0		7 928	110 050	197
	Béni-Slimane.	3 420	104	0		3 524	54 326	178
2015	Médéa	11 176	736	0	36 048	11 908	201 794	152
	Berrouaghia	8 040	112	0		8 152	132 535	139
	Ksar-El- Boukhari	6 052	5 340	0		11 388	115 875	207
	Béni-Slimane.	4 280	320	0		4 600	70 198	171
2016	Médéa	11 306	899	0	34 005	12 205	236 215	130
	Berrouaghia	7 886	93	0		7 979	129 525	156
	Ksar-El- Boukhari	7 172	4 184	0		11 356	135 518	194
	Béni-Slimane.	2 190	275	0		2 465	47 706	142
2017	Médéa	9 910	814	0	32 502	10 724	236 215	124
	Berrouaghia	2 312	4 263	49		6 624	129 525	140
	Ksar-El- Boukhari	639	6 293	3 783		10 715	135 518	217
	Béni-Slimane.	0	4 151	288		4 439	85 962	141
2018	Médéa	12 109	783	0	35 163	12 892	246 273	143
	Berrouaghia	5 999	51	0		6 050	109 869	151
	Ksar-El- Boukhari	8 123	3 295	0		11 418	137 237	228
	Béni-Slimane.	4 539	264	0		4 803	97 787	135
2019	Médéa	12 780	816	0	36 944	13 596	262 454	141
	Berrouaghia	5 956	44	0		6 000	123 444	133
	Ksar-El- Boukhari	8 308	3 612	0		11 920	145 603	224
	Béni-Slimane.	5 116	312	0		5 428	103 377	144
2020	Médéa	14 830	1 042	0	34 768	15 872	276 013	158
	Berrouaghia	4 541	71	0		4 612	125 180	101
	Ksar-El- Boukhari	5 068	4 640	0		9 708	148 100	180
	Béni-Slimane.	4 331	245	0		4 576	111 789	112

L'eau de surface produite subit de grandes opérations de potabilisation avant d'être refoulée vers les réservoirs de stockage et de distribution, alors qu'une grande partie de l'eau extraite de bon nombre de forages et de sources est injectée directement dans les réseaux de distribution des localités. En 2020, on estime le volume journalier produit dans la zone étudiée à 95 255 m³ (34 768 000 m³/an), soient : 43 485 m³ à Médéa, 12 636 m³ à

Berrouaghia, 26 597 m³ à Ksar El Boukhari et 12 537 m³ au centre de Béni-Slimane. Ces quantités d'eau sont destinées à différents usages : domestique, commercial-public et industriel.

Cependant, on a constaté que, de manière générale et dans tous les centres, la majorité des usagers souffrent du problème de la multiplication des interruptions et de la disconvenance des débits et des pressions concédés. Ainsi, les abonnés doivent recourir à des moyens de pompage et de stockage pour satisfaire leurs besoins quotidiens en eau. Cette situation mène, d'une part, à l'application d'une série d'analyses effectuées en utilisant divers paramètres liés à l'évolution quantitative de la consommation en eau des différents usagers et au degré de fiabilité des systèmes de distribution, et d'une autre part, à des investigations sur les variations temporelles de la consommation.

En 2020, la dotation totale destinée aux quatre centres examinés dépassait 34 millions de m³, l'eau de surface représentait près de 83% de la production totale.

Les données présentées dans cette analyse indiquent que le nombre d'habitants desservis au centre de Berrouaghia a connu une baisse une première fois entre 2010 et 2011 et une deuxième fois entre 2015 et 2016. En ce qui concerne le centre de Ksar El Boukhari, la diminution n'a eu lieu qu'une fois entre 2010 et 2011. Néanmoins, un accroissement considérable fut remarqué au centre de Beni Slimane entre les années 2015 et 2016. Ces variations du nombre d'habitants desservis en eau remarquées lors de certaines années sont expliquées par une transposition d'agglomérations entre les centres, que la structure exploitante opère par nécessité de gestion.

Comme le montre le tableau précédent, la production brute par habitant en 2008 était de 150, 121, 186 et 114 l/j/habitant respectivement dans les centres urbains suivants : celui de Médéa, de Berrouaghia, de Ksar-El-Boukhari et celui de Béni-Slimane et devint 158, 101, 180 et 112 l/j/habitant dans les centres respectifs en 2020.

La grandeur dénommée :« production brute par habitant », qui représente un indicateur d'appréciation de la satisfaction de la population en eau potable, a augmenté significativement au centre de Médéa, entre 2008 et 2020. La stabilisation des valeurs de ce paramètre durant toutes ces années explique, sans doute, les efforts de gestion répétés et significatifs ayant été déployés par l'exploitant afin de suivre l'évolution quantitative et citadine des populations qui engendre toujours des besoins ascendants en eau potable.

V-3-3 Les différents volumes d'eau nécessaires à la détermination des pertes et le niveau de performance :

Le schéma (**Figure V-2**) décrit le parcours de l'eau dans le réseau d'alimentation en eau potable, les volumes ainsi indiqués se définissent comme suit :

- Le volume produit est celui issu des ouvrages de potabilisation, des forages et des sources captées,
- Les volumes d'eau distribués sont les quantités d'eau introduites dans le réseau de distribution d'eau potable à partir des réservoirs de stockage et de distribution, il résulte de la somme algébrique des volumes produits, importés et ceux perdus et/ou détournés le long du parcours de l'eau dans les conduites d'adduction. Ils sont indiqués par les compteurs placés au départ des réservoirs de stockage et de distribution.
- Le volume importé (acheté) est la quantité d'eau qui provient d'un service externe,
- Le volume exporté (vendu aux communes ou par le biais de citernes) est celui qui est fourni à un utilisateur externe,
- Le volume consommé autorisé représente le cumul de tous les volumes facturés et utilisés. Cette quantité d'eau se compose des volumes consommés comptabilisés résultant de la lecture des appareils de comptage installés sur les branchements des usagers et les volumes d'eau estimés d'une façon forfaitaire. Des ventes d'eau en gros et par citernes sont effectuées en réel et par estimation forfaitaire, ces types de volumes consommés génèrent les recettes. Parmi les volumes consommés autorisés figurent aussi les volumes d'eau consommés non comptés c'est-à-dire non facturés et qui ne génèrent pas de recettes. On distingue : les volumes de service (vidange annuelle des réservoirs, nettoyage et entretien des sites, purges des réseaux et appareils, essais des hydrants incendie, consommation des camions hydrocureurs et camions citernes, arrosage des espaces et jardins publics ...)
- Les principales composantes des pertes d'eau sont : le manque à gagner sur la consommation estimée forfaitairement, les gaspillages, les volumes détournés et les fuites au niveau des canalisations et des accessoires.

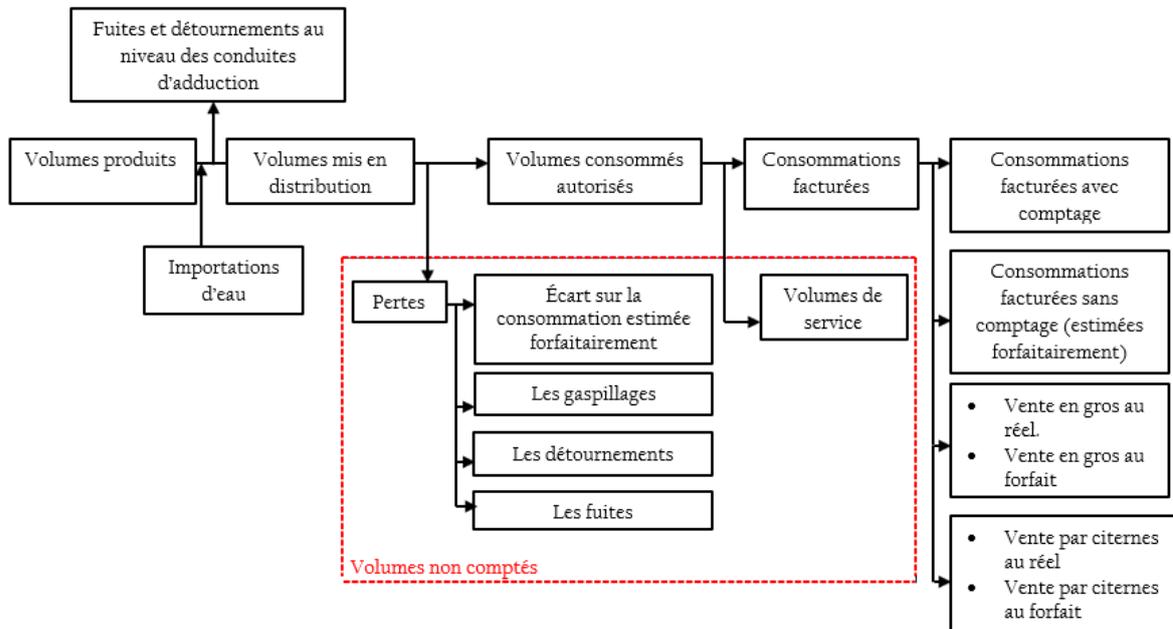


Figure V-2 : Description du parcours de l'eau dans le système d'alimentation de l'eau potable

V-3-4 Usagers de l'eau potable et estimation des volumes consommés

La partie de cette étude évoque un autre mode de vente d'eau, c'est la vente facturée en gros et par citernes, au réel et au forfait, qui se fait couramment et est enregistrée dans les rapports d'évaluation trimestriels de l'exploitant ; ces volumes d'eau sont vendus aux communes dont la gestion de l'eau est autonome ou à d'autres particuliers à travers des conduites ou par voie de citernes, ce qui amène à une réduction des taux de pertes prédéterminés.

L'inexistence de moyens de comptage chez certains usagers rend impossible l'estimation exacte des volumes réellement consommés. Les volumes d'eau estimés à partir des relevés de compteurs sont fiables, contrairement à ceux pris forfaitairement pour les abonnés démunis de moyens de comptage. Pour estimer la quantité d'eau consommée, nous nous sommes appuyés, a priori, sur des relevés déjà effectués par l'exploitant des patrimoines de desserte d'eau potable de la région sur la période : 2008-2020.

Les consommations et les ventes annuelles par centre et globales en eau potable effectivement facturées sur la période 2008-2020 se récapitulent dans le **tableau (V-5)**.

Tableau V-5 : Consommations et ventes annuelles facturées d'eau par catégorie d'utilisateur.
Usagers avec compteurs et usagers sans compteurs, par centre de la wilaya de Médéa,
sur la période : 2008-2020

		Consommations et ventes annuelles d'eau (x 1 000 m ³)					
Année	Centre	Domest. avec comptage	Domest. sans comptage	Domest. Totales.	Commerc.- Publiques avec compt.	Commerc.- Publiques sans compt.	Commerc.- Publiques totales
2008	Médéa	2 465	288	2 753	793	114	907
	Berrouaghia	745	58	803	173	12	185
	Ksar-El-Boukhari	636	162	798	102	19	121
	Béni-Slimane	199	2	201	31	0	31
2009	Médéa	2 647	211	2 858	1 529	30	1 559
	Berrouaghia	835	43	878	293	1	294
	Ksar-El-Boukhari	783	136	919	432	0	432
	Béni-Slimane	194	5	199	167	0	167
2010	Médéa	2 811	192	3 003	1 448	92	1 540
	Berrouaghia	858	53	911	270	67	337
	Ksar-El-Boukhari	813	133	946	391	29	420
	Béni-Slimane	223	5	228	129	37	166
2011	Médéa	2 906	306	3 212	1 237	102	1 339
	Berrouaghia	853	72	925	185	96	281
	Ksar-El-Boukhari	753	160	913	389	41	430
	Béni-Slimane	224	27	251	127	45	172
2012	Médéa	3 096	232	3 328	1 170	76	1 246
	Berrouaghia	863	54	917	244	60	304
	Ksar-El-Boukhari	791	114	905	431	31	461
	Béni-Slimane	250	14	264	174	43	217
2013	Médéa	3 060	244	3 304	1 009	78	1 087
	Berrouaghia	932	47	979	306	48	354
	Ksar-El-Boukhari	769	120	889	298	35	333
	Béni-Slimane	234	6	240	95	50	145
2014	Médéa	3 396	226	3 622	1 140	99	1 239
	Berrouaghia	1 534	58	1 592	525	44	569
	Ksar-El-Boukhari	1 131	201	1 332	375	36	411
	Béni-Slimane	674	148	822	334	84	418
2015	Médéa	3 736	280	4 016	1 300	128	1 428
	Berrouaghia	2 032	72	2 104	732	28	760
	Ksar-El-Boukhari	1 820	308	2 128	461	60	521
	Béni-Slimane	1 120	40	1 160	944	44	988
2016	Médéa	3 944	310	4 254	1 143	87	1 230
	Berrouaghia	2 081	118	2 199	764	52	816
	Ksar-El-Boukhari	1 979	203	2 182	541	45	586
	Béni-Slimane	584	42	626	645	31	676
2017	Médéa	3 999	280	4 279	832	114	946
	Berrouaghia	1 751	85	1 836	716	26	742
	Ksar-El-Boukhari	2 198	179	2 377	545	28	573
	Béni-Slimane	1 212	47	1 259	510	89	599
2018	Médéa	3 338	366	3 704	1 023	39	1 062
	Berrouaghia	1 914	107	2 021	792	18	810
	Ksar-El-Boukhari	2 207	208	2 415	535	30	585
	Béni-Slimane	1 286	49	1 335	620	65	685
2019	Médéa	4 702	435	5 137	961	110	1 071
	Berrouaghia	1 905	200	2 105	620	32	652
	Ksar-El-Boukhari	2 384	245	2 629	585	37	622
	Béni-Slimane	1 412	59	1 471	834	33	867
2020	Médéa	5 612	565	6 177	683	130	813
	Berrouaghia	2 502	193	2 695	726	21	747
	Ksar-El-Boukhari	3 048	317	3 365	583	31	614
	Béni-Slimane	1 975	136	2 111	775	32	807

Tableau V-5 (suite) : Consommations et ventes annuelles facturées d'eau par catégorie, avec et sans comptage, et par centre de la wilaya de Médéa, sur la période : 2008-2020

		Consommations et ventes annuelles d'eau (x 1 000 m ³)					
Année	Centre	Indust. Avec compt.	Indust. Sans compt.	Indust. Totales	Vente d'eau		Total des consommations et des ventes annuelles
					En gros	Par citernes	
2008	Médéa	383	0	383	1 154		5 197
	Berrouaghia	14	0	14	680		1 682
	Ksar-El-Boukhari	33	1	34	557		1 510
	Béni-Slimane	0	0	0	328		560
2009	Médéa	373	0	373	1 033		5 823
	Berrouaghia	14	0	14	902		2 088
	Ksar-El-Boukhari	69	1	70	660		2 081
	Béni-Slimane	0	0	0	353		719
2010	Médéa	335	2	337	1 016		5 896
	Berrouaghia	12	0	12	829		2 089
	Ksar-El-Boukhari	101	14	115	898		2 379
	Béni-Slimane	0	0	0	325		719
2011	Médéa	301	1	302	873	91	5 817
	Berrouaghia	12	0	12	628	4	1 850
	Ksar-El-Boukhari	76	38	114	848	101	2 406
	Béni-Slimane	0	0	0	138	1	562
2012	Médéa	323	0	323	978	38	5 913
	Berrouaghia	14	0	14	539	1	1 775
	Ksar-El-Boukhari	63	92	155	891	135	2 547
	Béni-Slimane	0	0	0	0	1	482
2013	Médéa	249	16	265	1 137	21	5 814
	Berrouaghia	18	0	18	417	15	1 783
	Ksar-El-Boukhari	203	104	307	668	37	2 234
	Béni-Slimane	0	0	0	0	0	385
2014	Médéa	276	0	276	270	35	5 442
	Berrouaghia	25	0	25	1 401	22	3 609
	Ksar-El-Boukhari	286	112	398	1 079	26	3 246
	Béni-Slimane	0	0	0	242	1	1 483
2015	Médéa	440	0	440	200	120	6 204
	Berrouaghia	52	0	52	1 240	40	4 196
	Ksar-El-Boukhari	148	216	364	1 348	124	4 485
	Béni-Slimane	12	0	12	308	16	2 484
2016	Médéa	355	22	377	768	29	6 658
	Berrouaghia	136	6	142	693	68	3 918
	Ksar-El-Boukhari	190	119	309	1 304	46	4 427
	Béni-Slimane	12	0	12	61	11	1 386
2017	Médéa	351	0	351	501	34	6 111
	Berrouaghia	93	6	99	529	64	3 270
	Ksar-El-Boukhari	245	107	352	1 492	23	4 817
	Béni-Slimane	14	0	14	355	14	2 241
2018	Médéa	329	23	352	537	51	5 706
	Berrouaghia	108	0	108	599	31	3 569
	Ksar-El-Boukhari	244	104	348	1 499	67	4 914
	Béni-Slimane	19	0	19	330	15	2 384
2019	Médéa	323	3	326	502	11	7 047
	Berrouaghia	104	10	114	527	10	3 408
	Ksar-El-Boukhari	170	170	340	1 488	19	5 098
	Béni-Slimane	24	0	24	447	1	2 810
2020	Médéa	320	14	334	549	6	7 879
	Berrouaghia	57	6	63	482	10	3 997
	Ksar-El-Boukhari	124	121	245	1 369	2	5 595
	Béni-Slimane	10	0	10	923	2	3 853

Tableau V-6 : Consommations et ventes annuelles globales facturées, wilaya de Médéa, période : 2008-2020

Année Consommation (x 10 ³ m ³)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Consommation domestique annuelle	4 555	4 854	5 088	5 301	5 414	5 412	7 368	9 408	9 261	9 751	9 475	11 342	14 348
Consommation annuelle des commerces et des édifices publics	1 244	2 452	2 463	2 222	2 228	1 919	2 637	3 697	3 308	2 860	3 142	3 212	2 981
Consommation annuelle des industries	431	457	464	428	492	590	699	868	840	816	827	804	652
Ventes annuelles d'eau (en gros et par citernes)	2 719	2 948	3 068	2 684	2 583	2 295	3 076	3 396	2 980	3 012	3 129	3 005	3 343
Consommations et ventes annuelles globales	8 949	10 711	11 083	10 635	10 717	10 216	13 780	17 369	16 389	16 439	16 573	18 543	21 324

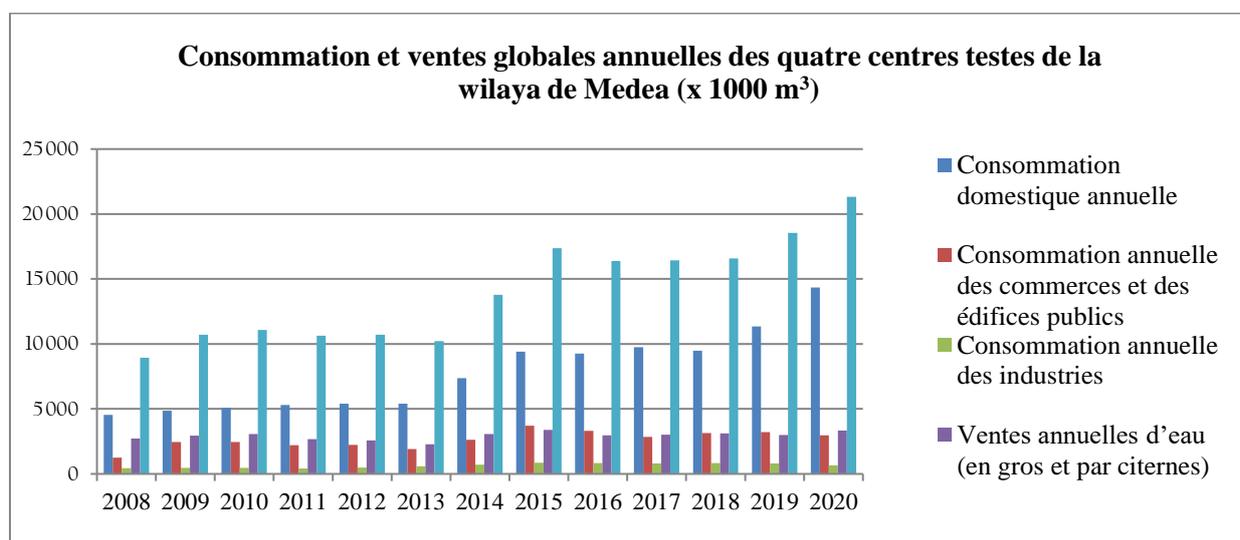


Figure V-3 : Consommations et ventes annuelles globales facturées, wilaya de Médéa, entre 2008 et 2020

V-3-5 Consommation publique, commerciale et industrielle

L'expansion des activités commerciales et la construction de nouveaux édifices publics enregistrés dans les quatre centres étudiés de la wilaya de Médéa ont engendré l'installation d'environ 120 nouveaux raccordements aux réseaux annuellement. Toutefois, la détermination de la quantité d'eau réellement consommée demeure inabordable. Même si les abonnés qui consomment de grandes quantités d'eau soient habituellement équipés de compteurs, de nombreuses administrations et établissements publics reliés aux réseaux ne disposent pas de moyens de comptage. En réalité, parmi les 4 420 abonnés ayant été enregistrés en 2020, seuls

4 208 abonnés sont munis de moyens de comptage qui connaissent un taux important de défectuosité. Cela va certainement expliquer le taux élevé de pertes d'eau qui caractérise cette région.

Bien que la consommation des usagers publics et des commerçant dans cette région demeura relativement constante durant la période 2009-2013, elle a connu un pic en 2015 avec une consommation de 3 697 000 m³ (soit 10 129 m³/jour), et se stabilisa aux alentours d'une consommation annuelle moyenne de 3 100 000 m³ (soit une consommation journalière de 8 500 m³) le long de la période : 2016-2020.

L'absence de ressources autonomes a conduit les industries consommatrices d'eau à soutirer la totalité de leurs besoins du réseau public, le débit annuel maximum extrait par cette catégorie s'élevait à 868 000 m³ en 2015, soit une consommation journalière de 2 378 m³. (Voir tableau V-6).

Les histogrammes suivants présentent l'évolution, par centre, des consommations annuelles commerciales-publiques et industrielles sur la période 2008-2020 de la région étudiée.

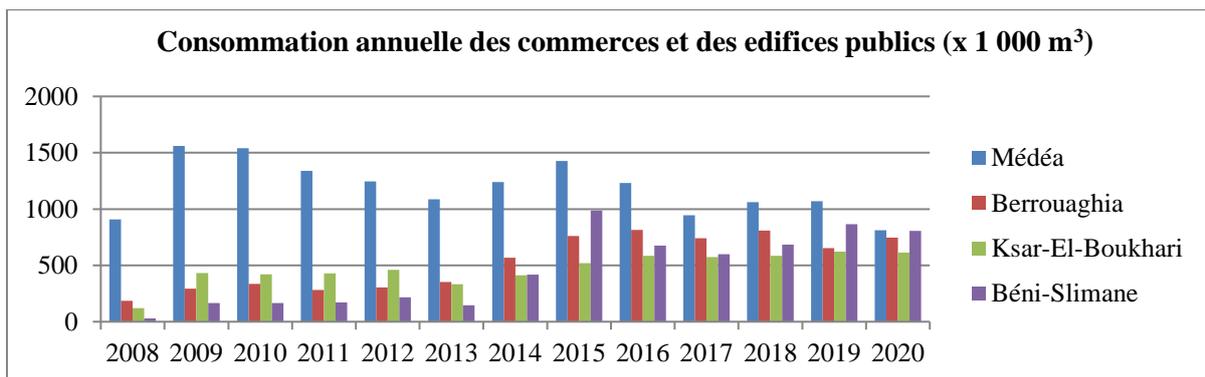


Figure V-4 : Évolution des volumes d'eau prélevés annuellement par les abonnés commerciaux et publics, par centre

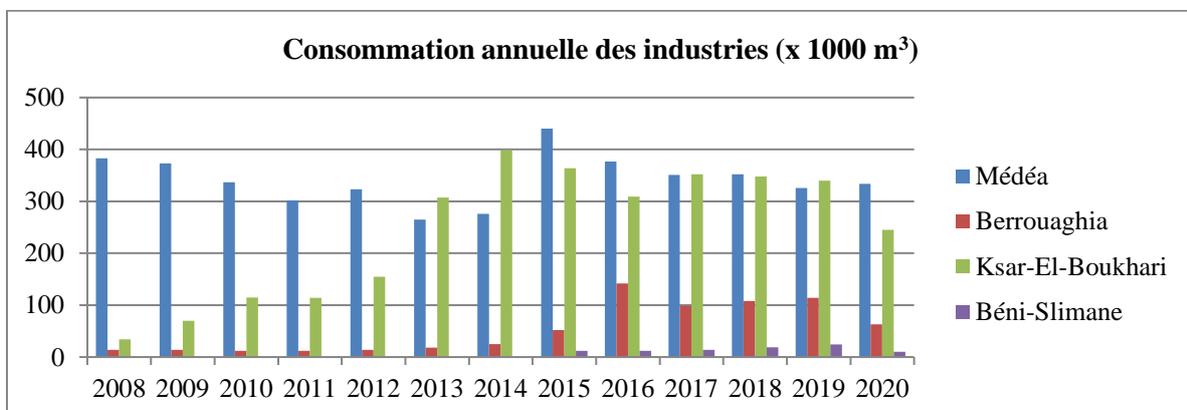


Figure V-5 : Évolution des volumes d'eau prélevés annuellement par les abonnés industriels, dans chaque centre

V-3-6 Analyse de la consommation en eau potable des usagers domestiques

En raison de la croissance continue du nombre d'usagers domestiques dans la région, le volume consommé subit le même sort. Les abonnés domestiques ont connu une évolution allant de 48 042 abonnés en 2008 à 100 060 abonnés à la fin de l'année 2020, ce qui correspond à une moyenne de 4 000 nouveaux branchements par an.

La quantification des volumes consommés est effectuée par l'exploitant de deux manières distinctes, une évaluation issue du dispositif de comptage mis en place, et une estimation forfaitaire en fonction du type d'habitation et le nombre d'étages (**Kettab et Masmoudi, 2006; Masmoudi, 2009**).

Les données concernant la consommation en eau annuelle des abonnés domestiques fournies par la structure exploitante (ADE : Algérienne des Eaux de Médéa) apparaissent sur la **figure (V-6)**:

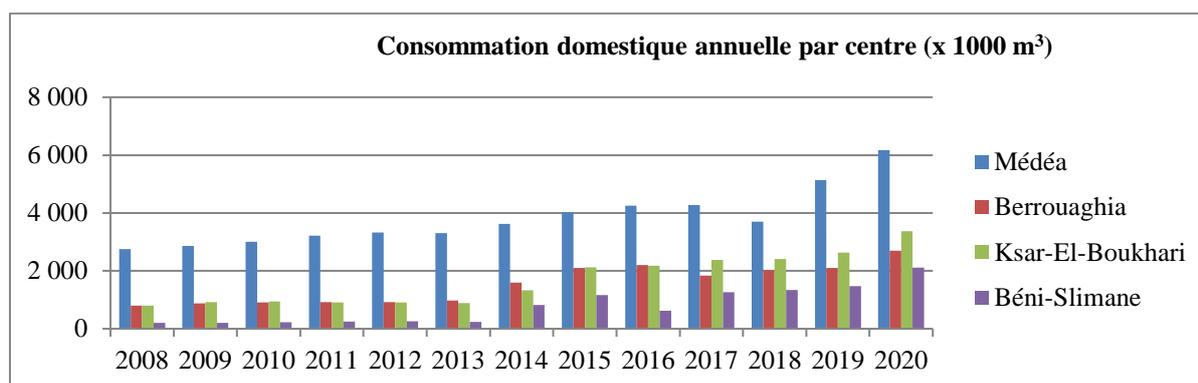


Figure V-6 : Évolution des volumes d'eau prélevés annuellement par les usagers domestiques, par centre

A) État comparatif : Productions – Prélèvements domestiques en eau potable

En premier lieu, il incombe de signaler qu'on a pris comme quantité d'eau produite la somme des quantités d'eau issues des stations de potabilisation et celles importées d'autres ressources comme celles qui proviennent du barrage dénommé "Koudiet-Ecerdoune".

La quantité d'eau produite et qui est supposée destinée exclusivement à la population domestique, ou volume domestique brut (VDB), n'est autre que la production totale d'eau (VTP), à laquelle on soustrait les volumes utilisés par les secteurs commercial-public (VCP), les volumes utilisés par l'industrie (VI) et les volumes faisant l'objet de ventes en gros et par des citernes.

$$\text{VDB} = \text{VTP} - (\text{VCP} + \text{VI} + \text{Ventes en gros} + \text{Ventes par citernes})$$

La production domestique brute (PDB), par jour et par habitant, se calcule par la formule suivante :

$$PDB(l/jour/hab.) = \frac{VDB (m^3/an) \times 1\,000\,000}{365 \text{ jours} \times \text{Population desservie}}$$

Les volumes domestiques bruts (VDB), qui représente le volume total d'eau produit, supposé expédié en totalité, à la population domestique, représente une grandeur d'appréciation des dotations d'eau.

Les différentes valeurs des volumes domestiques bruts (VDB) et les valeurs des productions domestiques brutes (PDB) enregistrées sur la période qui s'étale entre 2008 et 2020 figurent dans le **tableau (V-7)**.

1) Le prélèvement domestique moyen par chaque habitant (PIM) se calcule par la formule suivante :

$$PIM \text{ (litres/jour/hab.)} = \frac{(\text{consommation domestique facturée /an}) \times 1000\,000}{365 \text{ jours} \times \text{Population desservie}}$$

Le **tableau (V-8)** qui va suivre présente les valeurs des différents prélèvements individuels moyens par centre, le long de la période 2008-2020, dans les quatre centres étudiés.

- ✓ (PIM) : prélèvements individuels moyens de toute la population domestique.
- ✓ (PIM)_{AC} : prélèvements individuels moyens de la population domestique dotée de compteurs.
- ✓ (PIM)_{SC} : prélèvements individuels moyens de la population domestique dépourvue de compteurs.

Les valeurs des volumes moyens prélevés quotidiennement par les usagers domestiques (PIM), et qui sont calculées par différentes méthodes, sont comparés aux volumes totaux bruts produits (Pb) et les volumes domestiques bruts (PDB) qui représentent des paramètres significatifs reflétant, à la fois, l'importance et l'évolution des volumes consommés par la population domestique (**Tableau V-9**).

En général, les volumes moyens prélevés quotidiennement par les usagers domestiques dans la wilaya de Médéa, durant la période qui s'étale entre 2008 et 2020, sont inférieures à 100 litres pour chaque individu.

Les valeurs déterminées sont assez faibles, et montrent donc, que les systèmes de distribution de l'eau potable des centres étudiés présentent des défauts.

Tableau V-7 : Les volumes domestiques bruts (VDB) et les productions domestiques brutes (PDB), période 2008-2020

Année	Centre	Volume d'eau (x 1000 m ³)				Domestic brut (VDB)	Population domestique desservie (habitants)	Productions domestiques brutes (PDB) (l/j/hab.)
		Total produit (VTP)	Consommation commerciale - publique (VCP)	Consommation industrielle (VI)	Ventes en gros et par citernes (Vgr+Vcit)			
2008	Médéa	10 118	907	383	1 154	7 674	185 169	114
	Berrouaghia	3 538	185	14	680	2 659	80 304	91
	Ksar-El-Boukhari	5 071	121	34	557	4 359	74 768	160
	Béni-Slimane	802	31	0	328	443	19 259	63
2009	Médéa	11 097	1 559	373	1 033	8 132	185 169	120
	Berrouaghia	4 053	294	14	902	2 843	80 304	97
	Ksar-El-Boukhari	5 440	432	70	660	4 278	74 768	157
	Béni-Slimane	698	167	0	353	178	20 355	24
2010	Médéa	10 835	1 540	337	1 016	7 942	186 302	117
	Berrouaghia	4 646	337	12	829	3 468	104 237	91
	Ksar-El-Boukhari	6 110	420	115	898	4 677	92 631	138
	Béni-Slimane	939	166	0	325	448	27 502	45
2011	Médéa	10 910	1 339	302	964	8 305	186 302	122
	Berrouaghia	4 297	281	12	632	3 372	94 297	98
	Ksar-El-Boukhari	5 811	430	114	949	4 318	90 583	131
	Béni-Slimane	819	172	0	139	508	27 884	50
2012	Médéa	10 878	1 246	323	1 016	8 293	186 302	122
	Berrouaghia	4 047	304	14	540	3 189	94 297	93
	Ksar-El-Boukhari	5 942	461	155	1 026	4 300	90 583	130
	Béni-Slimane	841	217	0	1	623	28 121	61
2013	Médéa	10 865	1 087	265	1 158	8 355	189 096	121
	Berrouaghia	4 267	354	18	432	3 463	95 711	99
	Ksar-El-Boukhari	6 416	333	307	705	5 071	91 941	151
	Béni-Slimane	758	145	0	0	613	28 426	59
2014	Médéa	9 684	1 239	276	305	7 864	196 942	109
	Berrouaghia	7 764	569	25	1 423	5 747	102 421	154
	Ksar-El-Boukhari	7 928	411	398	1 105	6 014	110 050	150
	Béni-Slimane	3 524	418	0	243	2 863	54 326	144
2015	Médéa	11 908	1 428	440	320	9 720	201 794	132
	Berrouaghia	8 152	760	52	1 280	6 060	132 535	125
	Ksar-El-Boukhari	11 388	521	364	1 472	9 031	115 875	214
	Béni-Slimane	4 600	988	12	324	3 276	70 198	128
2016	Médéa	12 205	1 230	377	797	9 801	236 215	114
	Berrouaghia	7 979	816	142	761	6 260	129 525	132
	Ksar-El-Boukhari	11 356	586	309	1 350	9 111	135 518	184
	Béni-Slimane	2 465	676	12	72	1 705	47 706	98
2017	Médéa	10 724	946	351	535	8 892	236 215	103
	Berrouaghia	6 624	742	99	593	5 190	129 525	110
	Ksar-El-Boukhari	10 715	573	352	1 515	8 275	135 518	167
	Béni-Slimane	4 439	599	14	369	3 457	85 962	110
2018	Médéa	12 892	1 062	352	588	10 890	246 273	121
	Berrouaghia	6 050	810	108	630	4 502	109 869	112
	Ksar-El-Boukhari	11 418	585	348	1 566	8 919	137 237	178
	Béni-Slimane	4 803	685	19	345	3 754	97 787	105
2019	Médéa	13 596	1 071	326	513	11 686	262 454	122
	Berrouaghia	6 000	652	114	537	4 697	123 444	104
	Ksar-El-Boukhari	11 920	622	340	1 507	9 451	145 603	178
	Béni-Slimane	5 428	867	24	448	4 089	103 377	108
2020	Médéa	15 872	813	334	555	14 170	276 013	141
	Berrouaghia	4 612	747	63	492	3 310	125 180	72
	Ksar-El-Boukhari	9 708	614	245	1 371	7 478	148 100	138
	Béni-Slimane	4 576	807	10	925	2 834	111 789	69

La production brute par habitant (PDB) est nettement plus importante que les différents prélèvements individuels (**tableau V-9**), les grands écarts observés à ce sujet indiquent, d'un côté, une mauvaise étanchéité des réseaux de distribution, et d'un autre côté, une consommation exagérée et une dilapidation de l'eau par les usagers qui ne disposent pas de moyens de comptage.

En d'autres termes, la confrontation entre les volumes d'eau produits et affectés à l'utilisation domestique et les volumes d'eau facturés aux usagers domestiques montre que les quantités d'eau réellement consommées sont considérablement plus importantes que celles facturées par l'exploitant.

Par conséquent, le rapprochement entre les différentes valeurs du volume brut produit pour chaque habitant (PDB) et les valeurs des volumes consommés quotidiennement par chaque individu, d'une part, et la confrontation entre les valeurs des différents prélèvements individuels, d'autre part, peut conduire aux conclusions suivantes :

- La consommation des usagers équipés de compteurs est moins élevée que celle des usagers dont la consommation est estimée forfaitairement.
- Une grande partie des quantités d'eau non comptée n'a pu être consommée que par les usagers dépourvus de compteurs, surtout quand des volumes importants d'eau sont stockés à cause des interruptions courantes du service d'alimentation. L'utilisation de pompes domestiques chez certains usagers afin de relever la faible pression concédée par le système ne fait qu'empirer une situation de distribution de l'eau déjà contestable dans les réseaux de ces systèmes de desserte.
- Les volumes d'eau importants non comptés par le gestionnaire sont considérés comme pertes. Ainsi, l'hypothèse selon laquelle il y a un taux élevé de pertes dans tous les systèmes d'alimentation en eau potable étudiés est confirmée.

Tableau V-8 : Volumes d'eau moyens prélevés quotidiennement par chaque individu, par centre, dans la wilaya de Médéa, période : 2008-2020

Année	Centre	ConsommD omest. Annuelles facturée avec comptage (x 1000 m ³)	Population domestique Dotée de compteurs	Prélèv. individuel domest. moyen par comptage (l/j/hab.) (PIM) _{AC}	Consom. Domest. Ann. facturées sans comptage (x 1000 m ³)	Pop. domest. sans compt.	Prélèv. individuel domest. moyen sans comptage (l/j/habitant) (PIM) _{SC}	Consom. Domest. Annuelles totales facturée (x 1000 m ³)	Populat ion domest. totale desservi e	Prélèv. indiv. domest. moyen (PIM) (l/j/hab.)
2008	Médéa	2 465	169 412	40	288	15 757	50	2 753	185 169	41
	Berrouaghia	745	76 854	27	58	3 450	46	803	80 304	27
	Ksar-El-Boukhari	636	67 362	26	162	7 406	60	798	74 768	29
	Béni-Slimane	199	19 024	29	2	235	23	201	19 259	29
2009	Médéa	2 647	176 678	41	211	8 491	68	2 858	185 169	42
	Berrouaghia	835	77 161	30	43	3 143	37	878	80 304	30
	Ksar-El-Boukhari	783	68 688	31	136	6 080	61	919	74 768	34
	Béni-Slimane	194	19 871	27	5	484	28	199	20 355	27
2010	Médéa	2 811	176 737	44	192	9 565	55	3 003	186 302	44
	Berrouaghia	858	99 790	24	53	4 447	33	911	104 237	24
	Ksar-El-Boukhari	813	84 820	26	133	7 811	47	946	92 631	28
	Béni-Slimane	223	26 849	23	5	653	21	228	27 502	23
2011	Médéa	2 906	176 755	45	306	9 547	88	3 212	186 302	47
	Berrouaghia	853	90 737	26	72	3 560	55	925	94 297	27
	Ksar-El-Boukhari	753	82 954	25	160	7 629	57	913	90 583	28
	Béni-Slimane	224	26 883	23	27	1 001	74	251	27 884	25
2012	Médéa	3 096	176 207	48	232	10 095	63	3 328	186 302	49
	Berrouaghia	863	90 949	26	54	3 348	44	917	94 297	27
	Ksar-El-Boukhari	791	82 742	26	114	7 841	40	905	90 583	27
	Béni-Slimane	250	26 985	25	14	1 136	34	264	28 121	26
2013	Médéa	3 060	181 331	46	244	7 765	86	3 304	189 096	48
	Berrouaghia	932	93 164	27	47	2 547	51	979	95 711	28
	Ksar-El-Boukhari	769	83 685	25	120	8 256	40	889	91 941	26
	Béni-Slimane	234	27 926	23	6	500	33	240	28 426	23
2014	Médéa	3 396	191 730	49	226	5 215	119	3 622	196 942	50
	Berrouaghia	1 534	99 902	42	58	2 519	63	1 592	102 421	43
	Ksar-El-Boukhari	1 131	99 773	31	201	10 277	54	1 332	110 050	33
	Béni-Slimane	674	49 394	37	148	4 932	82	822	54 326	41
2015	Médéa	3 736	191 786	53	280	10 008	77	4 016	201 794	55
	Berrouaghia	2 032	127 450	44	72	5 085	39	2 104	132 535	43
	Ksar-El-Boukhari	1 820	99 147	50	308	16 728	50	2 128	115 875	50
	Béni-Slimane	1 120	67 610	45	40	2 588	42	1 160	70 198	45
2016	Médéa	3 944	227 397	48	310	8 818	96	4 254	236 215	49
	Berrouaghia	2 081	124 527	46	118	4 998	65	2 199	129 525	47
	Ksar-El-Boukhari	1 979	126 763	43	203	8 755	64	2 182	135 518	44
	Béni-Slimane	584	46 361	35	42	1 345	86	626	47 706	36
2017	Médéa	3 999	227 894	48	280	8 321	92	4 279	236 215	50
	Berrouaghia	1 751	123 219	39	85	6 306	37	1 836	129 525	39
	Ksar-El-Boukhari	2 198	125 588	48	179	9 930	49	2 377	135 518	48
	Béni-Slimane	1 212	82 975	40	47	2 987	43	1 259	85 962	40
2018	Médéa	3 338	233 316	39	366	12 957	77	3 704	246 273	41
	Berrouaghia	1 914	105 988	49	107	3 881	76	2 021	109 869	50
	Ksar-El-Boukhari	2 207	126 466	48	208	10 771	53	2 415	137 237	48
	Béni-Slimane	1 286	94 879	37	49	2 908	46	1 335	97 787	37
2019	Médéa	4 702	245 045	53	435	17 409	68	5 137	262 454	54
	Berrouaghia	1 905	110 552	47	200	12 892	43	2 105	123 444	47
	Ksar-El-Boukhari	2 384	132 043	49	245	13 560	50	2 629	145 603	49
	Béni-Slimane	1 412	99 798	39	59	3 579	45	1 471	103 377	39
2020	Médéa	5 612	255 221	60	565	20 792	74	6 177	276 013	61
	Berrouaghia	2 502	115 635	59	193	9 545	55	2 695	125 180	59
	Ksar-El-Boukhari	3 048	132 858	63	317	15 242	57	3 365	148 100	62
	Béni-Slimane	1 975	102 298	53	136	9 491	39	2 111	111 789	52

Tableau V-9 : État comparatif : Productions brutes par habitant, Productions domestiques brutes, Prélèvements domestiques en eau potable durant la période 2008-2020

Année	Centre	Productions brutes par habitant Pb (l/j/hab.) (Population domestique totale)	Productions domestiques brutes PDB (l/j/hab.) (Population domestique totale)	Prélèvement individuel domestique moyen facturé (l/j/habitant) (Population domestique totale)	Prélèvement individuel domestique moyen (population avec compteurs) PIM _{AC} facturé (l/j/habitant)	Prélèvement individuel domestique moyen (population sans compteurs) PIM _{SC} facturé (l/j/habitant)
2008	Médéa	150	114	41	40	50
	Berrouaghia	121	91	27	27	46
	Ksar-El-Boukhari	186	160	29	26	60
	Béni-Slimane	114	63	29	29	23
2009	Médéa	164	120	42	41	68
	Berrouaghia	138	97	30	30	37
	Ksar-El-Boukhari	199	157	34	31	61
	Béni-Slimane	94	24	27	27	28
2010	Médéa	159	117	44	44	55
	Berrouaghia	122	91	24	24	33
	Ksar-El-Boukhari	181	138	28	26	47
	Béni-Slimane	94	45	23	23	21
2011	Médéa	160	122	47	45	88
	Berrouaghia	125	98	27	26	55
	Ksar-El-Boukhari	176	131	28	25	57
	Béni-Slimane	80	50	25	23	74
2012	Médéa	160	122	49	48	63
	Berrouaghia	118	93	27	26	44
	Ksar-El-Boukhari	180	130	27	26	40
	Béni-Slimane	82	61	26	25	34
2013	Médéa	157	121	48	46	86
	Berrouaghia	122	99	28	27	51
	Ksar-El-Boukhari	191	151	26	25	40
	Béni-Slimane	73	59	23	23	33
2014	Médéa	135	109	50	49	119
	Berrouaghia	208	154	43	42	63
	Ksar-El-Boukhari	197	150	33	31	54
	Béni-Slimane	178	144	41	37	82
2015	Médéa	152	132	55	53	77
	Berrouaghia	139	125	43	44	39
	Ksar-El-Boukhari	207	214	50	50	50
	Béni-Slimane	171	128	45	45	42
2016	Médéa	130	114	49	48	96
	Berrouaghia	156	132	47	46	65
	Ksar-El-Boukhari	194	184	44	43	64
	Béni-Slimane	142	98	36	35	86
2017	Médéa	124	103	50	48	92
	Berrouaghia	140	110	39	39	37
	Ksar-El-Boukhari	217	167	48	48	49
	Béni-Slimane	141	110	40	40	43
2018	Médéa	143	121	41	39	77
	Berrouaghia	151	112	50	49	76
	Ksar-El-Boukhari	228	178	48	48	53
	Béni-Slimane	135	105	37	37	46
2019	Médéa	141	122	54	53	68
	Berrouaghia	133	104	47	47	43
	Ksar-El-Boukhari	224	178	49	49	50
	Béni-Slimane	144	108	39	39	45
2020	Médéa	158	141	61	60	74
	Berrouaghia	101	72	59	59	55
	Ksar-El-Boukhari	180	138	62	63	57
	Béni-Slimane	112	69	52	53	39

B) Variations saisonnières de la consommation domestique

La consommation en eau potable peut connaître différentes variations temporelles. En plus des variations annuelles, il est avisé de présenter les fluctuations que connaît la consommation d'eau de la population dotés de compteurs en se basant sur les données recueillies auprès de l'organisme gestionnaire des systèmes d'eau.

$$\text{Prél. trim. moy. (10}^3 \text{ m}^3) = \frac{\text{prélèvement annuel avec comptage (10}^3 \text{ m}^3)}{4}$$

Tableau V-10 : Volumes d'eau consommés trimestriellement par la population dotée de compteurs, période 2008-2020

Année	Centre	Prélèvements domestiques annuels Avec comptage (10 ³ m ³)	Prélèvements Trimestriels Moyens (10 ³ m ³)	Prélèvement 1 ^{er} Trimest. (10 ³ m ³)	Prélèvement 2 ^e Trimest. (10 ³ m ³)	Prélèvement 3 ^e Trimest. (10 ³ m ³)	Prélèvement 4 ^e Trimest. (10 ³ m ³)
2008	Médéa	2 465	616,25	605	535	648	677
	Berrouaghia	745	186,25	173	165	208	199
	Ksar-El-Boukhari	636	159	139	148	161	188
	Béni-Slimane	199	49,75	47	45	55	52
2009	Médéa	2 647	661,75	585	618	704	740
	Berrouaghia	835	208,75	182	187	246	220
	Ksar-El-Boukhari	783	195,75	161	165	250	207
	Béni-Slimane	194	48,5	45	47	51	51
2010	Médéa	2 811	702,75	615	652	771	773
	Berrouaghia	858	214,5	201	203	245	209
	Ksar-El-Boukhari	813	203,25	179	197	231	206
	Béni-Slimane	223	55,75	46	54	61	63
2011	Médéa	2 906	726,5	630	659	802	815
	Berrouaghia	853	213,25	192	205	230	226
	Ksar-El-Boukhari	753	188,25	164	174	222	193
	Béni-Slimane	224	56	53	50	67	53
2012	Médéa	3 096	774	731	674	828	863
	Berrouaghia	863	215,75	182	193	238	250
	Ksar-El-Boukhari	791	197,75	163	198	230	200
	Béni-Slimane	250	62,5	56	54	85	56
2013	Médéa	3 060	765	721	669	847	823
	Berrouaghia	932	233	213	198	259	262
	Ksar-El-Boukhari	769	192,25	168	190	212	199
	Béni-Slimane	234	58,5	52	60	68	53
2014	Médéa	3 396	849	805	823	845	923
	Berrouaghia	1 534	383,5	310	335	436	453
	Ksar-El-Boukhari	1 131	282,75	254	253	332	292
	Béni-Slimane	674	168,5	158	170	190	156
2015	Médéa	3 736	934	882	847	1 042	965
	Berrouaghia	2 032	508	410	484	593	545
	Ksar-El-Boukhari	1 820	455	321	407	571	521
	Béni-Slimane	1 120	280	260	260	268	332
2016	Médéa	3 944	986	910	929	1 019	1 086
	Berrouaghia	2 081	520,25	440	483	594	564
	Ksar-El-Boukhari	1 979	494,75	400	453	574	552
	Béni-Slimane	584	146	112	121	176	175
2017	Médéa	3 999	999,75	875	908	1 136	1 080
	Berrouaghia	1 751	437,75	337	485	484	445
	Ksar-El-Boukhari	2 198	549,5	437	528	676	557
	Béni-Slimane	1 212	303	239	249	410	314
2018	Médéa	3 338	834,5	745	761	917	915
	Berrouaghia	1 914	478,5	406	436	561	511
	Ksar-El-Boukhari	2 207	551,75	468	516	649	574
	Béni-Slimane	1 286	321,5	264	270	424	328
2019	Médéa	4 702	1 175,5	1 046	1 079	1 416	1 161
	Berrouaghia	1 905	476,25	408	367	581	549
	Ksar-El-Boukhari	2 384	596	476	523	717	668
	Béni-Slimane	1 412	353	271	316	453	372
2020	Médéa	5 612	1 403	1 315	1 410	1 572	1 315
	Berrouaghia	2 502	625,5	570	525	837	570
	Ksar-El-Boukhari	3 048	762	646	768	988	646
	Béni-Slimane	1 975	493,75	401	491	682	401

Tableau V-11 : Coefficients des variations saisonnières de la consommation domestique avec compteurs, période 2008-2020

Centre	Trim	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Médéa	1	0,98	0,88	0,73	0,87	0,94	0,94	0,95	0,94	0,92	0,88	0,89	0,89	0,94
	2	0,87	0,93	0,93	0,91	0,87	0,87	0,97	0,91	0,94	0,91	0,91	0,92	1,00
	3	1,05	1,06	1,10	1,10	1,07	1,11	1,00	1,12	1,03	1,14	1,10	1,20	1,12
	4	1,10	1,12	1,10	1,12	1,11	1,08	1,09	1,03	1,10	1,08	1,10	0,99	0,94
Berrou.	1	0,93	0,87	0,94	0,90	0,84	0,91	0,81	0,81	0,85	0,77	0,84	0,85	0,91
	2	0,89	0,90	0,95	0,96	0,89	0,85	0,87	0,95	0,93	1,11	0,91	0,91	0,84
	3	1,12	1,18	1,14	1,08	1,10	1,11	1,14	1,17	1,14	1,11	1,17	1,22	1,34
	4	1,07	1,05	0,97	1,06	1,16	1,12	1,18	1,07	1,08	1,02	1,07	1,07	0,91
K-E-B	1	0,87	0,82	0,88	0,87	0,82	0,87	0,90	0,71	0,81	0,80	0,85	0,80	0,85
	2	0,93	0,84	0,97	0,92	1,00	0,99	0,89	0,89	0,92	0,96	0,94	0,88	1,01
	3	1,01	1,28	1,14	1,18	1,16	1,10	1,17	1,25	1,16	1,23	1,18	1,20	1,30
	4	1,18	1,06	1,01	1,03	1,01	1,04	1,03	1,15	1,12	1,01	1,04	1,12	0,85
Beni-Slimane	1	0,94	0,93	0,83	0,95	0,90	0,90	0,94	0,93	0,77	0,79	0,82	0,77	0,81
	2	0,90	0,97	0,97	0,89	0,86	1,03	1,01	0,93	0,83	1,04	0,84	0,90	0,99
	3	1,11	1,05	1,09	1,20	1,36	1,16	1,13	0,96	1,21	1,35	1,32	1,28	1,38
	4	1,05	1,05	1,13	0,95	0,90	0,91	0,92	1,19	1,20	1,04	1,02	1,05	0,81

Le **tableau (V-11)** qui précède montre clairement qu’hormis quelques exceptions près, les volumes d’eau consommés trimestriellement par la population dotée de compteurs connaissent de faibles fluctuations et leur amplitude par rapport à la moyenne comprise entre 0,80 et 1,20. Ce qui démontre que la consommation domestique est presque constante à travers les quatre trimestres de l’année durant toute la durée d’étude.

C) Évaluation des volumes d’eau perdus dans les systèmes de distribution de la zone étudiée

Les pertes qui constituent des volumes d’eau inutilement prélevés de la ressource peuvent provenir de diverses causes, soit d’origines structurales telles que des fuites occasionnées par des fissures ou des casses apparues sur les canalisations ou les branchements, soit à partir des incidents commerciaux tels que les vols d’eau ou les consommations non comptées.

L’écart entre le volume distribué et la consommation totale facturée (y compris les volumes vendus en gros et par citernes, au réel et au forfait) représente les pertes d’eau qui sont l’objet de notre attention, cet écart représente les quantités perdues par les fuites dans les réseaux, la surconsommation ainsi que les quantités d’eau gaspillées par les usagers démunis de moyens de comptage et où l’estimation de la consommation est forfaitaire. En d’autres termes, les pertes d’eau représentent toutes les quantités d’eau non facturées aux usagers et qui échappent au contrôle de l’organisme exploitant.

Comme il a été évoqué précédemment, les principales composantes des pertes d'eau sont :

- Les gaspillages : englobent les surconsommations chez les abonnés dépourvus de moyens de comptage ainsi que les volumes d'eau largués involontairement dans la nature à la suite d'un mauvais fonctionnement d'une partie du réseau d'AEP, ou résultant d'une action accidentelle survenue lors de l'exploitation du système de distribution de l'eau (débordement des ouvrages de stockage d'eau, vannes de vidange laissées, soit ouvertes, soit partiellement fermées, etc...).
- Le détournement des volumes d'eau peut provenir de menées telles que les branchements frauduleux (incluent les prises pour usage agricole), les prélèvements opérés avant les compteurs, les vols d'eau au niveau des hydrants,
- Les fuites : Ce sont les pertes physiques provenant de canalisations ou d'accessoires non étanches. Ce sont donc des volumes d'eau non utilisés effectivement perdus dans le milieu naturel ou dans les immeubles ou lotissements qui ne possèdent pas de compteurs généraux

Les volumes d'eau annuellement perdus ainsi que les taux annuels de pertes sont définis en se basant sur les valeurs des quantités d'eau utilisés et comptés. Ces valeurs sont déterminées par deux méthodes : la première quantifie le volume total facturé au centre sur la base de l'estimation totale des prélèvements domestiques, commerciaux-publics, industriels ainsi que les volumes d'eau vendus en gros et par citernes, dans la seconde démarche la consommation domestique totale est définie à partir de celle comptée et par la suite extrapolée à toute la population domestique. Les deux méthodes offrent la possibilité de valider les résultats obtenus (**tableaux V-12 et V-14**).

La démarche qui consiste à évaluer les consommations domestiques facturées aux abonnés munis de moyens de comptage et extrapolées ensuite à toute la population domestique est établie dans le **tableau (V-13)**.

La consommation de la population domestique totale déterminée par extrapolation (V_{dex}) est calculée par la formule suivante :

$$V_{dex} = \frac{\text{Population domestique totale desservie (hab.)} \times \text{Consomma. de la population domestique à compteurs (Vdc)}}{\text{Population domestique à compteurs (hab.)}}$$

V_{dex} : Consommation facturée de la population domestique totale desservie (en 10^3 m^3).

V_{dc} : Consommation de la population domestique desservie à compteurs (en 10^3 m^3)

Les volumes d'eau perdus peuvent être déterminés par la formule suivante :

$$P = V_{di} - (V_d + V_{cp} + V_i + V_{gc}), \quad \text{où :}$$

- ✓ P : Volumes d'eau perdus
- ✓ V_d : Consommation domestique totale facturée
- ✓ V_{cp} : Consommation facturée des commerces et des établissements publics
- ✓ V_i : Consommation facturée des industries
- ✓ V_{gc} : Volumes d'eau vendus en gros et par citernes

Tableau V-12 : Volumes perdus et taux de pertes par le bilan (A) : volumes mis en distribution –consommations totales facturées (consommation domestique totale +consommations des divers usagers)

Année	Centre	Volumes d'eau (x 1 000 m ³)							Taux de pertes par la méthode A (%)
		Volume ann. Mis en distr. (Vdi)	Cons. dom ann. tot. fact (Vd)	Consom. C et P annu. tot. factur. (Vcp)	Consom. Ind. Ann. tot. fact. (Vi)	Vol. vendus en gros et par citernes (Vgc)	Consomm. annuelles tot. facturées (Vd+Vcp+Vi+Vgc)	Pertes par le bilan A P _A	
2008	Médéa	9 548	2 753	907	383	1 154	5 197	4 351	46
	Berrouaghia	3 337	803	185	14	680	1 682	1 655	50
	Ksar-El-Boukhari	3 527	798	121	34	557	1 510	2 017	57
	Béni-Slimane	756	201	31	0	328	560	196	26
2009	Médéa	10 015	2 858	1 559	373	1 033	5 823	4 192	42
	Berrouaghia	3 868	878	294	14	902	2 088	1 780	46
	Ksar-El-Boukhari	4 253	919	432	70	660	2 081	2 172	51
	Béni-Slimane	662	199	167	0	353	719	?	?
2010	Médéa	10 240	3 003	1 540	337	1 016	5 896	4 344	42
	Berrouaghia	3 980	911	337	12	829	2 089	1 891	48
	Ksar-El-Boukhari	4 643	946	420	115	898	2 379	2 264	49
	Béni-Slimane	838	228	166	0	325	719	119	14
2011	Médéa	9 898	3 212	1 339	302	964	5 817	4 081	41
	Berrouaghia	3 570	925	281	12	632	1 850	1 720	48
	Ksar-El-Boukhari	4 799	913	430	114	949	2 406	2 393	50
	Béni-Slimane	732	251	172	0	139	562	170	23
2012	Médéa	10 001	3 328	1 246	323	1 016	5 913	4 088	41
	Berrouaghia	3 569	917	304	14	540	1 775	1 794	50
	Ksar-El-Boukhari	4 899	905	461	155	1 026	2 547	2 352	48
	Béni-Slimane	753	264	217	0	1	482	271	36
2013	Médéa	9 522	3 304	1 087	265	1 158	5 814	3 708	39
	Berrouaghia	4 015	979	354	18	432	1 783	2 232	56
	Ksar-El-Boukhari	4 900	889	333	307	705	2 234	2 666	54
	Béni-Slimane	685	240	145	0	0	385	300	44
2014	Médéa	9 576	3 622	1 239	276	305	5 442	4 134	43
	Berrouaghia	7 316	1 592	569	25	1 423	3 609	3 707	51
	Ksar-El-Boukhari	5 656	1 332	411	398	1 105	3 246	2 410	43
	Béni-Slimane	3 440	822	418	0	243	1 483	1 957	57
2015	Médéa	11 476	4 016	1 428	440	320	6 204	5 272	46
	Berrouaghia	7 908	2 104	760	52	1 280	4 196	3 712	47
	Ksar-El-Boukhari	9 840	2 128	521	364	1 472	4 485	5 355	54
	Béni-Slimane	4 408	1 160	988	12	324	2 484	1 924	44
2016	Médéa	11 202	4 254	1 230	377	797	6 658	4 544	41
	Berrouaghia	7 372	2 199	816	142	761	3 918	3 454	47
	Ksar-El-Boukhari	9 533	2 182	586	309	1 350	4 427	5 106	54
	Béni-Slimane	2 244	626	676	12	72	1 386	858	38
2017	Médéa	10 200	4 279	946	351	535	6 111	4 089	40
	Berrouaghia	5 754	1 836	742	99	593	3 270	2 484	43
	Ksar-El-Boukhari	9 177	2 377	573	352	1 515	4 817	4 360	48
	Béni-Slimane	4 257	1 259	599	14	369	2 241	2 016	47
2018	Médéa	11 493	3 704	1 062	352	588	5 706	5 787	50
	Berrouaghia	5 612	2 021	810	108	630	3 569	2 043	36
	Ksar-El-Boukhari	9 943	2 415	585	348	1 566	4 914	5 029	51
	Béni-Slimane	4 699	1 335	685	19	345	2 384	2 315	49
2019	Médéa	12 100	5 137	1 071	326	513	7 047	5 053	42
	Berrouaghia	5 668	2 105	652	114	537	3 408	2 260	40
	Ksar-El-Boukhari	10 536	2 629	622	340	1 507	5 098	5 438	52
	Béni-Slimane	5 364	1 471	867	24	448	2 810	2 554	48
2020	Médéa	13 884	6 177	813	334	555	7 879	6 005	43
	Berrouaghia	4 900	2 695	747	63	492	3 997	903	18
	Ksar-El-Boukhari	8 800	3 365	614	245	1 371	5 595	3 205	36
	Béni-Slimane	4 816	2 111	807	10	925	3 853	963	20

Tableau V-13 : Consommation domestique totale déduite par extrapolation de la consommation de la population munie de compteurs

Année	Centre	Abonnés domestiques		Volumes d'eau consommés par la population et facturés (x 1000 mètre cube)	
		Munis de Compteurs	Nombre Total	Munis de Compteurs (Vdc)	Par Extrapolation à toute la population domestique (Vdex)
2008	Médéa	22 579	24 679	2 465	2 694
	Berrouaghia	9 268	9 684	745	778
	Ksar-El-Boukhari	9 732	10 802	636	706
	Béni-Slimane	2 828	2 863	199	201
2009	Médéa	24 095	25 253	2 647	2 774
	Berrouaghia	9 500	9 887	835	869
	Ksar-El-Boukhari	10 348	11 264	783	852
	Béni-Slimane	2 954	3 026	194	199
2010	Médéa	25 553	26 936	2 811	2 963
	Berrouaghia	10 120	10 571	858	896
	Ksar-El-Boukhari	11 163	12 191	813	888
	Béni-Slimane	3 166	3 243	223	228
2011	Médéa	26 236	27 653	2 906	3 063
	Berrouaghia	10 271	10 674	853	886
	Ksar-El-Boukhari	11 276	12 313	753	822
	Béni-Slimane	3 170	3 288	224	232
2012	Médéa	26 951	28 495	3 096	3 273
	Berrouaghia	10 486	10 872	863	895
	Ksar-El-Boukhari	11 503	12 593	791	866
	Béni-Slimane	3 182	3 316	250	261
2013	Médéa	28 279	29 490	3 060	3 191
	Berrouaghia	10 755	11 049	932	957
	Ksar-El-Boukhari	11 515	12 651	769	845
	Béni-Slimane	3 293	3 352	234	238
2014	Médéa	30 718	31 553	3 396	3 488
	Berrouaghia	15 901	16 302	1 534	1 573
	Ksar-El-Boukhari	14 534	16 031	1 131	1 247
	Béni-Slimane	7 712	8 482	674	741
2015	Médéa	32 061	33 734	3 736	3 931
	Berrouaghia	15 666	16 291	2 032	2 113
	Ksar-El-Boukhari	16 768	19 597	1 820	2 127
	Béni-Slimane	10 556	10 960	1 120	1 163
2016	Médéa	35 123	36 485	3 944	4 097
	Berrouaghia	17 168	17 857	2 081	2 165
	Ksar-El-Boukhari	19 981	21 361	1 979	2 116
	Béni-Slimane	6 032	6 207	584	601
2017	Médéa	37 112	38 467	3 999	4 145
	Berrouaghia	18 035	18 958	1 751	1 841
	Ksar-El-Boukhari	20 311	21 917	2 198	2 372
	Béni-Slimane	9 529	9 872	1 212	1 256
2018	Médéa	37 995	40 105	3 338	3 523
	Berrouaghia	15 513	16 081	1 914	1 984
	Ksar-El-Boukhari	20 453	22 195	2 207	2 395
	Béni-Slimane	10 896	11 230	1 286	1 325
2019	Médéa	39 905	42 740	4 702	5 036
	Berrouaghia	16 181	18 068	1 905	2 127
	Ksar-El-Boukhari	21 355	23 548	2 384	2 629
	Béni-Slimane	11 461	11 872	1 412	1 463
2020	Médéa	41 562	44 948	5 612	6 069
	Berrouaghia	16 925	18 322	2 502	2 709
	Ksar-El-Boukhari	21 487	23 952	3 048	3 398
	Béni-Slimane	11 748	12 838	1 975	2 158

Tableau V-14 : Volumes perdus et taux de pertes par le bilan (B) : volume mis en distribution – consommation totales facturées (volumes consommés par la population entière extrapolés des volumes consommés par la population munie de compteurs + volumes consommés par les autres usagers)

Année	Centre	Volumes d'eau (x 1 000 m ³)							Taux de pertes par la méthode B (%)
		Volume ann. Mis en distr. Vdi	Cons.dom ann.tot. fact extrapolée (Vdex)	Consom. C et P annu. tot. factur. (Vcp)	Consom. Ind. Ann. tot. fact. (Vi)	Vol. vendus en gros et par citernes (Vgc)	Consomm. Annuelles Tot. Facturées (Vdex+Vcp+Vi+Vgc)	Pertes par le bilan B P _B	
2008	Médéa	9 548	2 694	907	383	1 154	5 138	4 410	46
	Berrouaghia	3 337	778	185	14	680	1 657	1 680	50
	Ksar-El-Boukhari	3 527	706	121	34	557	1 418	2 109	60 max
	Béni-Slimane	756	201	31	0	328	560	196	26
2009	Médéa	10 015	2 774	1 559	373	1 033	5 739	4 276	43
	Berrouaghia	3 868	869	294	14	902	2 079	1 789	46
	Ksar-El-Boukhari	4 253	852	432	70	660	2 014	2 239	53
	Béni-Slimane	662	199	167	0	353	719	?	?
2010	Médéa	10 240	2 963	1 540	337	1 016	5 856	4 384	43
	Berrouaghia	3 980	896	337	12	829	2 074	1 906	48
	Ksar-El-Boukhari	4 643	888	420	115	898	2 321	2 322	50
	Béni-Slimane	838	228	166	0	325	719	119	14 min
2011	Médéa	9 898	3 063	1 339	302	964	5 668	4 230	43
	Berrouaghia	3 570	886	281	12	632	1 811	1 759	49
	Ksar-El-Boukhari	4 799	822	430	114	949	2 315	2 484	52
	Béni-Slimane	732	232	172	0	139	543	189	26
2012	Médéa	10 001	3 273	1 246	323	1 016	5 858	4 143	41
	Berrouaghia	3 569	895	304	14	540	1 753	1 816	51
	Ksar-El-Boukhari	4 899	866	461	155	1 026	2 508	2 391	49
	Béni-Slimane	753	261	217	0	1	479	274	36
2013	Médéa	9 522	3 191	1 087	265	1 158	5 701	3 821	40 min
	Berrouaghia	4 015	957	354	18	432	1 761	2 254	56 max
	Ksar-El-Boukhari	4 900	845	333	307	705	2 190	2 710	55
	Béni-Slimane	685	238	145	0	0	383	302	44
2014	Médéa	9 576	3 488	1 239	276	305	5 308	4 268	45
	Berrouaghia	7 316	1 573	569	25	1 423	3 590	3 726	51
	Ksar-El-Boukhari	5 656	1 247	411	398	1 105	3 161	2 495	44
	Béni-Slimane	3 440	741	418	0	243	1 402	2 038	59 max
2015	Médéa	11 476	3 931	1 428	440	320	6 119	5 357	47
	Berrouaghia	7 908	2 113	760	52	1 280	4 205	3 703	47
	Ksar-El-Boukhari	9 840	2 127	521	364	1 472	4 484	5 356	54
	Béni-Slimane	4 408	1 163	988	12	324	2 487	1 921	44
2016	Médéa	11 202	4 097	1 230	377	797	6 501	4 701	42
	Berrouaghia	7 372	2 165	816	142	761	3 884	3 488	47
	Ksar-El-Boukhari	9 533	2 116	586	309	1 350	4 361	5 172	54
	Béni-Slimane	2 244	601	676	12	72	1 361	883	39
2017	Médéa	10 200	4 145	946	351	535	5 977	4 223	41
	Berrouaghia	5 754	1 841	742	99	593	3 275	2 479	43
	Ksar-El-Boukhari	9 177	2 372	573	352	1 515	4 812	4 365	48
	Béni-Slimane	4 257	1 256	599	14	369	2 238	2 019	47
2018	Médéa	11 493	3 523	1 062	352	588	5 525	5 968	52 max
	Berrouaghia	5 612	1 984	810	108	630	3 532	2 080	37
	Ksar-El-Boukhari	9 943	2 395	585	348	1 566	4 894	5 049	51
	Béni-Slimane	4 699	1 325	685	19	345	2 374	2 325	49
2019	Médéa	12 100	5 036	1 071	326	513	6 946	5 154	43
	Berrouaghia	5 668	2 127	652	114	537	3 430	2 238	39
	Ksar-El-Boukhari	10 536	2 629	622	340	1 507	5 098	5 438	52
	Béni-Slimane	5 364	1 463	867	24	448	2 802	2 562	48
2020	Médéa	13 884	6 069	813	334	555	7 771	6 113	44
	Berrouaghia	4 900	2 709	747	63	492	4 011	889	18 min
	Ksar-El-Boukhari	8 800	3 398	614	245	1 371	5 628	3 172	36 min
	Béni-Slimane	4 816	2 158	807	10	925	3 900	916	19

Par la lecture des valeurs sur les bilans A et B, on constate que durant la période 2008-2019 (à l'exception des années 2012, 2013 et 2014) les taux de pertes dans le centre Ksar-El-Boukhari sont les plus élevés et dépassèrent, en général, les 50%. Dans ce dernier centre le taux de pertes était de 60% en 2008 et pris sa valeur minimale de 36% en 2020. Au centre de Berrouaghia, le taux de pertes prenait sa valeur maximale de 56% en 2013 et observait une diminution significative en 2020 avec une valeur de 18%. Durant la période étudiée, les plus faibles valeurs de ce paramètre atteignirent 14% à Béni-Slimane (2010), 39% à Médéa (2013).

Les deux méthodes A et B précédentes révèlent, qu'au long de la période 2008-2020, les valeurs des taux de pertes d'eau au niveau des systèmes de distribution de cette région testée sont sensiblement proches et anormalement élevées.

Afin de limiter les pertes d'eau, des démarches doivent être mises en œuvre à l'encontre des systèmes de distribution d'eau potable. Ces actions doivent découler d'analyses entreprises dans le but de connaître les origines des pertes, leurs ampleurs et prendre en compte le contexte et les enjeux encourus.

Pour minimiser les pertes physiques, il est indispensable d'instaurer une politique de gestion du patrimoine qui consiste à mettre en œuvre conjointement :

- ✓ Des actions d'exploitation telles que l'investigation pour la détection des fuites, leur réparation ainsi que la gestion des pressions. En effet, l'importance des quantités d'eau perdues à travers des fuites n'est pas forcément proportionnelle à leur nombre, elle peut dépendre, notamment, de la grandeur de la pression de l'eau au niveau des canalisations, du type et de la dimension de la fissure occasionnant la fuite sur la conduite, de l'intervalle du temps écoulée entre la détection de la fuite et l'intervention.
- ✓ Une gestion patrimoniale qui consiste à mettre en œuvre des investissements pour le renouvellement des canalisations et/ou les branchements fuyards,
- ✓ Subdivision adéquate et durable du réseau de distribution.

Le niveau de performance de tout réseau de distribution d'eau potable se mesure, notamment, à l'aide des indicateurs techniques qui sont : l'indice linéaire des pertes, l'indice linéaire des consommations, et les différents rendements du réseau.

D) Les paramètres qui définissent la performance des réseaux étudiés

Les paramètres d'évaluation de la performance, aussi appelés rendements techniques, permettent d'apprécier de manière plus précise le niveau de fiabilité et d'efficacité de tout réseau de distribution de l'eau potable. Une obtention de valeurs précises appréciant ces indicateurs techniques dépend fortement du nombre et de la qualité des grandeurs des paramètres physiques et fonctionnels du réseau de distribution (**Masmoudi, 2009**). Les données recueillies de la structure exploitante, les mesures relevées sur les appareils de comptage et les résultats obtenus concernant les volumes perdus d'eau, permettent de calculer, à la fois, les valeurs du rendement technique primaire, de l'indice linéaire de pertes et de l'indice linéaire de la consommation. Ces paramètres permettent d'évaluer le degré de fiabilité et le niveau de performance des systèmes étudiés.

D) -1 Le Rendement technique primaire des réseaux étudiés

Le rendement technique primaire Rp (%) est le rapport entre le volume desservi à travers le réseau d'eau potable et comptabilisé, d'une part, (les volumes d'eau vendus en gros et par citernes Vgc ne sont pas pris en compte car leur distribution ne passe pas par les réseaux de distribution étudiés), et le volume mis en distribution Vdi (le volume mis en distribution réduit du volume vendu en gros et par citernes), d'autre part.

$$Rp (\%) = \frac{(Vd + Vcp + Vi) \times 100}{Vdi - Vgc}$$

Pour la détermination du rendement primaire qui caractérise les réseaux de distribution étudiés à l'issue de l'année 2020, on a considéré que le volume d'eau consommé et comptabilisé est le cumul de tous les volumes d'eau comptés et facturés : le volume total consommé par la population domestique, les volumes consommés par les commerciaux et les établissements publics, et les volumes consommés par les industries (Voir le **tableau V-15**).

Tableau V-15 : Rendement primaire des réseaux de distribution de l'eau potable de la wilaya de Médéa en 2020

Centre	Volumes (x 1000 m ³)		Rendement primaire : Rp (%)
	Consommé et Comptabilisé : (Vd+Vcp+Vi)	Mis en distribution dans le réseau : (Vdi-Vgc)	
Médéa	7 324	13 329	55
Berrouaghia	3 505	4 408	80
Ksar-El-Boukhari	4 224	7 429	57
Béni-Slimane	2 928	3 891	75

Cette évaluation, couvrant la période de 2016 à 2020, suggère une substitution de la consommation domestique totale par la consommation domestique extrapolée de la consommation de la population munie de moyens de comptage (**Tableau V-16**).

Tableau (V-16): Les valeurs des rendements primaires spécifiques aux réseaux de la région de Médéa, période 2016-2020

Anné	Centre	Volumes (x 1000 m ³)		Rendement primaire : Rp (%)
		Comptabilisé : (Vdex+Vcp+Vi)	Mis en distribution : (Vdi-Vgc)	
2016	Médéa	5 704	10 405	55
	Berrouaghia	3 123	6 611	47
	Ksar-El-Boukhari	3 011	8 183	37
	Béni-Slimane	1 289	2 172	59
2017	Médéa	5 442	9 665	56
	Berrouaghia	2 682	5 161	52
	Ksar-El-Boukhari	3 297	7 662	43
	Béni-Slimane	1 869	3 888	48
2018	Médéa	4 937	10 905	45
	Berrouaghia	2 902	4 982	58
	Ksar-El-Boukhari	3 328	8 377	40
	Béni-Slimane	2 029	4 354	47
2019	Médéa	6 433	11 587	56
	Berrouaghia	2 893	5 131	56
	Ksar-El-Boukhari	3 591	9 029	40
	Béni-Slimane	2 354	4 916	48
2020	Médéa	7 216	13 329	54
	Berrouaghia	3 519	4 408	80
	Ksar-El-Boukhari	4 257	7 429	57
	Béni-Slimane	2 975	3 891	76

A l'exception des centres de Berrouaghia et Beni-Slimane en 2020, les deux méthodes utilisées montrent que les valeurs des rendements techniques primaires de tous les réseaux testés, sur la période 2008-2019 étaient faibles. Les rendements issus de cette analyse se situaient entre 37 et 59%, confirmant le déficient niveau de performance et de fiabilité qu'observaient les réseaux de distribution de l'eau potable analysés tout au long de la période étudiée.

D) -2 Détermination des valeurs de l'indice linéaire de pertes et de l'indice linéaire de la consommation

D)-2-1 L'indice linéaire de pertes

Les valeurs de l'indice linéaire de pertes se calculent en se basant sur les grandeurs des volumes perdus selon les méthodes A et B. 'A' représente le bilan : Volumes mis en distribution – consommation domestique totale facturée. Le bilan 'B' quantifie les pertes d'eau par la

relation : Volumes mis en distribution – consommation de toute la population domestique extrapolée à partir de la consommation de la population munie de moyens de comptage. Les valeurs des paramètres « indices linéaires de pertes » pour l’année 2020 des réseaux testés figurent dans le **tableau (V-17)**.

Les valeurs du paramètre appelé : ‘‘Indice Linéaire de Pertes’’ spécifique aux réseaux d’AEP testés est calculée à partir de la formule ci-dessous :

$$ILP \text{ (m}^3\text{/j/km)} = \frac{P \times 1000}{365 \text{ jours} \times L}$$

Où :

- ILP : Indice linéaire de pertes (en m³/j/km)
- P : Volume d’eau perdu (en m³)
- L : longueur totale du réseau de distribution (en Kilomètres)

Tableau V-17 : Valeurs de l’indice linéaire de pertes spécifiques aux réseaux de distribution de l’eau potable Wilaya de Médéa, en 2020

Centre	Longueur du réseau L (km)	Volumes perdus P (x 1000 m ³)		Valeurs des indices linéaires de pertes » (ILP) (m ³ /jour/km)	
		Par le bilan A	Par le bilan B	Par le bilan A	Par le bilan B
Médéa	250	6 005	6 113	66	67
Berrouaghia	167	903	889	15	15
Ksar-El-Boukhari	218	3 205	3 172	40	40
Béni-Slimane	64	963	916	41	39

Tableau V-18 : Valeurs guides de l’indice linéaire de pertes indiquant les réseaux de distribution de l’eau potable performants (Deb A. K., 1994)

Densité de la population (Habitants)	Valeurs guides des Indices Linéaires de Pertes (ILP) (m ³ /jour/km)
Inférieure à 5000 habitants	5
Entre 5 000 et 10 000 habitants	9
Entre 10 000 et 20 000 habitants	10
Entre 20 000 et 50 000 habitants	12
Entre 50 000 et 100 000 habitants	19
Supérieure à 100 000 habitants	23

A l’exception du centre de Berrouaghia qui montre une valeur performante en 2020, les valeurs des autres réseaux testés dépassent largement les valeurs guides (**tableau V-18**). En effet, dans le centre de Médéa, la valeur calculée de l’ILP est de 67 m³/jour/km, tandis que la valeur guide correspondante a un réseau urbain performant ne dépasse pas les 20 m³/jour/km.

Cette grande différence constatée entre les valeurs déterminées et les valeurs de référence confirme, encore, que, durant la période étudiée, et quelle que soit la méthode utilisée, les systèmes de distribution de l'eau potable de la wilaya de Médéa faisaient état d'un manque de fiabilité.

D)-2-2 Indices linéaires de consommation

Ces indicateurs permettent d'apprécier et de contrôler le niveau d'efficacité des réseaux de distribution. Ils sont exprimés par le résultat du rapport entre le volume cumulé des consommations (Vd+Vcp+Vi) et la longueur totale du réseau de distribution. Le calcul de ces indicateurs de performance de l'année 2020 a conduit aux résultats suivants (**tableau V-19**):

L'indice linéaire des consommations est calculé à partir de la formule présentée ci-dessous :

$$ILC \text{ (m}^3\text{/j/km)} = \frac{(Vd + Vcp + Vi) \times 1000}{365 \text{ jour} \times L}$$

Où : - ILC : Indice linéaire de consommation (en m³/j/km)

-(Vd + Vcp + Vi) : Volume total d'eau consommé (en m³)

-L : longueur totale du réseau de distribution (en Kilomètres)

Tableau V-19 : Les valeurs des Indices linéaires de consommation spécifiques aux réseaux de distribution de l'eau potable, wilaya de Médéa en 2020

Centre	Longueur du réseau L (km)	Volume total consommé (x 1000 m ³)		Valeurs des Indices linéaires de consommation (ILC) (m ³ /jour/km)	
		Par le bilan A (Vd+Vcp+Vi)	Par le bilan B (Vdex+Vcp+Vi)	Par le bilan A	Par le bilan B
Médéa	250	7 324	7 216	80	79
Berrouaghia	167	3 505	3 519	58	58
Ksar-El-Boukhari	218	4 224	4 257	53	54
Béni-Slimane	64	2 928	2 975	125	127

Par ailleurs, et dans le but d'apprécier d'avantage la performance des réseaux de distribution de la région on a eu recours au caractère urbain ou rural du service, basé sur la valeur de l'ILC (en m³/j/km). Cette méthode basée sur les valeurs de l'ILP (en m³/j/km) adoptée par les distributeurs d'eau de France s'appuie sur des référentiels issus des comptes rendus annuels de gestion des systèmes de distribution d'eau potable (**Tableau V-20**).

Tableau V-20 : Référentiel de la Lyonnaise des eaux (LDE), 2004.

Type	Rural	Intermédiaire	Urbain
Critère	ILC ≤ 10	10 < ILC ≤ 30	ILC > 30
Satisfaisant	ILP < 2	ILP < 6	ILP < 10
Assez satisfaisant	2 ≤ ILP < 3	6 ≤ ILP < 8	10 ≤ ILP < 13
Médiocre	3 ≤ ILP ≤ 5	8 ≤ ILP ≤ 11	13 ≤ ILP ≤ 16
Préoccupant	ILP > 5	ILP > 11	ILP > 16

En confrontant les résultats de l'année 2020 dans le tableau 29 avec les valeurs de référence présentées dans le tableau 30 ($ILC > 30$ et $ILP > 16$ et $13 \leq ILP \leq 16$: pour une zone urbaine), il apparaît que les systèmes de distribution de wilaya de Médéa sont du type préoccupant (à l'exception du centre de Berrouaghia qui est du type médiocre).

Conclusion

Les deux méthodes A et B précédentes montrent clairement, qu'au long de la période 2008-2020, les volumes de pertes d'eau au niveau des systèmes de distribution des centres étudiés de cette région sont trop élevées et ces patrimoines publics se placent au rang des systèmes à caractère préoccupant.

Conclusion générale

Lors de son transport et de sa distribution via les réseaux étudiés, l'eau potable subit d'importantes pertes inutiles. Cela nécessite, d'une part, de mener des opérations supplémentaires d'investigation pour repérer et quantifier les fuites au niveau des canalisations, et d'autre part, de procéder à la généralisation de la mise en place de dispositifs de comptage.

L'état préoccupant de ces réseaux incombe à l'exploitant de minimiser les volumes perdus en améliorant le niveau de performance de ces systèmes par les actions suivantes :

- Généralisation du comptage individuel,
- Sectorisation de tous ces réseaux et mise en place de compteurs généraux. Elaboration d'une base de données minutieuse explicitant leur état physique et fonctionnel.
- Gestion des pressions ainsi que les vitesses de l'eau dans les canalisations et au niveau des nœuds des réseaux de distribution,
- Planification et hiérarchisation des nouvelles opérations de réhabilitation et de rénovation dans le patrimoine tout entier afin de minimiser les pertes d'eau et optimiser le service rendu,
- Formation de personnel qualifié de suivi, d'entretien et de maintenance,
- Sensibilisation des usagers aux problèmes liés aux volumes d'eau perdus par le gaspillage.

Ces actions doivent être associées à la mise en œuvre d'une stratégie d'exploitation visant à améliorer le service de distribution de l'eau aux usagers et à mesurer régulièrement et d'une façon correcte les différents volumes d'eau consommés.

Tout de suite après l'achèvement de nouvelles œuvres, les gestionnaires des systèmes de distribution de l'eau devraient établir des schémas directeurs de la partie récemment réalisée du réseau et de mettre en place tous les plans de récolement mettant en exergue les travaux

réellement réalisés et les nouvelles opérations effectuées afin de mieux programmer et hiérarchiser les futures opérations de renouvellement et prévoir rationnellement les nouveaux investissements.

Quelles que soient les démarches envisagées, et pour passer à un système capable de distribuer une eau satisfaisante tant en quantité qu'en qualité, il est fortement recommandé d'utiliser des ressources d'eau rigoureusement liées aux exigences des utilisateurs.

En effet, toutes les réflexions doivent se concentrer sur une utilisation rationnelle de la ressource en eau pour garantir sa pérennité, et, au même rang, retarder, voire empêcher, d'entreprendre de nouveaux investissements.

Références bibliographiques

- 1- A. Erhard ; Cassegrain ; J. Margat et Masson : «Introduction à l'économie générale de l'eau » (1983).
- 2- A. Kettab; R. Mitiche and N. Bennaçar: «*Water for a sustainable development: challenges and strategies*», Journal of Water Science, 21(2), 247–256. (2008) <https://doi.org/10.7202/018469>.
- 3- A. Lambert: «*Ten years' experience in using the VARL formula to calculate the infrastructure leakage index*». Proceedings of IWA conference, Water loss, Cap Town, South Africa, pp. 214-220 (2009).
- 4- A. Kettab ; S. Djaffar : «*La gestion de l'eau en Algérie : quelles politiques, quelles stratégies, quels avenir* », Algerian Journal of Environmental Science and Technology April edition. Vol.4. No1. (2018), www.aljest.org ALJEST.
- 5- A. Kettab ; R. Masmoudi ; «*Analyse de la distribution d'eau potable dans le Sud algérien* ». Troisième Conférence Internationale sur les Ressources en Eau dans le Bassin Méditerranéen Watmed 3, Tripoli, Liban, (2006).
- 6- A. K. Deb: « Water distribution system performance indicators », journal water supply, vol. 12, n°3/4, pp. 11-20 (1994).
- 7- Bates et al. : « Le changement climatique et l'eau » (2008).
- 8- Bernard Foe Andegue. Université de Dschang- Cameroun (2008).
- 9- BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières-France (2011).
- 10- C. Abdelbaki : « Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG- Cas du groupement urbain de Tlemcen » Thèse de doctorat, (2014).
- 11- C. Evins et T. Dolphin: «Defining the scale of the problem: putting the customer first, an approach to the rehabilitation of mains based on service to the customer », journal water supply (1990), vol. 8, pp. 141-147.
- 12- Christian Taveira, C News, «Pub. 19/03/2019».
- 13- Deb A. K.: «Water distribution system performance indicators », journal water supply, (1994), vol. 12, n°3/4, pp. 11-20.
- 14- Degrémont : « Memento technique de l'eau » (1972).

- 15- D. Houillon: « Caractérisation de la qualité du service des réseaux anciens d'eau potable en vue de leur renouvellement »(1995) Thèse de doctorat : ENGEE de Strasbourg, 131 p + annexes.
- 16- Dupont : « Hydraulique urbaine » (1979).
- 17- Durant Dastes, 1977 ; Dezert et R. Frecaut, 1978, cité dans « Eaupuscule ».
- 18- D. Schertzer, Core Health Indicator ou Indicateurs de sante Européens de base (ISEB) (2007).
- 19- Eau – Banque Mondiale, 01 Juillet 2019.
- 20- Eaufrance, le portail de l'information sur l'eau.
- 21- Eaupuscule, P. Hubert (1984).
- 22- F. ANCTIL : « L'eau et ses enjeux ». Presses de l'Université LAVAL (2007).
- 23- GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) « Rapport de synthèse sur le changement climatique du 31 Mars 2014 ».
- 24- I.A. Schiklomanov: « World water resources: Modern assessment and outlook for the 21st Century- St. Petersburg, Federal Service of Russia for Hydrometeorology and Environment Monitoring, State Hydrological Institute USCSD (1999).
- 25- Igor Blindu : « Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau (Moldavie) par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques » - Thèse (2013).
- 26- I. Sarbu: “A Study of Energy Optimisation of Urban Water Distribution Systems Using Potential Elements” Water, **p.8**, 593. (2016).
- 27- IWA (Association Internationale de l'eau) : Leakage (fuites) 2005 ; Waterloss (perte d'eau) 2007 et 2009.
- 28- Journal officiel de la république algérienne n° 34 du 17 Rajab 1432 qui correspond au 19 Juin 2011.
- 29- Julien Morel : « Les ressources en eau – Origine, utilisation et perspectives dans le contexte du changement climatique » (2007).
- 30- La Lyonnaise des eaux (LDE) :« Valeurs de références de l'indice linéaire de pertes des réseaux d'alimentation en eau potable » (2004).
- 31- Le journal d'El-Watan, publication du 13 Février 2019.
- 32- Litton et al., cité dans « Eaupuscule » (1974).
- 33- L. Raymond NACE : « L'eau et l'homme : Aperçu mondial » (1969).
- 34- Les agences de l'eau- Etablissements publics du Ministère en charge du développement durable.
- 35- Lvovitch, 1970; Baumgartner et Reichel, 1975: “Water resources, salinity and salt yields of rivers of the Bolivian Amazon”.
- 36- Lydie Devulder : « Les usages de l'eau au cours de l'histoire » (1999-2000).
- 37- M. Mozas ; A. Ghozn : « Etat des lieux du secteur en eau en Algérie » (2013).
- 38- Nations Unies : « L'eau dans un monde durable- rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau, 2015 ».
- 39- P. Rekacewicz : « Les ressources d'eau souterraines et les principaux transferts en Algérie du Nord : visions cartographiques, le monde diplomatique » (2006).
- 40- R. Masmoudi : « Etude de la fiabilité des systèmes de distribution d'eau potable en zones arides. Cas de la région de Biskra » (2009). Thèse de doctorat.

- 41- R. Masmoudi; A. Kettab and B. Brémond. *Analysis of drinking water consumption and loss. The case of water supply networks with low level counting (Biskra - Algeria)*, Journal of Urban and Environmental Engineering (JUEE), Vol.10, n°.2, p. 162-168 (2016) www.journal-uee.org
- 42- Rouissat Boucherit :« La gestion des ressources en eau en Algérie : Situation, défis, et apport de l'approche systématique », Université de Tlemcen (2010).
- 43- Sabrina Djaffar ; Ahmed Kettab : « La gestion de l'eau en Algérie : quelles politiques ? quelles stratégies ? quels avenir ? Algerian Journal of Environmental Science and Technology (2017) ISSN: 2437-1114; www.aljest.webs.com
- 44- SEAAL, Salon ERA Oran, (2017).
- 45- Sophie Bouffier « Du puits à la citerne, l'évolution des choix hydrauliques dans l'habitat des villes grecques de Sicile du V^e au III^e Siècle av. J.C » (2017).
- 46- T. AL-Washali; S. Sharmab; R. Lupojad; F. AL-Nozaily; M. Haidera and M. Kennedy: "Assessment of water losses in distribution networks: Methods, applications, uncertainties, and implications in intermittent supply". Journal of Resources, Conservation and Recycling, **122 (6)** (2020).
- 47- UNESCO, 2003 et Schiklomanov, Rodda, 2003 : cité dans UNESCO, 2006.
- 48- Walaa Diab : « Etude des propriétés physicochimiques et colloïdales du bassin de la rivière Litani- Liban » 30 Mars 2018.
- 49- Y. Levi :« Les paramètres influençant le développement des germes dans les réseaux d'eau potable » TSM, (1995) N° 3, 240-245