

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf - Mila

Institut des Sciences et de Technologie

Département de Sciences et Technologie



N° Ref :.....

**Projet de Fin d'Etude préparé En vue de l'obtention du diplôme
de MASTER**

Spécialité :Hydraulique Urbaine

**Conception d'un "SolarAquaDrone" pour La
Gestion Durable des Ressources Hydriques dans La
Wilaya de Mila**

Réalisé par :

-Ahmed Bendjabeur

-Amar Boukaka

-Mohamemd Ben chelli

Soutenu devant le jury :

M. Mehdi Keblouti

M. Berhail Sabri

Mme Zineb Chebbah Allia

M. Bouchenitfa Hichem

Président

Examineur

Promoteur

co-promoteur

Année universitaire : 2023/2024

Dédicace

*Pour finir, je veux me remercier Je veux me remercier d'avoir cru en moi
Je veux me remercier d'avoir fait tout ce dur labeur Je veux me remercier de ne
jamais prendre de jours de congé
Je veux me remercier d'avoir persévéré Je veux me remercier d'avoir toujours
été généreux Et d'essayer de donner plus que je ne reçois
Je veux me remercier d'essayer de faire plus de bien que de mal Je veux me
remercier d'être simplement moi-même en tout temps*

Ahmed Bendjabeur

Dédicace

Je dédie ce succès à moi-même d'abord, puis à tous ceux qui ont travaillé avec moi pour achever ce long et difficile parcours. Vous êtes restés à mes côtés comme un soutien constant

*A ceux qui m'ont soutenu sans limites et qui m'ont donné sans rien attendre en retour, à ceux qui m'ont appris que la vie est un combat et que ses armes sont le savoir et la connaissance, à ceux qui ont enraciné en moi les nobles valeurs morales et qui ont été mon premier soutien dans mon parcours après Dieu, à **mon cher père**, que Dieu ait été avec lui dans son épreuve et qu'Il nous le ramène en bonne santé et en paix*

*A celle à qui Dieu a fait du paradis un lieu sous ses pieds, à celle dont les prières ont été le secret de mon succès, dont la tendresse a été le baume de mes blessures, ma première modèle et enseignante, **ma douce mère**
À **mon cher frère** bien-aimé, que Dieu lui accorde continuellement soutien et épaule pour moi*

*À ceux qui m'ont soutenu dans mes moments de faiblesse et m'ont abreuvé d'amour, à ceux qui ont tracé mon avenir avec des lignes de confiance, **ma chère famille***

*À mon cher ami, compagnon et frère que ma mère n'a pas enfanté,
Sohieb, merci pour ton soutien et ta confiance*

BEN CHELLI MOHAMMED

Dédicace

Je tiens à exprimer ma gratitude envers moi-même pour les efforts que j'ai déployés.

Je remercie également mes chers parents pour leur encouragement, sans oublier les membres de ma famille pour leur amour et leur soutien.

Mes sincères remerciements vont également à mes précieux enseignants et à mes chers amis pour leur présence constante à mes côtés.

Merci à vous tous..

Amar Boukaka

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers plusieurs personnes qui ont contribué de différentes manières à la réalisation de ce mémoire. Tout d'abord, je remercie sincèrement mon directeur de recherche, **Zineb Chebbah Allia**, pour son soutien constant, ses précieux conseils et son expertise qui ont grandement enrichi ce travail. Sa patience, son encouragement et sa disponibilité ont été essentiels tout au long de ce processus.

Mes remerciements vont également à **berhail sabri et Mehdi Keblouti**, pour ses précieux commentaires et suggestions qui ont contribué à améliorer la qualité de ce mémoire. Je suis également reconnaissant envers mes collègues et amis qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de cette aventure académique. Leurs discussions stimulantes et leur soutien moral ont été d'une grande aide. Je tiens à exprimer ma gratitude envers ma famille pour leur amour inconditionnel, leur soutien indéfectible et leurs encouragements constants. Leur soutien m'a donné la force et la motivation nécessaires pour persévérer dans mes études

LISTE DES ABREVIATIONS

ADE : L'algérienne des eaux

ONA : Office National de L'assainissement

ANBT : Agence Nationale des Barrages et Transferts

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

AEP : Alimentation en eau potable

GIRE : Gestion intégrée des ressources en eau

ONID : Office National de l'Irrigation et du Drainage présentation

DHW : Direction Hydrauliques de la Wilaya (DHW)

DSA : Direction des Services Agricoles DSA

CNES: Le Conseil National de l'Eau et de l'Environnement

	Page
Dédicace.....	
Remerciement.....	
Liste des abréviations.....	
Sommaire.....	
Liste des tableaux.....	
Liste des figures.....	
Introduction générale.....	1
 Chapitre I Présentation de la zone d'étude	
Introduction	2
I.1. Présentation de la wilaya de Mila	2
I.1.1. Aperçu historique de la wilaya.....	2
I.1.2. Localisation géographique	2
I.1.3. Organisation administrative	3
I.2. Relief.....	4
I.2.1. Le nord est une zone montagneuse	4
I.2.2. La partie centrale est une zone de collines	5
I.2.3. Le sud est une zone de haute plaine	5
I.3. Climat de wilaya de Mila	6
I.4. Démographie.....	12
Conclusion.....	14

Chapitre II Problématique de la gestion des ressources hydriques

Introduction	15
II.1. Problématique de la gestion des ressources hydriques (Contexte national)	15
II.1.1. L'envasement des barrages	16
II.1.2. Evaporation des lacs et barrages.....	17
II.1.3. Eutrophisation des retenues de barrages.....	18
II.1.4. La pollution des nappes et des ressources superficielles.....	19

II.1.5. Un déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles	20
II.2. Problématique de la gestion des ressources hydriques	20
II.2.1. L’envasement de Barrage Beni-Haroun	21
II.2.2. La pollution des nappes et des ressources superficielles (Barrage Beni-Haroun)	24
II.2.3. évaporation des eaux de surface	25
II.3. Justification du choix du sujet.....	26
II.3. 1. Objectifs de la gestion des ressources en eau.....	26
II.3. 1.1. Objectifs économiques	26
II.3. 1.2. Objectifs sociaux	27
II.3. 1.3. Objectifs environnementaux.....	27
II.4. Méthodologie de gestion des ressources en eau de la wilaya de Mila	29
Conclusion.....	31

Chapitre III Ressources en eau de la wilaya de Mila

Introduction	32
III.1. Eaux superficielles.....	32
III.1.1. Les Barrages	32
III.1.1.1. Le Barrage de Beni Haroun.....	32
III.1.1. 2. Le Barrage de Hammam Grouz.....	26
III.1.1.3. Barrage d’Oued El Athmani.....	38
III.1.2. Oueds	39
III.1.2.1. Ouedi Al-Kabir.....	39
III.1.2.2. l’Oued Enndja.....	39
III.2. Eaux souterraines.....	40
III.3. Les ressources non conventionnelles	48
III.3.1. Les infrastructures de traitement dans la Wilaya de Mila.....	48
III.3.1.1. Station de traitement d’Ain Tinn.....	48
III.3.1.2 Station de traitement d’Oued El Athmania.....	49

SOMMAIRE

III.3.2. Les infrastructures d'épuration de la Wilaya de Mila.....	50
III.3.2.1. Station d'épuration du Sidi Merouane.....	50
III.3.2.2 Station d'épuration de Ferdjioua.....	51
III.4. Mobilisations des ressources en eau.....	52
III.4.1. Les sources naturelles	52
III.4.2. Les puits.....	52
III.4.3. Les forages.....	52
III.4.4. Le barrage de Béni Haroun.....	53
Conclusion.....	53

Chapitre IV DEMANDE EN EAU DANS LA WILAYA DE MILA

Introduction.....	54
IV.1. Algérienne Des Eaux(ADE).....	54
IV.1.1. Introduction	54
IV.2. Les besoins de L'eau dans la wilaya de Mila.....	54
IV.2.1. Les besoins domestiques	54
IV.2.1.1. Les communes gérées par l'ADE	55
IV.2.1.2. Production de l'eau dans la wilaya	56
IV.2.1.3. Consommation de l'eau dans la wilaya	60
IV.2.2. Besoins agricoles.....	62
IV.2.3. Besoins industriels.....	63
IV.3. Evolution de la demande.....	64
IV.3.1. Croissance de la population.....	64
IV.3.2. Développement économique	65
IV.3.3. Changement climatique	65
IV.3.4. Pratiques agricoles.....	65
Conclusion.....	66

Chapitre V Gestion des ressources hydriques

Introduction.....	67
V.1. Institution et acteurs.....	67
V.1.1. Algérienne Des Eaux (ADE)	67
V.1.2. Office National De l'Assainissement (ONA)	68
V.1.3. L'Agence Nationale des Barrages et des Transferts (ANBT).....	70
V.1.4. Office National de l'Irrigation et du Drainage (ONID)	71
V.1.5. DirectionHydrauliquesde la Wilaya(DHW)	71
V.1.6. DirectiondesServicesAgricoles (DSA)	72
V.2. Législation et réglementation.....	72
V.2.1. Loi sur l'Eau.....	72
V.2.2. Politique Nationale de l'Eau.....	74
V.2.3. Plan National de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PNGIRE).....	74
V.2.4. Agences de l'Eau.....	75
V.2.5. Réglementation sur l'Irrigation et le Drainage.....	75
V.3. Outils et instruments de gestion.....	76
V.3.1. Dessalement de l'eau et de L'eau de mer	76
V.3.1.1. Conditions techniques.....	76
V.3.1.2. Conditions économiques.....	77
V.3.2. Les transferts d'eau inter- régions	78
V.3.3. L'office national de l'assainissement ONA.....	78
V.3.4. Exploitation des ressources souterraines	80
V.4. Contraintes et défis de la Gestion des ressources hydriques en Algérie.....	80
V.4.1. La disponibilité d'une eau de qualité.....	81
V.4.2. La nature topographique	82
V.4.3. Contraintes physiques et géographiques.....	82
Conclusion.....	82

CHAPITRE VI ANALYSE, PERSPECTIVES ET SOLUTIONS

Introduction.....	84
VI.1. Évaluation de la Situation Actuelle.....	84
VI.2. Identification des points forts et des points faibles.....	85
Points Faibles :	86
VI.3. Proposition de Solutions et d'Améliorations.....	87
VI.3.1 . Solution proposées	87
VI.3.2. Solution Innovante L' Aqua Solar Drone	89
VI.3.2. 1.Définition	89
VI.3.2. 2.Utilisations et avantages du SolarAqua Drone.....	90
VI.3.2. 2.1. Utilisations du SolarAqua Drone.....	90
VI.3.2. 2.2. les Avantages du SolarAqua Drone.....	92
VI.3.2.2.3. Les composants principaux du drone.....	94
VI.3.2. 2.4..Les capteurs inclus avec le drone.....	101
Conclusion.....	108
Conclusion général.....	110
Références	
Bibliographiques.....	111

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: les daïras de la wilaya et la superficie de leurs municipalités	4
Tableau 2 : précipitation moyennes de Mila 1981 /2020.....	6
Tableau 3 : vitesse de vent en fonction des années	8
Tableau 4 : Températures Moyennes (Mila)	10
Tableau 5:Humidité Moyennes de la wilaya de Mila	11
Tableau 6:Répartition de la population par commune-wilaya de MILA	13
Tableau7:Caractéristiques principales de l'aménagement.....	34
Tableau 8:Caractéristiques principales du barrage Hammam Grouz.....	38
Tableau 9:Forage sen exploitation de la nappe Plio-Quaternaire	41
Tableau 10:Forage sen exploitation de la nappe Mio-Policène.....	42
Tableau 11:Forages en exploitation de la nappe Alluvion.....	42
Tableau 12:Forages en exploitation de la nappe Pliocène-Villafranchien	44
Tableau 13:Forage sen exploitation de la nappe Villafranchien.....	45
Tableau 14:Forage sen exploitation de la nappe Pliocène	46
Tableau 15:Forages en exploitation de la nappe Crétacé.....	46
Tableau 16:Forage sen exploitation de la nappe Miocène supérieur.	47
Tableau 17:Forages en exploitation de la nappe Oligocène	47
Tableau 18: les communes gérées par l'ADE	55
Tableau 19 : Production de l'eau dans chaque commune 2022	56
Tableau 20: Consommation actuel de chaque commune.....	60
Tableau 21:Superficie Agricole par rapport Superficie irriguée.....	62
Tableau 22:Besoins en eau dans la zone industrielle (commune de Ferdjioua)	64
Tableau 23: station de dessalement en Algérie	76

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les limites de la commune de Mila et de ses communes.....	3
Figure 2 : Carte du relief de la wilaya de MILA	6
Figure 3 : Précipitations moyennes(Mila)	7
Figure 4: vitesse de vent en fonction des années	9
Figure 5 :Températures Moyennes de la wilaya de Mila	10
Figure 6:humidité moyennes de la wilaya de Mila	12
Figure 7: Localisation des barrages en Algérie.....	17
Figure 8: Phénomène d'eutrophisation.....	19
Figure 9:Barrage Bni-Haroun.....	22
Figure 10 : Processus de vidange d'eau du Barrage Beni-Haroun	23
Figure 11: Bassin versant de Barrage Beni Haroun.....	25
Figure 12:Plan intégré de la GIRE	30
Figure 13: situation-géographique-du-barrage-de-Beni-Haroun.	32
Figure 14: Coupe Evacuateur de crues.....	36
Figure 15: Disposition des piézomètres par rapport au lac du barrage Hammam Grouz.....	37
Figure 16 et Figure 17:Vue amont et aval du barrage Hammam Grouz	37
Figure 18:Vue du barrage Oued El Athmania	39
Figure 19: Réseau hydrographique du bassin versant de Beni Haroun Mila.....	40
Figure 20:Vue générale sur la station d'Ain tinn.....	49
Figure 21: Vue générale sur la station d'Oued Al Athmania.	50
Figure 22: Vue sur la station d'épuration des eaux usées Sidi Merouane	51
Figure 23:Vue générale sur la station de Ferdjioua.	52
Figure 24:Production de l'eau de chaque commune en m ³ /an.....	58
Figure 25:Volume produit- Volume Distribué(m ³ /an)	59
Figure 26: Consommation actuel de chaque commune.....	61
Figure 27:Croissance de la population depuis 1975 jusqu'à 2015.....	64
Figure 28 :présentation de l'évolution de prise en charge du service public de2007 à 2019.....	79
Figure 29: Schéma d'une installation d'aspersion	88
Figure 30: Schéma d'une installation de goutte à goutte	88
Figure 31: Fonctionne de station d'épuration	89
Figure 32:Châssis de drone hexacoptère	95
Figure 33: moteur AltiGator A3536.....	97
Figure 34: Contrôleur de vitesse (ESC) 40A	99
Figure 35:PIXHAWK 2.4.8.....	100

LISTE DES FIGURES

Figure 36:Sonde étanche DS18B20 mesurer une température de -55 à + 125 °C	102
Figure 37: DFROBOT SEN0161/0-14pH/ ± 0.1pH.....	103
Figure 38: Sonde O2 dissous.....	104
Figure 39: caméra Runcam5	105
Figure 40: Capteur de turbidité SEN0189.....	107
Figure 41 : Arduino® UNO R4 WiFi	108

الملخص

تركز هذه الدراسة على إدارة الموارد المائية في ولاية ميلة, وهي منطقة في شمال شرق الجزائر تعرف بوفرة مصادر المياه ويعتبر الهدف الرئيسي هو تحديد التحديات المتعلقة بإدارة المياه, تقييم الوضع الحالي, واقتراح حلول لإدارة مستدامة.

تكشف التحليلات ان مشاكل الادارة هي الاسباب الرئيسية لأزمة المياه في المنطقة, وليس نقص الموارد. تشمل سوء الإدارة البنية التحتية القديمة, التلوث التزايد, و عدم كفاية التنسيق بين الاطراف المعنية.

من بين الحلول المقترحة تبرز تقنية الطائرة المائية الشمسية " اكوا سولار درون " كمثال مبتكر تتيح هذه الطائرة مراقبة جوية دقيقة, كشف التلوث, وتحليل البيانات الهيدرولوجية المتقدمة و يمكن إستخدامها أن يحول لإدارة الموارد المائية من خلال السماح بالتدخل السريع والتخطيط الإستراتيجي المستند إلى بيانات موثقة.

تشمل آفاق المستقبل التوسع التكنولوجي, تحسين جودة المياه, تحسين استخدام الموارد المائية, وتطوير حلول مستدامة يمكن أن تساهم تنفيذ هذه المقترحات في حل المشاكل الحالية و ضمان إدارة فعالة وعادلة للمياه للأجيال القادمة.

وفي الختام, يمكن أن تصبح ولاية ميلة نموذجا لإدارة مستدامة للموارد المائية في الجزائر من خلال نهج متكامل و اعتماد تقنيات متقدمة مثل الطائرة المائية الشمسية "اكوا سولار درون"

RESUME

Cette etude porte sur la gestion des ressources hydriques dans la wilaya de mila, une region du nord-est de l'algerie, connue pour ses abondantes sources d'eau. L'objectif principal est d'identifier les defis lies a la gestion de l'eau, d'evaluer la situation actuelle et de proposer des solutions pour une gestion durable.

L'analyse revele que les problemes de gestion sont les principales causes de la crise de l'eau dans la region, plutot que le manque de ressources. La mauvaise gestion inclut des infrastructures vieillissantes, une pollution croissante et une coordination insuffisante entre les acteurs concernes.

Parmi les solutions proposees, l'integration de technologies innovantes comme l'aqua solar drone se distingue. Ce drone permet une surveillance aerienne precise, la detection de la pollution et l'analyse avantee des donnees hydrologiques. Son utilisation peut transformer la gestion des ressources hydriques en permettant une intervention rapide et une planification strategique basee sur des donnees fiables.

Les perspectives d'avenir incluent une expansion technologique, l'amelioration de la qualite de l'eau, l'optimisation de l'utilisation des ressources et le developpement de solutions durables.

La mise en œuvre de ces propositions peut contribuer à résoudre les problèmes actuels et assurer une gestion efficace et équitable de l'eau pour les générations futures.

En conclusion, la wilaya de mila peut devenir un modele de gestion durable des ressources hydriques en algerie grace a une approche integree et l'adoption de technologies avancees comme l'aqua solar drone.

Mot cles : mila, ressources, besoins, gestion, GIRE, AEP

ABSTRACT

This study focuses on the management of water resources in the wilaya of mila, a region in northeastern algeria known for its abundant water sources. The main objective is to identify the challenges related to water management, assess the current situation, and propose solutions for sustainable management.

The analysis reveals that management problems are the primary causes of the water crisis in the region, rather than a lack of resources. Poor management includes aging infrastructure, increasing pollution, and insufficient coordination among the stakeholders.

Among the proposed solutions, the integration of innovative technologies such as the aqua solar drone stands out. This drone enables precise aerial surveillance, pollution detection, and advanced hydrological data analysis. Its use can transform water resource management by allowing rapid intervention and strategic planning based on reliable data.

Future prospects include technological expansion, improved water quality, optimized resource use, and the development of sustainable solutions. Implementing these proposals can help address current problems and ensure effective and equitable water management for future generations.

In conclusion, the wilaya of mila can become a model of sustainable water resource management in algeria through an integrated approach and the adoption of advanced technologies like the aqua solar drone.

INTRODUCTION GÉNÉRAL

La Wilaya de Mila, une région d'importance géographique, économique et culturelle en Algérie, est située dans la partie nord-est du pays. Elle est bordée au nord par la Wilaya de Jijel, à l'est par la wilaya de Constantine, au sud par la wilaya de Sétif et à l'ouest par la wilaya de Béjaïa. Avec une superficie de 3 478 km², cette vaste étendue regorge de nombreuses ressources naturelles, dont la plus importante est l'eau, ce qui lui vaut le surnom de « capitale de l'eau ».

Les ressources hydriques de la wilaya sont principalement composées de cours d'eau, de lacs, de sources et de nappes phréatiques. Les principaux cours d'eau de la région sont l'Oued Chelif, l'Oued el-Hammam et l'Oued el-Mellah, qui sont des affluents de la Méditerranée. Cette ressource vitale joue un rôle central dans la vie quotidienne des habitants de la wilaya de Mila, que ce soit pour l'irrigation des terres agricoles, l'approvisionnement en eau potable des ménages ou même pour les besoins industriels. Ainsi, la disponibilité et la gestion efficace de l'eau représentent deux défis cruciaux.

La gestion des ressources hydriques dans la Wilaya de Mila est d'une importance primordiale en raison de son rôle vital dans la vie quotidienne des habitants et dans le développement durable de la région. Il est crucial d'adopter une approche holistique qui tienne compte à la fois des dimensions techniques, économiques, environnementales et sociales. Cette approche intégrée permettrait de répondre aux besoins en eau de manière durable et équitable, tout en préservant les ressources pour les générations futures.

Dans ce travail, nous présenterons dans le premier chapitre la zone d'étude en termes de localisation et de frontières géographiques de la Wilaya de Mila, ainsi que son climat et sa population. Nous aborderons également les sources d'eau de la wilaya et, étant donné que la région est surnommée "la capitale de l'eau", nous mettrons en lumière les problèmes liés à la gestion de ces ressources.

Dans le deuxième chapitre, nous traiterons des problèmes nationaux et locaux de gestion de l'eau, en discutant des défis auxquels la wilaya est confrontée dans ce domaine. Nous examinerons les infrastructures existantes, les politiques de gestion de l'eau et les impacts environnementaux et sociaux.

Quant au troisième chapitre, intitulé "Les sources d'eau dans la wilaya de Mila", nous parlerons des principales sources d'eau de la wilaya. Nous détaillerons les caractéristiques hydrologiques de ces sources, leur répartition géographique et leur importance pour les différents usages.

Dans le quatrième chapitre, nous aborderons les besoins en eau de la wilaya de Mila, en mettant en lumière la demande croissante et comment y répondre. Nous analyserons les différents secteurs consommateurs d'eau, les tendances de consommation et les projections futures.

Le cinquième chapitre sera consacré à la gestion de l'eau en Algérie par les institutions et les administrations de l'eau au niveau national et local, ainsi qu'aux défis et obstacles auxquels ce secteur est confronté. Nous étudierons les cadres réglementaires, les stratégies de gestion et les programmes de développement en cours.

Enfin, le dernier chapitre sera une analyse et des prévisions, avec des propositions de solutions visant à améliorer la gestion de l'eau en Algérie en général et dans la wilaya de Mila en particulier. Nous mettrons l'accent sur les technologies innovantes, les pratiques de gestion durable et la participation communautaire pour une gestion intégrée et efficace des ressources hydriques.

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

Introduction

La wilaya de Mila est une des wilayas d'Algérie. Elle est située dans la région Est du pays, spécifiquement dans le massif montagneux des Aurès. La wilaya de Mila tire son nom de sa ville principale, Mila, qui est également son chef-lieu.

La région de Mila est connue pour sa diversité géographique, allant des montagnes aux plaines fertiles. Elle est également riche en histoire, avec des vestiges archéologiques témoignant de la présence de civilisations anciennes. La wilaya est célèbre pour ses vergers, en particulier pour la production de figues et d'olives. Sur le plan économique, Mila est active dans l'agriculture, l'industrie agroalimentaire, l'élevage, ainsi que dans l'exploitation minière de marbre et de phosphates. C'est une région qui a un riche patrimoine culturel et historique, avec des traditions ancestrales bien préservées.

La ville de Mila, en tant que centre administratif et culturel, abrite des sites historiques et des musées qui reflètent l'histoire et la culture de la région.

Dans ce chapitre de la thèse, nous parlerons de la wilaya, de ses caractéristiques et de sa position géographique, ainsi que des possibilités et des ressources en eau qu'elle contient.

I.1. Présentation de la wilaya de Mila

I.1.1. Aperçu historique de la wilaya

L'histoire de l'occupation de la région de Mila remonte à la préhistoire, grâce à ses terres fertiles et à son climat tempéré, ainsi qu'à ses nombreuses sources d'eau. La fondation de la ville remonte à l'an 256 après J.-C., et elle était l'une des quatre bases militaires chargées d'assurer la sécurité. Certaines sources indiquent que la ville de Mila a été construite pendant une période située entre deux ou trois siècles avant J.-C. à son emplacement actuel par les rois numides, et elle était appelée Milu en référence à une reine berbère. Elle a connu plusieurs appellations, dont Milaf qui signifie mille sources d'eau, Miliun Molium, Mediós, Milah.

I.1.2. Localisation géographique

La Wilaya de Mila, située dans l'est de l'Algérie, est bordée à l'est par la wilaya de Constantine, à l'ouest par les Wilayas de Sétif et de Jijel, au sud par les wilayas d'Oum El Bouaghi et de Batna, et au nord par la wilaya de Skikda. Elle s'étend sur une superficie estimée à 3407,00 km², avec une population de 1 006 199 habitants, abritant 32 communes et 13 daïras, possédant d'importants pôles économiques à Chelghoum Laid et Tadjenant, et ayant un caractère principalement agricole et pastoral. Le siège de la wilaya est situé à une distance de 50 km de Constantine, à 100 km de Jijel et à 450 km d'Alger, et elle est limitrophe des wilayas suivantes :

- Au nord : Wilaya de Jijel
- Au nord-est : Wilaya de Skikda
- À l'ouest : Wilaya de Sétif
- À l'est : Wilaya de Constantine
- Au sud-est : Wilaya d'Oum El Bouaghi
- Au sud : Wilaya de Batna

I.1.3.Organisation administrative

La wilaya de Mila comprend 13 daïras et 32 communes.

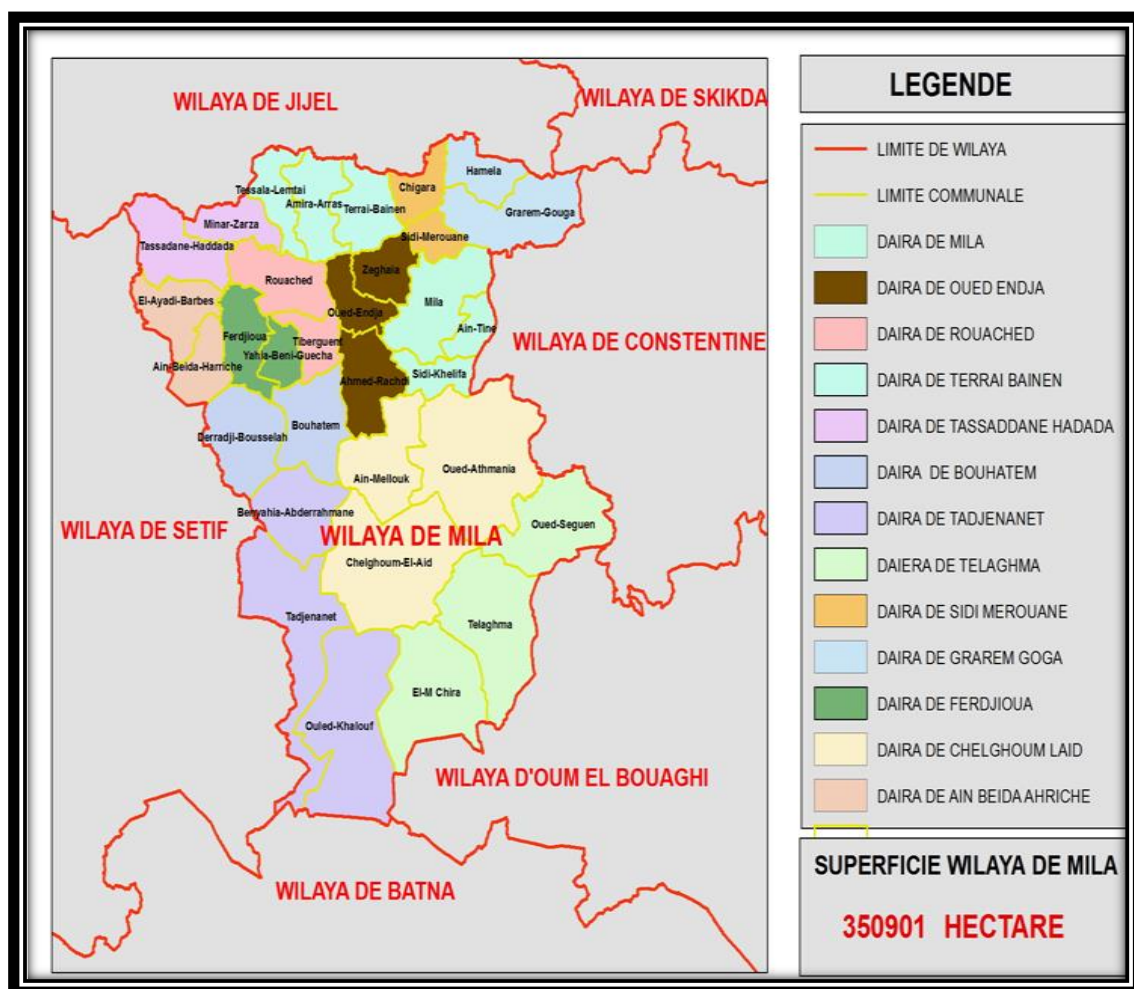


Figure 1 : Les limites de la commune de Mila et de ses communes [1]

Le tableau suivant montre les daïras de la wilaya et la superficie de leurs municipalités

Tableau 1: les daïras de la wilaya et la superficie de leurs municipalités [2]

Daïra	Commune	Superficie (Km²)
Mila	Mila	124,31
	Ain Tinn	41,66
	Sidi Khelifa	46,59
Grarem Gouga	Grarem Gouga	137,23
	Hamala	61,90
Sidi Merouane	Sidi Merouane	34,72
	Chigara	51,80
Oued Endja	Oued Endja	55,82
	Ahmed Rachedi	71,56
	Zeghaia	59,59
Rouached	Rouached	96,63
	Tiberguent	49,19
Terrai bainen	Terrai bainen	80,23
	Amira arres	81,85
	Tassala Lamtai	58,17
Ferdjioua	Ferdjioua	73,29
	Yahia Ben Ghecha	35,78
Tassadane Haddada	Tassadane Haddada	98,98
	Minar Zarza	63,92
Bouhatem	Bouhatem	114,41
	Derradji Bousselah	118,93
Ain Beida Harriche	Ain Beida Harriche	60,03
	Elayadi Barbes	93,50
Teleghma	Teleghma	197,55
	Oued Seguin	104,26
	M'chira	183,04
Chelghoum Laid	Chelghoum Laid	254,50
	Oued Athmania	260,31
	Ain Mellouk	119,73
Tadjenanet	Tadjenanet	211,09
	Ouled Khlouf	256,29
	Benyahia Abderrahmane	110,14
Total		3 407

I.2. Relief

Le relief de la Wilaya de Mila se distingue par sa diversité et ses diverses vues, où le visiteur peut trouver :

I.2.1. Le nord est une zone montagneuse

Formée par une série de montagnes (les massifs telliens) couvrant Hamala, Chigara, Tarai bainan, Amira Ares, Tassala, Minar Zarza et le territoire de Tassadan et d'autres municipalités.

Les points forts de ce domaine comprennent :

- Djebel Tamezguida : 1600 m
- Djebel M'cidAicha : 1400 m
- Djebel Chigara : 1300 .
- Mont Buffron : 1300. [2]

I.2.2.La partie centrale est une zone de collines

Les collines qui forme la zone centrale des collines sud de Tellian et couvre la quasi-totalité des communes de Ferdjioua, Oued Endja et Grarem Gouga. Son humeur est :

- Plaines intramontagnardes des régions de Ferdjioua et Oued Endja, d'une altitude moyenne de 400 m .
- Situé dans les collines et contreforts de la partie orientale de la province, délimité par des montagnes au nord et des plateaux au sud.
- L'extension des reliefs taliens à partir de la zone des hauts piémonts au nord-ouest, elle concerne les dépressions de Ferdjioua et d'Oued Endja, s'étendant de la commune de Derrahi Bouslah jusqu'aux reliefs de Sidi Khelifa et d'Ain Tine.
- De la dépression de Mila, formée par un groupe de montagnes basses et isolées (telles que les djebels Akhel, Boucharef, Ouakissen et Ahmed Rachedi) d'une altitude de 500 à 600 m. (2)[2]

I.2.3. Le sud est une zone de haute plaine

avec une pente inférieure à 12,5 %. Il recouvre presque entièrement la daïra de ChelghoumLaïd et les vastes plaines céréalières de Tadjenanet et Teleghma. Dans la partie sud de la province, où l'altitude moyenne se situe généralement entre 800 et 900 m, on trouve quelques chaînes de montagnes isolées, telles que :

- KevLebio (1 408 m)
- Le Mont Talioulet (1 276 m)
- Kef Lsserane (1 276 m)
- Djebel Gharul (1 271 m) [2]

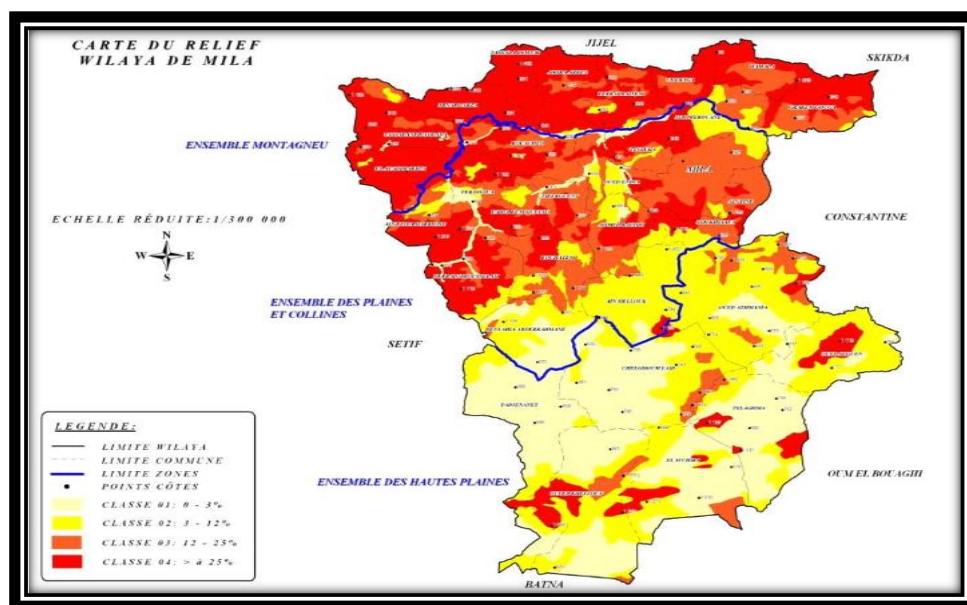


Figure 2 : Carte du relief de la wilaya de MILA [2]

I.3. Climat de wilaya de Mila

Le climat de cette région est semi-aride, avec des hivers froids et de fortes gelées, et des étés chauds avec des vents du sud et des températures oscillant entre 36°C et 40°C. Le climat est humide au nord, semi-humide à semi-aride au centre et semi-aride au sud. Les précipitations varient de 600 à 900 mm au nord de la province (920 mm à Msid Aicha), 400 à 600 mm au centre et moins de 400 mm au sud.

Mila un climat méditerranéen tempéré, selon la classification de Köppen-Geiger, avec des étés chauds et secs (Csa).

La température moyenne annuelle à Mila est de 15,3°C et les précipitations moyennes sont de 501,7 mm. En comparaison, Alger a une température annuelle moyenne de 19,7°C et des précipitations moyennes de 672,3 mm. [2]

Tableau 2 : précipitation moyennes de Mila 1981 /2020 [3]

Année	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Moy										
Ann	529,45	948,16	394,45	779,94	619,1	670,25	509,41	562,15	414,49	781
Année	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Moy										
Ann	618,05	822,13	459,84	420,82	583,24	643,89	668,14	673,95	634,92	456,15

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Moy Ann	471,45	660,23	967,15	888,57	692,93	559,51	903,34	549,49	1033,07	802,09
Année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Moy Ann	913,36	791,02	801,56	694,51	849,55	613,3	672,36	880,66	967,68	740,39

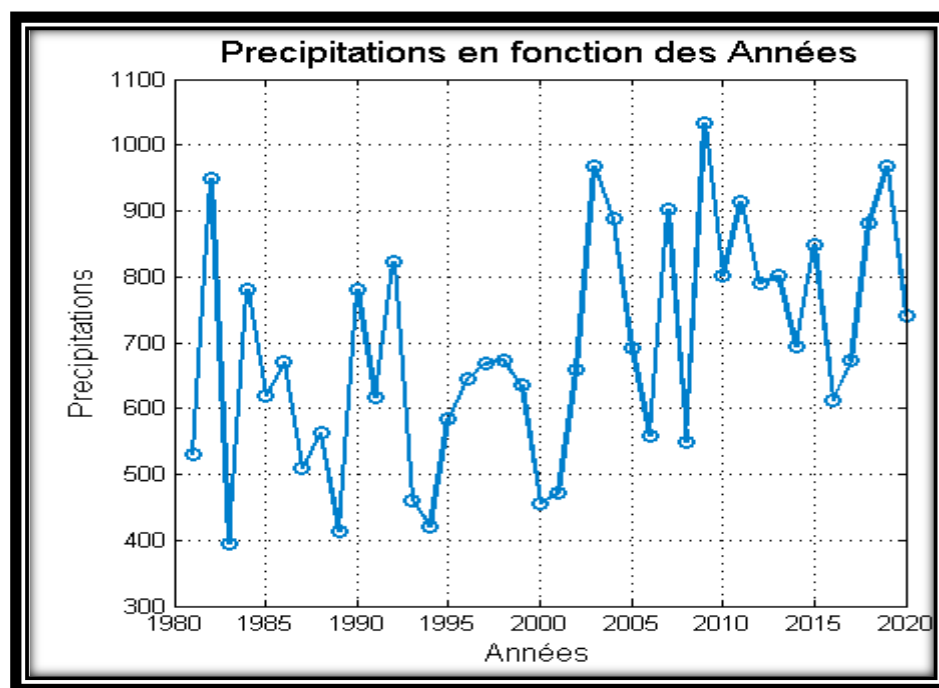


Figure 3 : Précipitations moyennes(Mila)

Les données présentent la quantité moyenne annuelle de pluie dans l'état de Mila de 1981 à 2020. Lors de l'analyse de ces résultats, on observe de grandes fluctuations dans la quantité de pluie au cours des quarante dernières années.

Dans les années 80, le record de la plus haute quantité de pluie moyenne a été enregistré en 1982 avec 948,16 mm, tandis que la valeur la plus basse a été enregistrée en 1983 avec 394,45 mm, ce qui reflète une grande disparité dans la quantité de pluie au cours de cette période.

Dans les années 90, le record de la plus haute quantité de pluie moyenne était de 822,13 mm en 1992, et le plus bas était de 414,49 mm en 1989, avec une nette variation dans les conditions climatiques.

La première décennie du millénaire a enregistré le record de la plus haute quantité de pluie moyenne en 2009 avec 1033,07 mm, la valeur la plus basse étant enregistrée en 2000

avec 456,15 mm.

La dernière décennie (2011-2020) s'est distinguée par une augmentation relative de la quantité de pluie, avec un record en 2019 avec 967,68 mm et un minimum en 2016 avec 613,3 mm.

En général, les données montrent une grande variation annuelle dans la quantité de pluie sans qu'il n'y ait de motif constant d'augmentation ou de diminution, ce qui indique des influences climatiques multiples et variables au fil du temps.

Tableau 3 : vitesse de vent en fonction des années [3]

Année	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
vitesse	260,91	238,08	244,50	258,72	249,26	255,96	223,38	238,43	202,26	213,31
Année	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
vitesse	246,85	239,52	217,61	253,74	249,66	250,93	246,24	246,27	245,80	240,40
Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
vitesse	249,34	253,56	244,95	243,12	243,99	231,91	243,54	243,45	273,56	260,58
Année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
vitesse	239,40	251,55	252,22	245,39	245,71	250,09	236,40	259,61	250,61	245,66

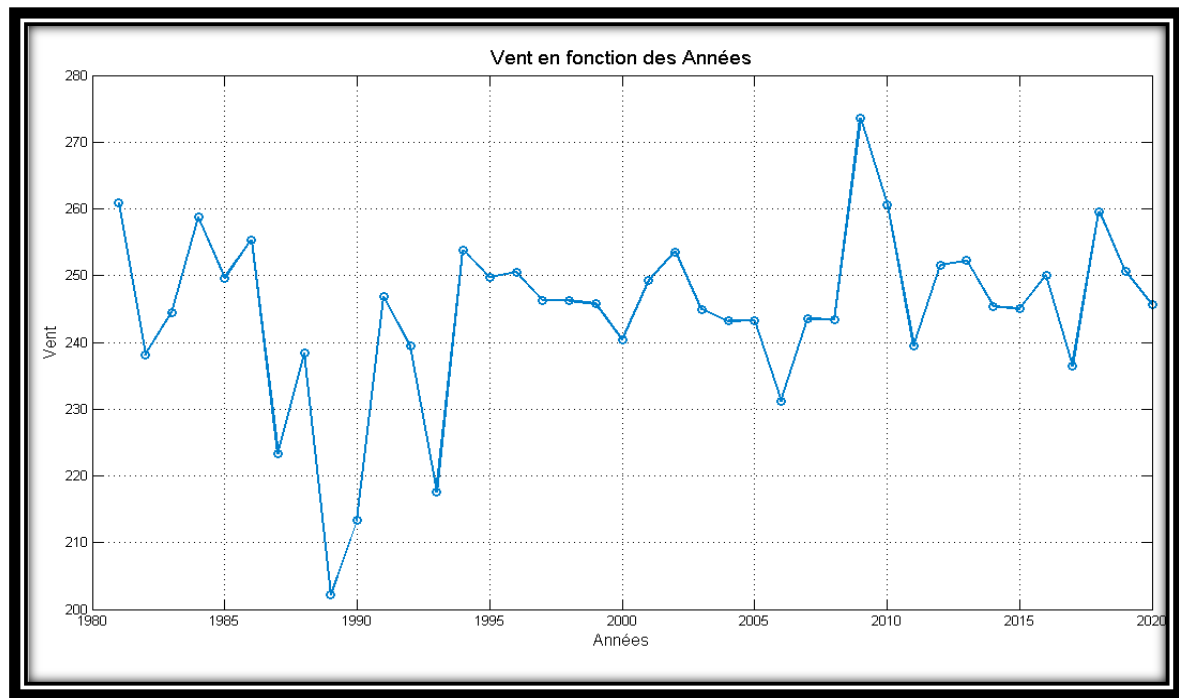


Figure 4: vitesse de vent en fonction des années

Les données montrent la vitesse moyenne annuelle du vent dans la wilaya de Mila de 1981 à 2020. En analysant ces résultats, nous remarquons des fluctuations significatives et des tendances variées au cours des quarante dernières années.

Dans les années 1980, la vitesse moyenne du vent la plus élevée a été enregistrée en 1981 avec une valeur de 260,92 unités, tandis que la valeur la plus basse a été observée en 1989 avec 202,26 unités, reflétant des variations importantes pendant cette période.

Dans les années 1990, la vitesse moyenne du vent la plus élevée a atteint 253,75 unités en 1994 et les plus basses 217,62 unités en 1993, montrant une variabilité relative des conditions climatiques.

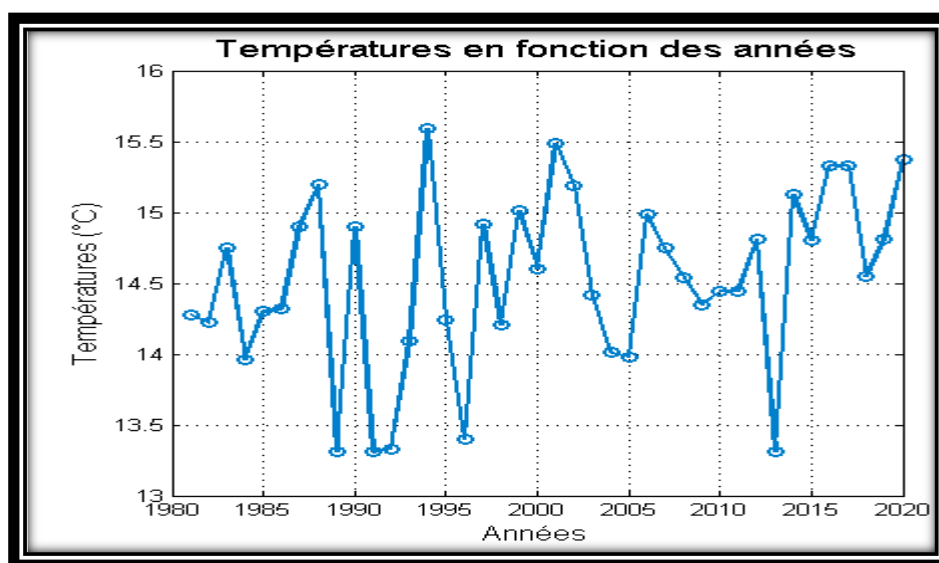
La première décennie du millénaire a vu une augmentation de la vitesse du vent au milieu de la décennie, avec une valeur maximale enregistrée en 2009 de 273,57 unités et une valeur minimale en 2006 de 231,14 unités.

La dernière décennie (2011-2020) a été caractérisée par une variation notable, avec la vitesse la plus élevée enregistrée en 2018 avec 259,62 unités et la plus basse en 2017 avec 236,40 unités, reflétant une instabilité des vitesses du vent.

Globalement, les données montrent une grande variabilité annuelle des vitesses du vent sans tendance fixe à la hausse ou à la baisse, indiquant des influences climatiques multiples au fil du temps.

Tableau 4 : Températures Moyennes (Mila) [3]

Année	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Moy Ann	14,28	14,22	14,75	13,96	14,3	14,32	14,9	15,2	13,31	14,9
Année	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Moy Ann	13,31	13,33	14,09	15,59	14,24	13,4	14,92	14,21	15,01	14,6
Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Moy Ann	15,49	15,19	14,42	14,01	13,98	14,99	14,75	14,54	14,35	14,44
Année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Moy Ann	14,44	14,81	13,31	15,13	14,8	15,33	15,33	14,55	14,81	15,37

**Figure 5 :Températures Moyennes de la wilaya de Mila**

Un graphique représentant les températures moyennes annuelles de la wilaya de Mila de 1981 à 2020.

Sur la période allant de 1981 à 2020, la wilaya de Mila a connu des fluctuations notables dans les températures moyennes annuelles. Dans les années 1980, les températures variaient entre 13,31 degrés Celsius en 1989 et 15,2 degrés Celsius en 1988, ce qui indique des fluctuations climatiques marquées au cours de cette période.

Les années 1990 ont également connu des variations similaires, avec des températures atteignant 15,59 degrés Celsius en 1994 et descendant à 13,31 degrés Celsius en 1991.

La première décennie du millénaire (2001-2010) s'est caractérisée par des températures relativement stables avec quelques légères fluctuations, la température moyenne la plus élevée étant de 15,49 degrés Celsius en 2001 et la plus basse de 13,98 degrés Celsius en 2005.

Au cours de la dernière décennie (2011-2020), on a observé une légère tendance à la hausse des températures, la température moyenne la plus élevée ayant été enregistrée en 2020 avec 15,37 degrés Celsius, ce qui indique une tendance au réchauffement au cours des dernières années.

Globalement, bien que les températures aient montré des fluctuations annuelles, il y a une légère tendance à la hausse au cours de la dernière décennie par rapport aux décennies précédentes.

Tableau 5:Humidité Moyennes de la wilaya de Mila [3]

Année	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Moy %	41,41	43,06	39,69	40,19	39,88	40,84	38,91	38,91	40,41	44,06
Année	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Moy %	43,28	43,53	41,38	39,72	40,94	44,16	41,56	40,84	40,72	39,41
Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Moy %	37,38	37,78	42,81	44,56	42,84	42,41	40,84	40,62	44,38	40,09
Année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Moy %	43,03	38,56	39,56	39,03	39,66	38,81	40	40,31	40,31	39,25

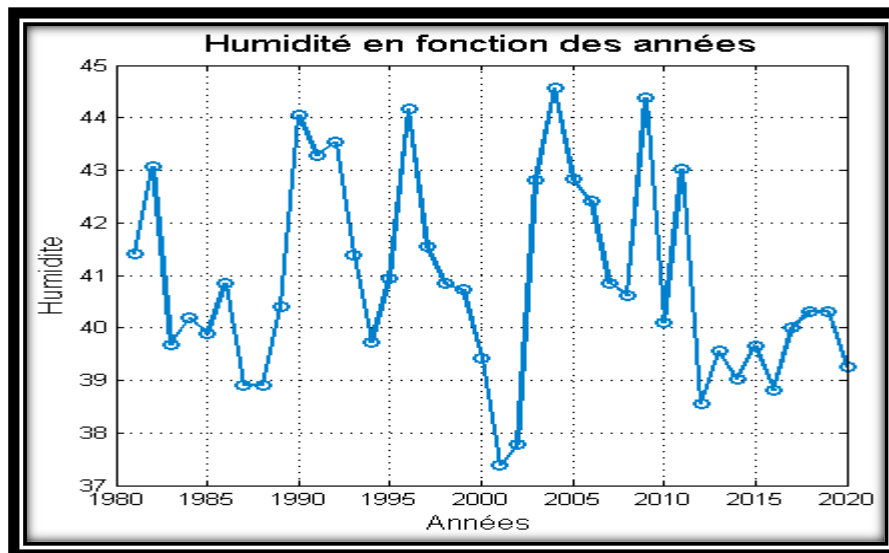


Figure 6: humidité moyennes de la wilaya de Mila

Les données fournies présentent la moyenne annuelle de l'humidité dans l'état de Mila pour la période de 1981 à 2020. Ces chiffres reflètent la moyenne d'humidité dans l'air pour chaque année et mettent en lumière ses fluctuations au fil des ans.

Au cours de cette période, la moyenne d'humidité ne montre pas de modèle constant, avec des valeurs variant considérablement d'une année à l'autre. On peut noter quelques années qui ont enregistré les moyennes les plus élevées d'humidité, telles que 1996 avec un taux de 44,16%, 2004 avec 44,56%, et 2009 avec 44,38%, pouvant être liées à des conditions météorologiques particulières ou des changements climatiques entraînant une augmentation de l'humidité.

En revanche, les années ayant enregistré les moyennes les plus basses d'humidité, comme 2012 avec 38,56% et 2016 avec 38,81%, indiquent des fluctuations pouvant même conduire à des périodes de sécheresse au cours de ces années.

Malgré ces variations, la moyenne d'humidité n'a pas beaucoup changé au fil des ans, avec des écarts relativement faibles entre les différentes années.

Ces données reflètent les effets des conditions climatiques variables sur la moyenne d'humidité dans l'état de Mila, mettant en évidence les défis auxquels peuvent être confrontés l'agriculture et l'environnement dans cette région.

I.4. Démographie

La population de la wilaya de Mila est de **1006199** habitants à la fin 2020. [2]

Tableau 6: Répartition de la population par commune-wilaya de MILA [2]

Commune	Population
MILA	98835
AIN TINN	10434
SIDI KHLIFA	4559
GRAREM GOUGA	54413
HAMALA	13852
SIDI MEROUANE	28120
CHIGARA	17961
OUE DENDJA	26072
AHMED RACHEDI	18531
ZEGHAIA	21778
ROUACHED	32556
TIBERGUENT	12320
TERRAIBEINEN	32371
AMIRAARRES	20394
TASSALALEMTAI	17953
FERDJIOUA	65357
YAHIA B. GUECHA	14823
TASSADANEH.	17259
MINARZARAZA	26359
BOUHATEM	23476
DERRAHIB.	11885
AIN BEIDAH.	25820
AYADIBARBES	7168
TELEGHMA	67152
OUE D SEGUIN	17185
M'CHIRA	15798
CHELGHOUMLAID	121930
OUE DATHMANIA	49840
AIN MELOUK	19417

TADJENANET	85501
OULEDKHLOUF	15069
B.Y.A/RAHMANE	12011
Total	1006199

Conclusion

La wilaya de Mila, située dans l'est de l'Algérie, se caractérise par une diversité géographique remarquable, allant des zones montagneuses dans le nord aux plaines dans le sud.

Cette diversité offre une gamme d'environnements naturels, qui influencent également le climat de la région. Le climat de Mila est semi-aride, avec des hivers froids et des étés chauds, et des précipitations variables tout au long de l'année.

Les ressources en eau de la wilaya de Mila sont également d'une importance cruciale, notamment pour l'agriculture et l'approvisionnement en eau potable des populations locales. Les précipitations annuelles varient considérablement d'une région à l'autre de la wilaya, avec des niveaux plus élevés dans le nord et des niveaux plus bas dans le sud.

La gestion efficace de ces ressources en eau est essentielle pour assurer le développement durable de la région. En termes de démographie, la wilaya de Mila abrite une population d'environ 1 006 199 habitants, répartis dans 32 communes et 13 daïras.

La densité de population varie d'une commune à l'autre, avec des concentrations plus élevées dans les centres urbains tels que Mila et Chelghoum Laid.

En fin, la wilaya de Mila présente un mélange unique de géographie, de climat, de ressources en eau et de démographie, qui jouent tous un rôle crucial dans son développement et son avenir.

La gestion durable de ces ressources naturelles et la promotion du bien-être des populations Locales sont des défis importants pour les autorités locales et les décideurs afin de garantir un avenir prospère pour la région.

Chapitre II

Problématique de la gestion des ressources hydriques

Introduction

La gestion des ressources hydriques en Algérie représente un défi de taille, d'autant plus accentué par un environnement physique inhospitalier et des pressions de plus en plus importantes sur les sources d'eau.

Le pays doit faire face à des périodes prolongées de sécheresse, qui mettent en lumière les lacunes dans la gestion de l'eau à l'échelle nationale. Des problèmes tels que l'envasement des barrages, l'évaporation des lacs et des barrages, l'eutrophisation des retenues, la pollution des nappes phréatiques et des ressources en eau de surface, ainsi que le déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles, constituent autant de défis complexes nécessitant une action immédiate.

En Algérie, où les ressources en eau sont déjà limitées, la surexploitation des barrages et des nappes phréatiques, ainsi que la pollution provenant des activités industrielles, agricoles et urbaines, menacent non seulement la disponibilité mais aussi la qualité de l'eau.

De plus, la croissance démographique rapide, l'urbanisation accélérée et les impacts du changement climatique exacerbent davantage la pression sur ces ressources hydriques vitales.

À l'échelle locale, des wilayas comme Mila font face à des défis spécifiques liés à leur climat varié et à une disponibilité limitée en eau.

La gestion des ressources en eau dans ces régions est confrontée à des problèmes tels que la surexploitation, la pollution, la salinisation des terres agricoles et la variabilité des précipitations.

II.1. Problématique de la gestion des ressources hydriques

(Contexte national)

En Algérie, les ressources en eau sont caractérisées par un environnement physique défavorable, exacerbé par de longues périodes de sécheresse. Il en résulte un contrôle insuffisant de tous les aspects de la gestion de l'eau.

On observe un retard dans la mobilisation de l'eau par rapport à la forte croissance de la demande dans les grandes villes et les centres industriels, ainsi que des pertes importantes dans le réseau.

Dans le même temps, la situation est aggravée par une augmentation des sources de pollution urbaine, industrielle et agricole.

De plus, les prix inappropriés et les méthodes de financement actuelles sont poussés à

CHAPITRE II PROBLEMATIQUE DE LA GESTION DES RESSOURCES **HYDRIQUES**

Leurs limites.

Toutes ces carences ont entraîné une crise de l'approvisionnement en eau potable, face à laquelle les autorités nationales et locales ont dû prendre des mesures importantes, souvent des opérations d'urgence, pour mobiliser l'eau et réparer les installations.

Des mesures organisationnelles ont également été prises pour améliorer la gestion des services publics d'approvisionnement en eau.

Les problèmes d'eau en Algérie, exacerbés par les sécheresses de ces dernières années, touchent l'ensemble du territoire. La qualité et la quantité de cette ressource importante sont menacées.

L'Algérie prévoit de faire face à une pénurie d'eau d'un milliard de mètres cubes d'ici 2025, malgré la construction de nouveaux barrages et le recours au dessalement. [4]

Plusieurs problèmes touchent cette ressource on peut en citer :

II.1.1. L'envasement des barrages

Aujourd'hui, l'Algérie compte plus de 110 barrages opérationnels, totalisant Capacité 4,5 milliards de mètres cubes, capacité annuelle réglable 2 milliards m³ pour A.E.P., industrie et irrigation. Cependant, en raison d'une érosion assez importante (La durée des précipitations est courte, l'intensité est forte, il n'y a pas de couvert végétal, le terrain est assez jeune, etc.), La perte annuelle de capacité de l'Algérie due à la sédimentation est estimée à 20 millions de mètres cubes Sédiments dans les réservoirs. La durée de vie de la plupart des barrages en Algérie est Une trentaine d'années.

Cependant, peu de gens peuvent l'admettre à la fin d'un match nous avons beaucoup d'exploitation de l'eau en si peu de temps, surtout lorsqu'il s'agit de Ces réservoirs sont destinés à l'approvisionnement en eau potable ou à l'irrigation et leurs avantages des raisons socio-économiques justifient des garanties de service illimitées. Il est donc important non seulement Prévoyez le plus précisément possible le taux de remplissage de votre réservoir prendre les mesures économiques et sociales nécessaires, et Le plus important est de préserver autant que possible l'existence de la retenue en luttant contre ce phénomène. Dans cette étude, nous discutons de l'importance de l'envasement des réservoirs. Barrages en Algérie et mise en évidence du rôle de la dégradation des bassins versants En amont de ce remplissage.

CHAPITRE II **PROBLEMATIQUE DE LA GESTION DES RESSOURCES** **HYDRIQUES**

Le problème posé par ce phénomène vient d'Exemple de l'Algérie.

La rentabilité des infrastructures hydrotechniques est fortement impactée par des menaces telles que la réduction de la capacité des réservoirs et l'obstruction des systèmes de drainage, qui présentent également des risques pour la sécurité globale de l'ouvrage. [5]

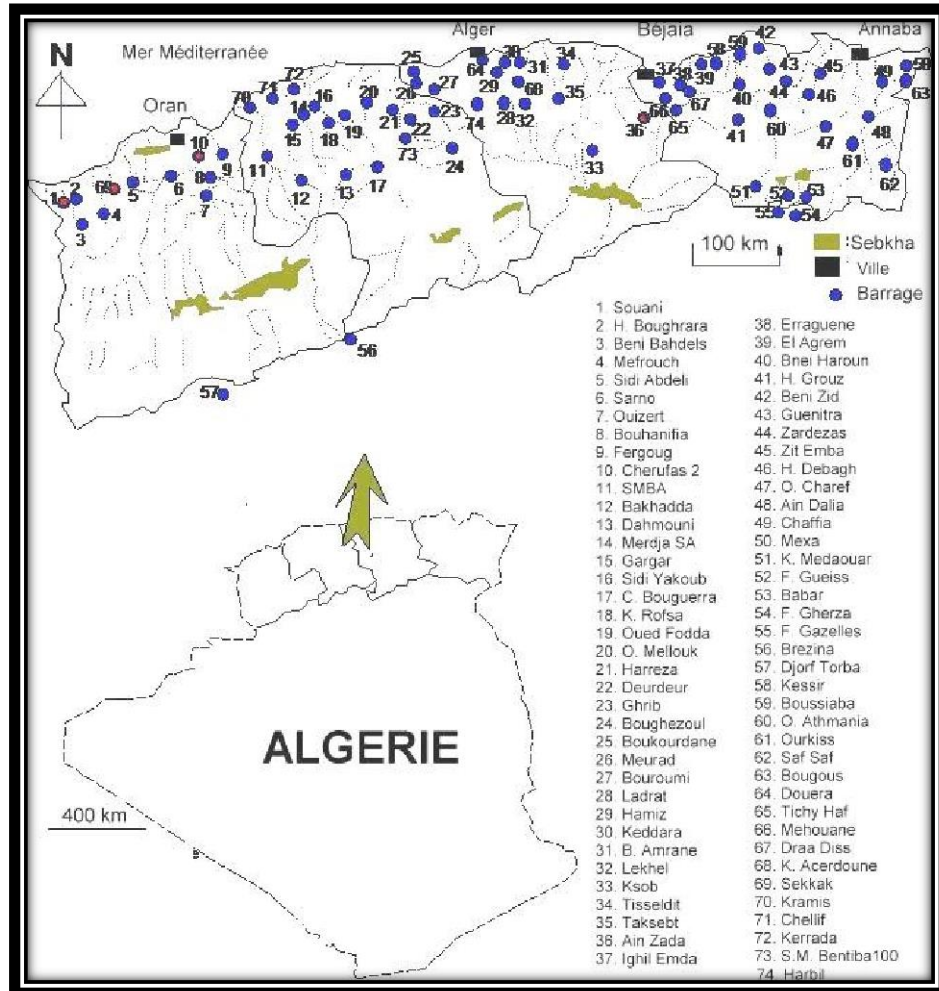


Figure 7: Localisation des barrages en Algérie [5]

II.1.2. Evaporation des lacs et barrages

Afin de maintenir un bon équilibre hydrique dans un barrage, un chott ou un lac, il est crucial de comprendre l'évaporation. L'importance de cette valeur ne peut être surestimée.

En Algérie, l'office national est chargé de mesurer l'évaporation pour la conception des bassins lagunaires en matière de traitement des eaux usées. Les services de l'Agence nationale des ressources en eau (ANRH) travaillent en collaboration avec la météorologie (ONM).

Le calcul des taux d'évaporation des plans d'eau en Algérie est effectué à l'aide de bassins d'évaporation situés dans les stations météorologiques exploitées par les organismes

CHAPITRE II PROBLEMATIQUE DE LA GESTION DES RESSOURCES

HYDRIQUES

ONM et ANRH. Si ces réservoirs ne sont pas disponibles, le taux d'évaporation est estimé en le comparant à des plans d'eau similaires. L'évaluation par analogie, si elle n'est pas soigneusement exécutée, peut entraîner des erreurs importantes, notamment lors de la sélection d'une masse d'eau comparable. [6]

La moyenne annuelle de l'évaporation est de 250 millions de m³ pour les 39 barrages d'une capacité totale de 3,8 milliards de m³, soit une perte moyenne annuelle de 6,5 % de la capacité totale. [7]

II.1.3. Eutrophisation des retenues de barrages

Ces dernières années, les rejets d'eaux usées urbaines et industrielles dans les rivières ont augmenté, posant une menace directe à la qualité des ressources en eau stockées dans les barrages.

Cette situation a entraîné une pollution dans de nombreuses sections de l'oued. Outre ces rejets, le dépôt de sédiments dans les réservoirs des barrages entraîne une eutrophisation des eaux stagnantes. L'eutrophisation se caractérise par une accumulation excessive de sels minéraux tels que les nitrates et les phosphates, entraînant de graves déséquilibres écologiques.

Parmi ces déséquilibres, on observe une prolifération incontrôlée de la végétation aquatique et des diminutions des concentrations d'oxygène dissous, ce qui affecte la biodiversité et la qualité de l'eau.

Le phosphore et l'azote jouent un rôle vital en tant que nutriments, limitant le cycle de croissance de la végétation des réservoirs.

Le phosphore, notamment, est transporté en solution vers les eaux stagnantes et se lie aux sédiments. Par la suite, lors du dépôt de sédiments, du phosphore est libéré, exacerbant ainsi le processus d'eutrophisation et exacerbant la détérioration de la qualité de l'eau du barrage.

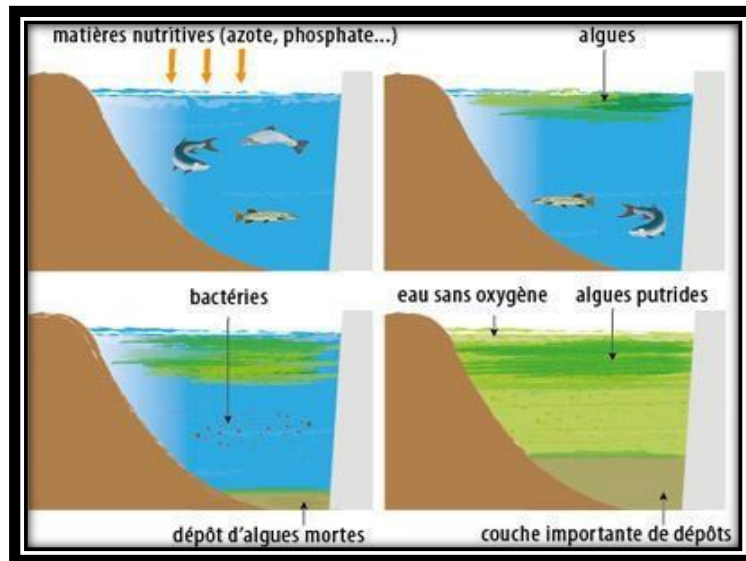


Figure 8: Phénomène d'eutrophisation [76]

II.1.4. La pollution des nappes et des ressources superficielles

La pollution des ressources en eaux souterraines et en eaux de surface en Algérie est un problème important qui affecte gravement la qualité de l'eau dans tout le pays.

Cette situation est causée par divers facteurs, notamment l'expansion rapide des zones urbaines, la croissance de l'industrie, l'intensification de l'agriculture et les lacunes dans la gestion des déchets.

En milieu urbain, les émissions toxiques de l'industrie, les eaux usées domestiques non traitées et les déchets non traités peuvent contaminer les cours d'eau et les eaux souterraines, altérant leur pureté. Parallèlement, dans les zones agricoles, l'utilisation excessive de pesticides, d'engrais et d'autres produits chimiques peut entraîner une pollution de l'eau, mettant en danger la santé publique et la biodiversité aquatique.

Cette pollution constitue une menace sérieuse pour la santé de la population, mettant en péril la salubrité de l'eau potable, la sécurité alimentaire et l'équilibre des écosystèmes aquatiques. De plus, cela peut avoir des conséquences économiques néfastes, notamment pour les secteurs qui dépendent de l'eau pour leurs activités.

Pour relever ce défi, des mesures doivent être prises pour protéger l'environnement et gérer durablement les ressources en eau. Cela comprend l'adoption de réglementations environnementales strictes, l'amélioration des infrastructures de traitement des eaux usées, la promotion de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement et la sensibilisation du public à l'importance de la protection des ressources en eau.

II.1.5. Un déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles

Le déséquilibre entre les besoins en eau et les ressources disponibles en Algérie est exacerbé par plusieurs facteurs interdépendants. La croissance démographique rapide et l'urbanisation accélérée ont entraîné une demande croissante en eau, creusant ainsi un écart significatif entre les besoins et la disponibilité.

L'expansion des zones urbaines, conjuguée à la croissance économique, a renforcé cette disparité, mettant davantage de pression sur les ressources hydriques, en particulier dans les zones densément peuplées.

Par ailleurs, l'agriculture occupe une place prépondérante dans la consommation d'eau en Algérie, contribuant ainsi à accentuer le déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles.

La demande croissante en eau pour l'agriculture, motivée par la nécessité de soutenir la production alimentaire et l'économie nationale, pose des défis considérables en matière de gestion et de préservation de l'eau, surtout dans les régions arides confrontées à une pénurie chronique. Les défis posés par le changement climatique et la rareté de l'eau exacerbent cette situation déjà complexe.

Les prévisions climatiques indiquent des modifications majeures dans la disponibilité et la distribution des ressources hydriques, nécessitant ainsi des mesures d'adaptation pour atténuer les impacts de ces changements.

De plus, la surexploitation, la pollution et une gestion inadéquate des ressources en eau amplifient le déséquilibre existant, soulignant l'urgence d'une gestion durable de l'eau. Face à ces défis, une approche holistique intégrant des stratégies d'adaptation au climat, des mesures de conservation de l'eau et une gouvernance efficace s'avère indispensable pour assurer la durabilité à long terme des ressources en eau en Algérie.

II.2. Problématique de la gestion des ressources hydriques

(Contexte local de Mila)

Mila, une wilaya en Algérie, est confrontée à de grands défis dans la gestion de ses ressources en eau en raison de ses circonstances uniques.

Le climat de Mila se distingue par sa diversité, étant humide au nord et de moins en moins humide au fur et à mesure que l'on se dirige vers le sud, devenant aride dans le sud de la wilaya.

Cela signifie qu'il existe des défis climatiques et une disponibilité limitée en eau. Malgré ces conditions, la demande en eau dans la région augmente en raison de la croissance démographique, de l'expansion urbaine, de l'activité agricole et industrielle.

La gestion des ressources en eau dans la commune de Mila est confrontée à plusieurs problèmes, notamment une surexploitation des ressources en eau, une dégradation de la qualité de l'eau due à la pollution, une perte de terres agricoles en raison de la salinisation, ainsi qu'une pénurie de pluie dans une région déjà aride de plus, les effets du changement climatique, tels que l'augmentation de la fréquence des sécheresses et des variations imprévisibles des précipitations, compliquent la gestion de l'eau dans la région.

Pour surmonter ces défis, une approche intégrée de la gestion des ressources en eau est nécessaire, prenant en compte les besoins des différents secteurs utilisateurs d'eau tels que l'agriculture, l'industrie, l'approvisionnement en eau potable et la protection des écosystèmes aquatiques locaux.

Cela pourrait impliquer l'adoption de pratiques agricoles plus durables, la mise en œuvre de mesures de conservation de l'eau, l'amélioration de l'infrastructure de distribution de l'eau, ainsi que l'augmentation de la surveillance et de la réglementation de la qualité de l'eau.

La wilaya de Mila bénéficie de sources d'eau diverses, notamment le barrage de Beni Haroun, dont la capacité atteint 960 millions de mètres cubes, en plus des eaux souterraines. Grâce à cette abondance, la wilaya ne souffre pas de problèmes de sécheresse. Les problèmes liés à la gestion et à la préservation de l'eau peuvent être résumés comme suit:

II.2.1. L'envasement de Barrage Beni-Haroun

Le Barrage de Beni Haroun, situé dans la province de Mila, en Algérie, est le deuxième plus grand centre de conservation de l'eau en Afrique, juste derrière le barrage d'Al Sadd El Ali en Égypte. Il a été construit à l'intersection de l'oued Rhumel, de l'oued Enndja et de l'oued Smendou à l'aide de béton lesté compacté au rouleau.

Le Barrage a une capacité de rétention d'eau de 960 millions de mètres cubes et une hauteur de fondation de 118 mètres. Il a été mis en service en août 2003, couvrant plus de 60% de la superficie totale du bassin de Kébir Rhumel, le barrage de Beniharon joue un rôle essentiel dans la régulation des eaux et l'approvisionnement en eau à diverses fins, notamment l'irrigation, l'approvisionnement en eau potable. et hydraulique Produire de l'électricité. En février 2012, le barrage contenait 1 milliard de mètrescubes d'eau, soulignant son importance dans la gestion de l'eau dans la région. [8]

Ce barrage représente l'élément central du grand projet de transfert, qui constitue un point de connexion permettant de fournir 310 millions de mètres cubes d'eau par année, soit

150 l/hab/j au minimum, pour les régions avoisinantes de la wilaya de Mila. Ces régions comprennent les six wilayas suivantes : Mila, Khenchela, Batna, Oum El Bouaghi, Constantine et Jijel (région de Mila).



Figure 9: Barrage Bni-Haroun

Les caractéristiques évoquées précédemment se retrouvent confrontées à une série de défis et de problèmes significatifs dans leur effort pour préserver cette ressource en eau vitale et stratégique. Parmi ces enjeux, l'un des plus préoccupants pour le barrage de Beni Haroun est le phénomène de sédimentation.

La sédimentation représente un défi majeur pour la durabilité et l'efficacité opérationnelle du barrage, car elle entraîne une accumulation progressive de matériaux solides tels que le sable, le limon et les débris au fond du réservoir.

Cette accumulation réduit la capacité de stockage d'eau du barrage, compromettant ainsi sa capacité à répondre aux besoins en eau de la région qu'il alimente.

De plus, la sédimentation peut également entraîner des problèmes de qualité de l'eau, de réduction de la production hydroélectrique et de diminution de la navigation fluviale.

Ces effets sont souvent exacerbés par des facteurs tels que l'érosion des sols en amont du barrage, les pratiques agricoles non durables et les variations climatiques.

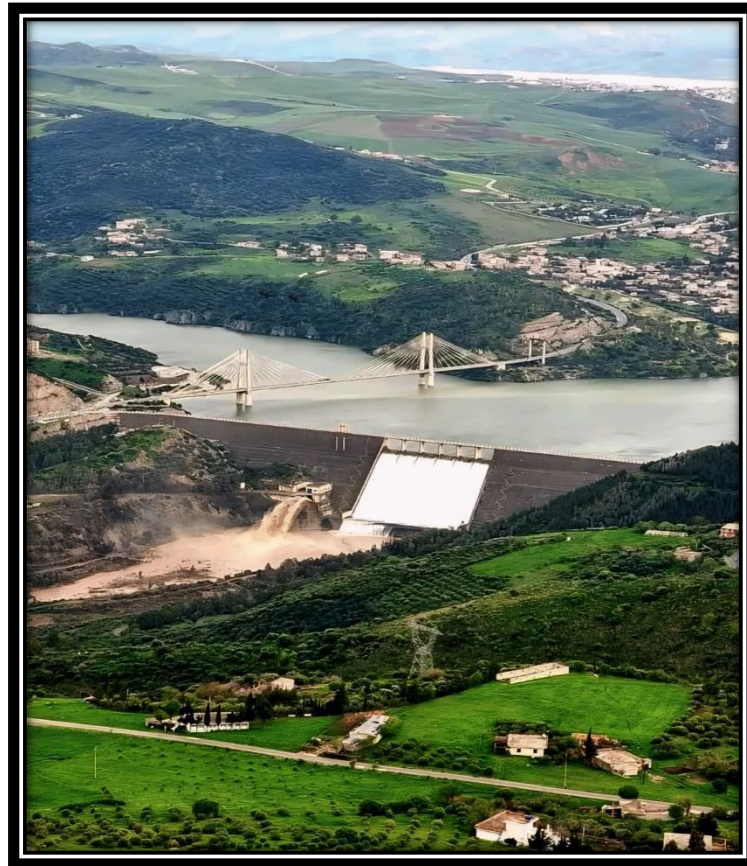


Figure 10 : Processus de vidange d'eau du Barrage Beni-Haroun.

La **figure 10** met en évidence un enjeu clé de la gestion hydraulique : les eaux rejetées des barrages présentent une forte contamination, identifiable par sa teinte brunâtre, indiquant de fortes concentrations de matières en suspension.

Les grandes accumulations de sédiments constituent une menace sérieuse pour L'efficacité opérationnelle des barrages, compromettant la capacité de leurs infrastructures à fonctionner de manière optimale.

Cette situation instable a mis en péril la capacité de rétention d'eau du barrage et a exercé une pression supplémentaire sur son système d'absorption.

les étudiants ont mené une étude l'accumulation d'envasement au barrage de Beni-Haron. En plus des données de sédimentation fournies par l'ANBT, une visite du site du barrage a été réalisée au cours de l'été. Des enquêtes ont été menées au niveau des barrages,

des rivières et des bassins versants. Les résultats obtenus indiquent que le barrage s'envase en raison de la densité du débit d'eau. Le volume d'envasement au barrage de Beni-Haron est estimé à 10,3 millions de mètres cubes par an.

Ces sédiments sont asséchés par l'écoulement intensif de l'eau à la base du Barrage de Beni-Haron. Si aucune mesure pratique n'est prise pour lutter contre l'envasement à court et moyen terme, le barrage sera complètement submergé d'ici 2100. [9]

II.2.2. La pollution des nappes et des ressources superficielles (Barrage Beni-Haroun)

Les eaux du barrage de Beni-Haroun et les eaux atmosphériques de la wilaya de Mila font face à des défis sérieux en raison de la pollution qui affecte cet important écosystème. La principale cause de cette pollution réside dans plusieurs facteurs cumulatifs et complexes, parmi lesquels les opérations de déversement des déchets industriels, agricoles et des eaux usées de manière inappropriée.

En l'absence de mesures efficaces pour traiter ces déchets, des déchets toxiques et polluants sont déversés directement dans l'eau, contribuant ainsi à la détérioration de la qualité de l'eau et représentant une menace pour l'environnement aquatique et pour les communautés riveraines de ces rivières et lacs.

De plus, la pollution industrielle et agricole contribue à aggraver le problème de la pollution, avec l'utilisation d'une variété de produits chimiques dangereux dans l'industrie et l'agriculture, qui se déplacent facilement vers l'eau par le biais des eaux de ruissellement agricoles ou des précipitations.

L'accumulation de ces substances toxiques dans l'eau constitue une menace grave pour la biodiversité, la vie sauvage et humaine, affectant la santé des organismes aquatiques et menaçant la durabilité des ressources en eau sur lesquelles la vie dépend.

Il convient également de noter que cette pollution a des effets néfastes qui s'étendent au-delà de l'environnement aquatique direct, affectant l'écosystème dans son ensemble et les activités économiques qui en dépendent, telles que la pêche et le tourisme écologique.

Par conséquent, la lutte contre la pollution des eaux du barrage de Beni Haroun et des eaux de la wilaya de Mila est essentielle pour préserver l'environnement, la santé des populations et la durabilité de l'écosystème dans son ensemble et aussi Les déchets plastiques et organiques ont un impact significatif sur les eaux du barrage de Beni Haroun, exacerbant les problèmes de pollution déjà présents. Les déchets plastiques, en raison de leur nature non biodégradable, sont particulièrement préoccupants car ils persistent dans l'environnement

pendant des années, se décomposant en micro plastiques qui contaminent les cours d'eau et les écosystèmes aquatiques.

Ces micro plastiques peuvent être ingérés par la faune aquatique, entraînant des dommages à leur santé et pouvant éventuellement se retrouver dans la chaîne alimentaire humaine.

II.2.3. Évaporation des eaux de surface

Le phénomène de l'évaporation peut également constituer une menace pour les ressources en eau, notamment la ressource principale de la wilaya, à savoir le barrage de Beni Haroun, étant donné qu'il est le plus exposé à ce phénomène en raison de sa vaste superficie de 7700 hectares.

Les raisons de l'évaporation comprennent :

- L'humidité relative de l'air, la température de l'air,
- La température de l'eau,
- La vitesse du vent
- La pression atmosphérique.

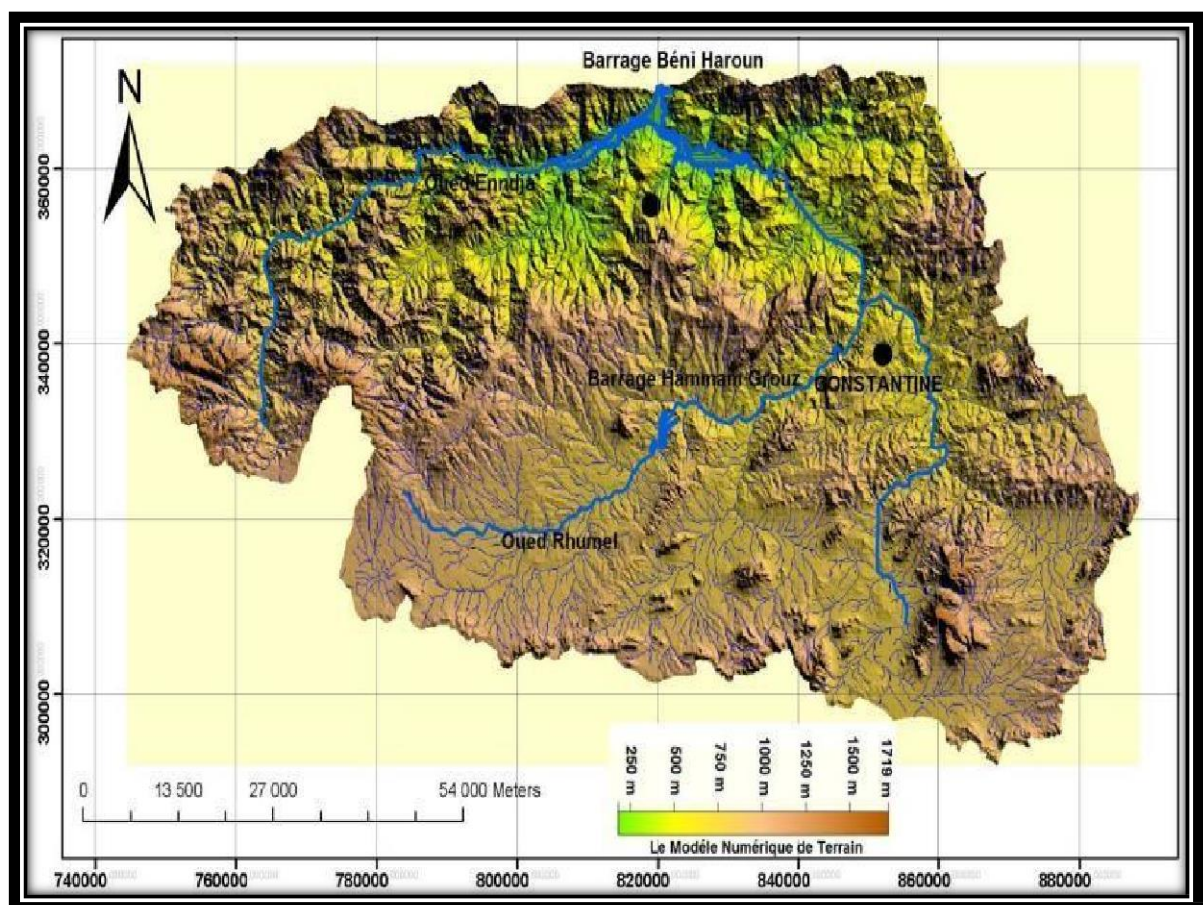


Figure 11: BV de Barrage Beni Haroun[75]

On voit sur cette photo que la superficie couverte par l'eau du barrage est vaste, ce qui la rend très vulnérable aux problèmes d'évaporation sous l'influence des facteurs évoqués précédemment.

II.3. Justification du choix du sujet

II.3. 1. Objectifs de la gestion des ressources en eau

L'objectif principal de la gestion intégrée des ressources en eau est de parvenir à un équilibre entre l'utilisation de l'eau, qui constitue la base des moyens de subsistance d'une population mondiale croissante, et la protection et la conservation de l'eau afin de garantir la durabilité de ses fonctions et propriétés. Selon le chapitre 18 de l'Agenda 21, il s'agit de :

- Promouvoir des approches dynamiques, interactives, itératives et multisectorielles de la gestion des ressources en eau ;
- Planifier l'utilisation, la protection, la conservation et la gestion rationnelle et durable des ressources en eau dans le cadre des politiques nationales de développement économique et conformément aux besoins et priorités des communautés ;
- Concevoir, mettre en œuvre et évaluer des projets et des programmes qui présentent des avantages à la fois sociaux et économiques, dans un cadre stratégique clair et basés sur la pleine participation du public ;
- Identifier, renforcer ou établir, le cas échéant, des mécanismes institutionnels, juridiques et financiers appropriés, en particulier dans les pays en développement, pour garantir que la politique de l'eau et sa mise en œuvre contribuent au progrès social et à la croissance économique durables. [10]

La gestion des ressources en eau vise à atteindre plusieurs objectifs, souvent interdépendants, qui s'inscrivent dans trois catégories principales : économiques, sociaux et environnementaux. Ces objectifs sont essentiels pour garantir une utilisation durable et équitable de cette ressource précieuse et vitale pour tous les êtres vivants.

II.3. 1.1. Objectifs économiques

Assurer la sécurité alimentaire : L'eau est indispensable à la production agricole et à l'élevage. Une gestion efficace des ressources en eau permet d'accroître la productivité

agricole, de garantir la sécurité alimentaire des populations et de lutter contre la faim et la malnutrition. [11]

Promouvoir le développement économique: L'eau est une ressource essentielle pour de nombreux secteurs économiques, tels que l'industrie, le tourisme et l'énergie. Une gestion durable des ressources en eau permet de soutenir la croissance économique, de créer des emplois et de réduire la pauvreté. [12]

Lutter contre la pauvreté: L'accès à l'eau potable et à l'assainissement est un facteur clé de la lutte contre la pauvreté. Une gestion équitable des ressources en eau permet de garantir un accès universel à ces services essentiels, d'améliorer les conditions de vie des populations et de promouvoir le développement humain. [13]

II.3. 1.2. Objectifs sociaux

Améliorer la santé publique: L'eau contaminée est à l'origine de nombreuses maladies, telles que le choléra, la typhoïde et la diarrhée. Une gestion saine des ressources en eau permet de réduire les risques de maladies d'origine hydrique, d'améliorer la santé publique et de sauver des vies. [14]

Promouvoir l'équité et la justice sociale: L'accès à l'eau est un droit humain fondamental. Une gestion équitable des ressources en eau permet de garantir que tous les individus, quels que soient leur statut social ou économique, aient accès à l'eau dont ils ont besoin pour répondre à leurs besoins fondamentaux et vivre dans la dignité. [15]

Préserver le patrimoine culturel: De nombreux sites culturels et religieux sont liés à l'eau. Une gestion durable des ressources en eau permet de préserver ce patrimoine pour les générations futures et de promouvoir le respect des valeurs culturelles. [16]

II.3. 1.3. Objectifs environnementaux

Préserver les écosystèmes aquatiques: Les rivières, les lacs et les zones humides abritent une grande biodiversité et jouent un rôle essentiel dans le maintien des équilibres écologiques. Une gestion durable des ressources en eau permet de protéger ces écosystèmes, de préserver la biodiversité et de garantir la fourniture de services écosystémiques essentiels.[17]

Gérer durablement les ressources en eau souterraine: Les eaux souterraines sont une source d'eau douce vitale pour de nombreuses populations. Une gestion responsable des ressources en eau souterraine permet d'éviter leur surexploitation, de préserver leur qualité et de garantir

CHAPITRE II PROBLEMATIQUE DE LA GESTION DES RESSOURCES **HYDRIQUES**

leur disponibilité pour les générations futures. [18]

Lutter contre le changement climatique: Le changement climatique a un impact significatif sur les ressources en eau, en augmentant la fréquence des sécheresses et des inondations et en modifiant les régimes de précipitations. Une gestion adaptative des ressources en eau permet de s'adapter aux effets du changement climatique, de minimiser ses impacts et de protéger les populations vulnérables. [19]

Pour justifier le choix de ce sujet on peut dire tout simplement que par définition, L'eau est une ressource vitale pour tous les êtres vivants et sa gestion durable est un enjeu crucial pour le présent et l'avenir. Cette affirmation justifie à elle seule l'importance de choisir la gestion des ressources en eau comme sujet d'étude.

En effet, l'eau est indispensable à la vie humaine, à l'agriculture, à l'industrie et à la préservation des écosystèmes. Sa rareté croissante et sa dégradation due à la pollution et au changement climatique font de sa gestion durable un défi majeur pour les sociétés du monde entier.

Choisir ce sujet permet de répondre à plusieurs questions fondamentales:

- Comment garantir l'accès à l'eau potable pour tous, en particulier dans les régions les plus fragiles ?
- Comment préserver les ressources en eau douce face à la pression croissante exercée par les activités humaines ?
- Comment mettre en place des politiques de gestion de l'eau efficaces et équitables ?
- Comment concilier les différents usages de l'eau et préserver les écosystèmes aquatiques ?

En étudiant la gestion des ressources en eau, on peut apporter des solutions concrètes aux problèmes liés à l'eau et contribuer à un développement durable.

De plus, ce sujet est d'actualité et transversal il touche à de nombreux domaines tels que la science, la politique, l'économie, le droit et la société civile. Cela en fait un sujet riche et stimulant à explorer.

Enfin, étudier la gestion des ressources en eau permet de développer des compétences précieuses en matière de recherche, d'analyse et de communication. Ces compétences sont essentielles pour s'attaquer à d'autres défis complexes du monde d'aujourd'hui.

Pour toutes ces raisons, le choix de la gestion des ressources en eau comme sujet d'étude est

pertinent, nécessaire et prometteur.

II.4. Méthodologie de gestion des ressources en eau de la wilaya de Mila

Le succès de la gestion des ressources en eau dans la wilaya de Mila nécessite un engagement fort envers les principes de la Planification pour une Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE). Cet engagement émane de la réponse aux défis liés au changement climatique et à la satisfaction des besoins des populations en matière d'approvisionnement en eau, d'agriculture et d'industrie.

En collaboration avec les autorités gouvernementales concernées et les institutions officielles telles que la Société Algérienne des Eaux et l'Agence Nationale des Barrages, il est possible de définir les priorités de la gestion de l'eau au niveau local et de développer des stratégies pour les atteindre.

La définition d'une vision nationale de l'eau constitue un cadre directeur qui établit les objectifs et les orientations clés de la gestion de l'eau dans la wilaya. Sur cette base, des politiques et des plans locaux sont élaborés pour correspondre à cette vision, garantissant ainsi une utilisation efficace et durable des ressources en eau.

Cela comprend l'identification des besoins en eau spécifiques à la wilaya, l'évaluation des ressources en eau disponibles et l'élaboration de plans stratégiques pour leur conservation et leur utilisation efficace.

La réalisation de la vision et des objectifs de gestion de l'eau implique la mise en œuvre de plans locaux GIRE. Il est crucial que cela inclue la promotion et l'autonomisation de la participation active de la communauté locale et des parties prenantes dans le processus décisionnel. Cela nécessite une interaction et une consultation du public sur les plans et les politiques relatives à l'eau, de manière à inclure leurs orientations et leurs besoins dans le processus de formulation des politiques et de planification.

Ainsi, l'application des plans GIRE et la réalisation de leurs objectifs constituent une composante essentielle de la durabilité de la gestion des ressources en eau dans la wilaya de Mila. Il est important que cet effort soit soutenu par les ressources nécessaires et l'orientation gouvernementale pour garantir la réalisation des résultats escomptés et promouvoir le développement durable dans la région.

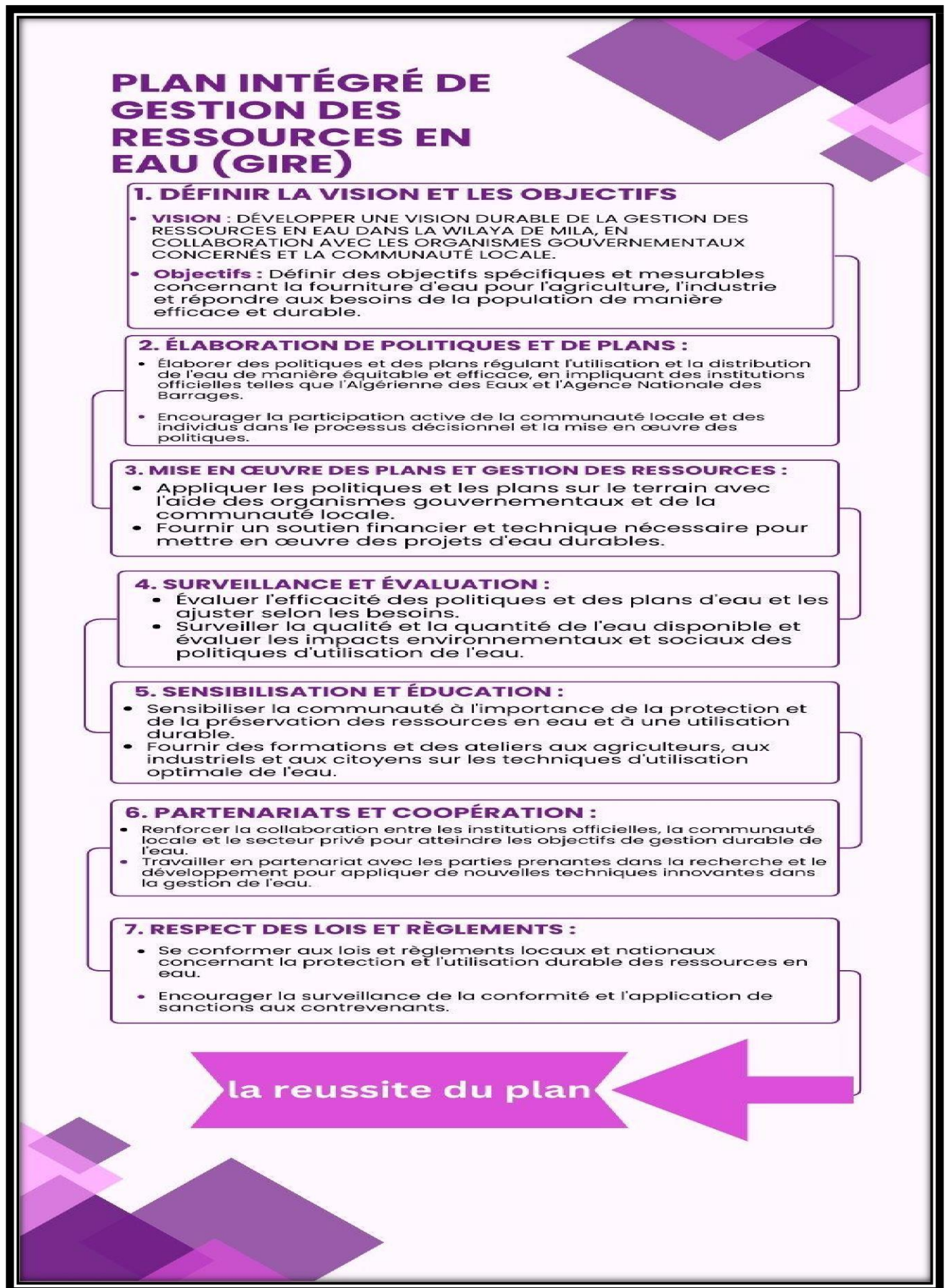


Figure 12: Plan intégré de la GIRE

Conclusion

La gestion des ressources en eau est un processus complexe et multidimensionnel qui doit tenir compte des besoins et des intérêts de tous les acteurs concernés. Il est essentiel de mettre en place une gestion durable et équitable des ressources en eau pour garantir la sécurité humaine, le développement économique et la préservation de l'environnement pour les générations futures.

La gestion de l'eau en Algérie constitue un défi majeur, exacerbé par un environnement naturel hostile et une pression croissante sur les sources d'eau. Le pays est confronté à une sécheresse prolongée, mettant en évidence les disparités dans la gestion de l'eau à travers le pays. Des problèmes tels que l'envasement des barrages, l'évaporation des lacs et des barrages, l'eutrophisation des réservoirs, la contamination des eaux souterraines et des ressources en eaux de surface et le déséquilibre entre la demande et les ressources disponibles posent des défis complexes qui nécessitent une action immédiate. De plus, la croissance démographique rapide, l'urbanisation accélérée et les impacts du changement climatique exacerbent davantage la pression sur ces ressources hydriques vitales.

À l'échelle locale, des wilayas comme Mila font face à des défis spécifiques liés à leur climat varié et à une disponibilité limitée en eau.

La gestion des ressources en eau dans ces régions est confrontée à des problèmes tels que la surexploitation, la pollution, la salinisation des terres agricoles et la variabilité des précipitations. En ce qui concerne le barrage de Beni Haroun dans la wilaya de Mila, il joue un rôle crucial dans la régulation des eaux et l'approvisionnement en eau à diverses fins.

Cependant, il est confronté à des défis majeurs, notamment l'envasement et la pollution, qui compromettent sa capacité à répondre aux besoins en eau de la région. Pour surmonter ces défis, une approche intégrée de la gestion des ressources en eau est nécessaire, prenant en compte les besoins des différents secteurs utilisateurs d'eau tels que l'agriculture, l'industrie, l'approvisionnement en eau potable et la protection des écosystèmes aquatiques locaux.

Cela pourrait impliquer l'adoption de pratiques agricoles plus durables, la mise en œuvre de mesures de conservation de l'eau, l'amélioration de l'infrastructure de distribution de l'eau, ainsi que l'augmentation de la surveillance et de la réglementation de la qualité de l'eau.

La gestion des ressources hydriques en Algérie, notamment dans des régions comme Mila, est confrontée à des défis majeurs qui nécessitent une action coordonnée et efficace à la fois au niveau national et local.

Chapitre III

Ressources en eau de la wilaya de Mila

Introduction

Ce chapitre se focalise sur l'analyse du potentiel hydrique de l'État de Mila. Nous examinerons les diverses sources d'eau disponibles dans la région, y compris les eaux souterraines, les vallées, les barrages, ainsi que les réalisations des stations d'épuration. Nous aborderons également les problématiques liées à l'utilisation excessive des eaux souterraines dans la région.

De plus, nous évaluerons la qualité de l'eau dans l'état de Mila et explorerons les moyens de mobiliser efficacement les ressources hydriques disponibles.

III.1. Eaux superficielles

III.1.1. Les Barrages

La wilaya de Mila compte trois barrages : le barrage de Beni Haroun, le barrage d'Oued El Athmania, et le barrage de Hammam Grouz

III.1.1.1. Le Barrage de Beni Haroun

est un barrage de type poids, situé à l'extrême nord de la wilaya de Mila, au nord-est de l'Algérie.

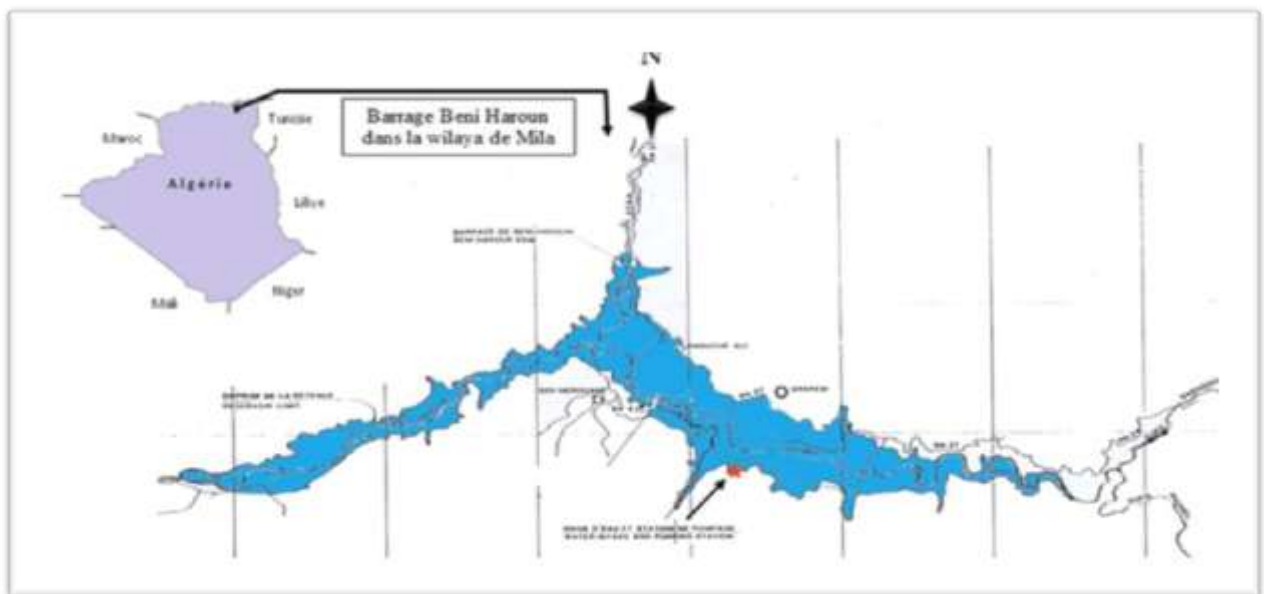


Figure13: situation-géographique-du-barrage-de-Beni-Haroun. [20]

Ce barrage, inauguré en 2004 par le président Abdelaziz Bouteflika, alimente en eau potable environ quatre millions d'habitants répartis sur cinq wilayas du Constantinois, en plus de Mila. Il joue un rôle crucial dans l'irrigation de plus de 400 000 hectares de terres agricoles, contribuant ainsi au développement économique de la région. Le barrage de Beni Haroun est devenu une attraction touristique majeure, attirant de nombreux visiteurs qui viennent admirer son paysage magnifique, notamment le pont à haubans d'Oued Dib, et profiter des activités de loisirs telles que la pêche et les compétition d'aviron. [21]

En mobilisant de grandes quantités d'eau, ces infrastructures massives peuvent approvisionner en eau des millions de foyers, en plus d'avoir un impact direct sur le développement de toute la région.

le barrage de Beni Haroun alimente en eau potable quatre millions d'habitants répartis sur cinq wilayas du Constantinois et des Aurès, en plus de Mila.

Les infrastructures complémentaires servent au transfert des eaux du barrage vers les wilayas de Jijel, Constantine, Oum El Bouaghi, Batna et Khenchela, des régions jadis affectées par des pénuries récurrentes.

La première des trois stations de pompage d'eau, érigée près du barrage, est considérée comme l'une des plus grandes au monde. D'une puissance de 180 mégawatts, elle refoule plus de 1,5 million de mètres cubes par jour, sur une hauteur de 800 mètres [22]

Le barrage de Beni Haroun se situe à 118 m au-dessus de ses fondations à 82 NGA, à 107 m au-dessus de la topographie naturelle à 93 NGA et a une longueur de crête de 710 m. La largeur du remblai est de 93 m à la base et de 8 m au sommet. Le niveau d'eau normal (N.N.R) du réservoir est de 200 NGA, le niveau d'eau le plus élevé (P.H.E) est de 214,80 NGA et le niveau d'eau maximal est de 216,30 NGA. Le corps fruitier du côté amont du barrage est vertical et le rapport corps fruitier du côté aval est de 0,8H/1V. [23]

Tableau 7:Caractéristiques principales de l'aménagement [24]

Injection et drainage de la fondation	
Voile d'injection	Vertical multifilaire axé sur galerie de pied amont ,profondeur de 40 à120 m
Rideau de drainage	1rideauforcé à partir de la galerie de pied amont
Ouvrage de dérivation	
2galeries souterraines	Ø8 m
Vidange de demi-fond	
type	2 pertuis blindés dans corps du barrage avec saut de ski
Localisation	Rive droite14
Calage de l'entrée Section	0,00
des pertuis	(3,00mx 4,10m)x 2
Vannes	2 vannes wagon à l'amont2 vannes segment à l'aval670
Débit maximal	m ³ /s sous RN200 >700 m ³ /s sous RN>200m
Barrage Type: Barrage poids en béton compacté au rouleau(BCR)	
Hauteur maximale:	
-au dessus du terrain naturel	107 m
-au dessus des fondations	118 m
Longueur en crête	710 m
Largeur en crête	8 m
Largeur maximale au niveau des fondations	93 m
Fruit du parement amont	Vertical

Fruit du parement aval Vertical Cote de la crête		08H/1V 216,30
Evacuateur de crue		
Type	Déversoir de surface à seuil libre- Coursier et saut de ski	
Localisation Cote de la crête Cote du bec aval du saut de ski Longueur totale de l'évacuateur en crête Longueur utile de l'évacuateur en crête Longueur de la cuillère Débit maximal	partie centrale du barrage 200 m variable de 124 à 126,00m 124 m 114 m répartis en 6 passes de 19 m 130 m 1320m³/s pour PHE à 214,74m	
Retenue du barrage		
Niveau normal (RN)		200,00m
Niveau des plus hautes eaux (PHE)		214,00m
Niveau minimum d'exploitation		172,00m
Volume de la tranche morte (110-173)		24010 ⁶ m³
Volume utile(172-200)		72310 ⁶ m³
Volume total(110-200)		96310 ⁶ m³

La capacité de stockage du niveau d'eau normal (200 NGA) du réservoir est de 963 millions de mètres cubes. La partie utile comprise entre 172 NGA et 200 NGA a un volume équivalent à 723 millions de mètres cubes, tandis que le volume annuel moyen ajusté est d'environ 435 millions de mètres cubes. La contribution des matières solides était auparavant estimée à 6 millions de mètres cubes par an. Le volume de la zone morte située entre les élévations (110 et 172 NGA) est égal à 240 millions de mètres cubes. [23]

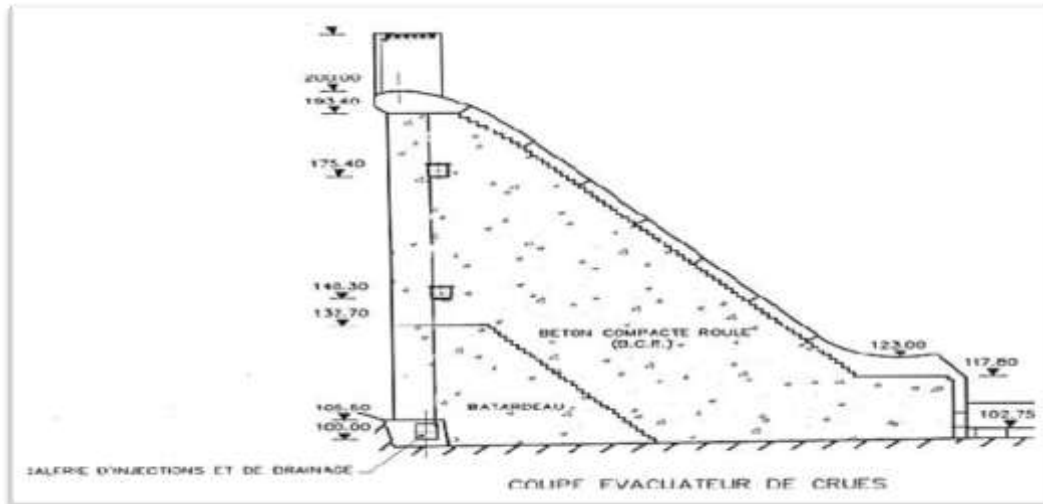


Figure14: Coupe Evacuateur de crues [25]

III.1.1. 2. Le Barrage de Hammam Grouz

Le barrage de Hammam Grouz est situé dans la Wilaya de Mila à 1,5 Km de la ville de Oued el Athmania et à 45 Km de l'ouest-sud-ouest de Constantine.

Il est destiné à l'alimentation en eau potable de Constantine et d'El Athmania. Il a une capacité de 40,15 millions de m³. [26]

Le barrage Hammam-Grouz a été construit pour répondre à un besoin urgent en eau potable pour la ville de Constantine. Situé en amont de la gorge formée par l'Oued-Rhumel dans les calcaires crétacés du Djebel Grouz, le barrage forme un réservoir de 5 km de long sur 2,5 km de large et d'une hauteur de 37 mètres, avec une capacité initiale de 45 millions de mètres cubes. Actuellement, le volume d'eau stocké ne dépasse pas 15 millions de mètres cubes. Le barrage, principalement construit en béton, traverse l'Oued-Rhumel juste en

amont de la ville d'Oued Athmania. L'eau stockée est principalement utilisée pour l'approvisionnement en eau potable des zones urbaines, et éventuellement pour l'irrigation dans la région de Constantin.



Figure15: Disposition des piézomètres par rapport au lac du barrage de Hammam Grouz . [27]

Le barrage de Hammam Grouz dans la wilaya de Mila est une partie importante de l'infrastructure hydraulique de la région. Situé sur le cours de la rivière Oued Athmaniya, il constitue une source essentielle de stockage et de fourniture d'eau pour les zones environnantes.

De plus, il joue un rôle vital dans la fourniture d'eau pour l'irrigation et les besoins humains en agriculture et en consommation quotidienne. La région entourant le barrage est riche en paysages pittoresques et en histoire, avec des sites archéologiques et préhistoriques qui attirent les visiteurs et favorisent le tourisme local. [28]



Figure 16 et Figure17:Vue amont et aval du barrage Hammam Grouz [29]

Le barrage principal est situé dans une gorge en amont de la ville de Oued Athmania et est construit en béton lourd (65 000 mètres cubes) avec un déversoir et un bassin de choc combiné. La longueur du faîte du toit est de 217 m et la hauteur depuis la fondation est de 49,5 m. Avec une hauteur de crête de 736,5 m, le déversoir s'étend sur environ la moitié du barrage, avec deux canaux latéraux en pente dirigeant le trop-plein vers un bassin d'amortissement central en aval. La capacité de rejet du déversoir est de 4 150 m³/s et le niveau d'eau maximum est de 736,0 m NGA. [29]

Tableau 8: Caractéristiques principales du barrage Hammam Grouz. [29]

Surface de B.V	1130Km ²
Débit régularisé	500l/s(15.77Mm ³ /an)
Crue de projet(déversante)	4150m ³ /s
Réserve vidangeable	32Mm ³
Tranche morte	4 Mm ³
Volume totale de la cuvette	45Mm ³
Fondation du barrage	+687.0m NGA
Retenue normale	+727.0m NGA
Plus Haute Eaux	+736.0m NGA
Crête de barrage	+736.5m NGA
Hauteur du barrage	49.5M

III.1.1.3. Barrage d'Oued El Athmania

Situé à environ 30 km au nord-ouest de la province de Constantine, le réservoir du barrage est situé dans la ville de Mila, dans l'est de l'Algérie. Les travaux font partie d'un projet principal nommé Transfert de Beni Haroun, qui visait à canaliser l'eau très nécessaire de Beni Haroun et Bou Siaba vers les six villes de Batna, Kenchela, Mila, Oum El Bouaghi, Constantine et Jijel où la demande de boisson l'eau et l'eau d'irrigation agricole ont augmenté rapidement ces dernières années.

Le barrage atteint une hauteur de 44 m, une longueur de 630 m et une capacité de réservoir de 33 600 000 mètres cubes. Son tunnel en béton combiné, une galerie de dérivation

et une galerie de transfert d'eau, ont une longueur de 313 met une section de 75 m³. La galerie de dérivation est capable de drainer l'eau à un débit maximum de 60 mètres cubes par seconde. La capacité du pipeline est de 4 mètres cubes par seconde pour l'eau potable et de 2,5 mètres cubes par seconde pour l'eau d'irrigation. [30]



Figure18:Vue du Barrage Oued El Athmania . [30]

III.1.2. Oueds

III.1.2.1. Ouedi Al-Kabir

L'Oued El-Kebir est un grand fleuve coulant dans l'est de l'Algérie, et traversant, de sa source à son embouchure, les états de Mila (où il prend sa source), Sétif, Constantine et Jijel. Depuis sa source jusqu'à la station de Ouedi Al-Kabir, on l'appelle ouadi Al-Rimal. Après avoir traversé le gouvernorat de Sétif, le fleuve traverse la ville de Constantine, creuse le canyon dit du « Sable », reçoit les vallées de Samandu et de Nagar, puis traverse la ville de Mila (ancienne ville romaine de Mila , située à 484 mètres d'altitude).

Le barrage de Beni haron (le plus grand barrage d'Algérie) a été construit dans la région. Après avoir traversé les eaux d'un lac artificiel créé par le barrage, la rivière traverse le canton de Jijl et prend un autre nom, Ouedi el-Kebir, arrosant le bassin du même nom, avant de traverser d'étroites gorges et de franchir des plis. Monts Babur et cols au pied du Mile Edge. Il se jette dans la mer Méditerranée dans la commune de Sidi Abdelaziz, à l'ouest de la ville de Jijel. Sa longueur est de plus de 60 kilomètres. [31]

III.1.2.2. l'Oued Enndja

La région nord-ouest du bassin versant de l'Oued Enndja, caractérisée par une

pluviométrie relativement élevée (700 mm/an) et un relief accidenté. Cotisation annuelle Dans la haute vallée, à la station Douar Tassadane (960 km²), elle a été mesurée à 108 hm³/an [32]

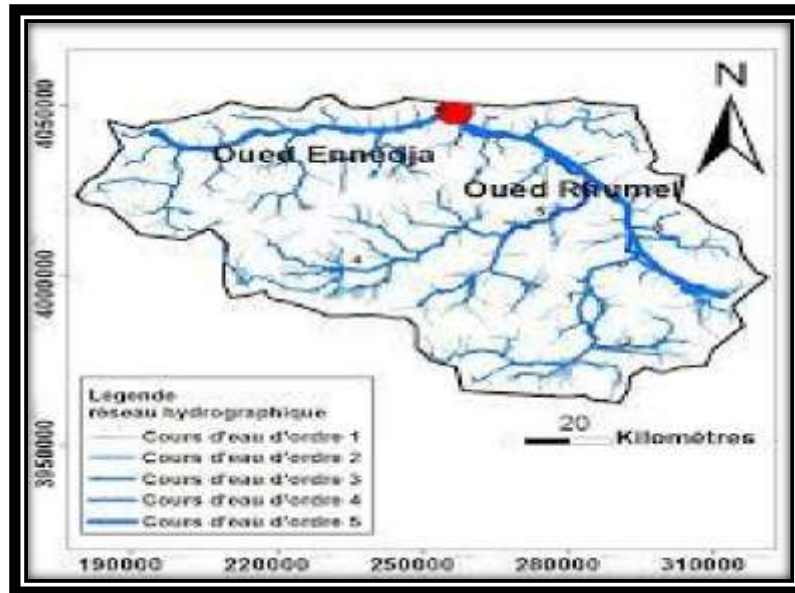


Figure19: Réseau hydrographique du bassin versant de Beni Haroun Mila. [33]

III.2. Eaux souterraines

Si l'eau est stockée dans des formations géologiques souterraines. L'ensemble est appelé aquifère . [34]

Les eaux souterraines proviennent de trois sources :

Eau atmosphérique : La plupart des eaux souterraines ont une source atmosphérique, c'est-à-dire des précipitations (pluie, neige) . [34]

Eaux connues : Eaux trouvées profondément dans la croûte terrestre (1 à 2 kilomètres) . [35]

Eaux juvéniles : Ces eaux sont libérées directement par des processus magmatiques profonds. Ils sont difficiles à distinguer des eaux plus profondes. [34]

Les unités hydrogéologiques de la Wilaya de Mila

Les différentes unités hydrogéologiques et aquifères présentes dans la zone de la province de Mila et leurs schémas de développement sont résumées dans les tableaux (9-17) suivant

- **Nappe Plio-Quaternaire:**

Il se compose principalement de graviers développés dans la partie nord du grès numide, qui se trouvent le long des strates de plate-forme, des strates de pente et des strates quaternaires indéterminées.

Les strates inclinées se trouvent principalement dans les zones argileuses ou marneuses. Il s'agit d'un paillis limoneux de sol brun avec peu ou pas de calcaire, permettant à la culture céréalière d'obtenir de bons rendements sans que l'érosion ne nuise beaucoup aux céréales.[36]

Tableau 9:Forage sen exploitation de la nappe Plio-Quaternaire . [37]

Commune	Nom du forage	Coordonnées la mbert		Prof(m)	Débitexp (l/s)
		X	Y		
Chelghoum Laid	Draalaazaz	517,900	314	60	2,5
	Mesdoura1	814,300	321,800	93	25
	Sp1bis(ainbeida)	810,200	320,450	/	25
	Sp1bis(ainbeida)	810,000	320,300	40	/
	F,GareEl Arbi	810,950	315,650	152	6
	Ftahmachet	802,198	322,678	196	7
Ouled khlouf	DE6	806,900	316,500	160	6
	Daya	803,850	316,320	200	2
	Kef Maaouche	808,730	316,641	300	10
Bouhatem	BH1(ben	802,800	334,400	102	3
	BH2(ben	803,500	334,000	120	2
	BH3(ben	802.898	333,950	125	6
Débit exploité total					94.5

- **NappeMio-Policène:**

L'aquifère couvre une vaste superficie et est composé principalement de formations d'argile et parfois de gypse, de calcaire lacustre, de conglomérat, de grès et de sable. Cela permettra la formation de nappes phréatiques libres et captives. La série est très irrégulière en épaisseur et en phase. [38]

Tableau 10:Forage sen exploitation de lanappe Mio-Policène . [37]

Commune	Nom du forage	Coordonnées lambert		Prof(m)	Débit exp (l/s)
		X	Y		
Chelghoum Laid	Mriout3	809,700	322,830	100	10
	DE3 bis	806,000	320,900	120	12
Ain Mlouk	Tabesbesset	812,627	337,054	140	1,9
	Ain Chikhbis	812,687	336,330	65	9,5
	Sareg	810,230	332,430	150	5
	Ain Babouche	814,600	337,990	220	5
Taleghma	BirBoukchiche	830,200	313,800	140	18
Hamala	El-badsi	825,100	370,000	200	6
Débit exploité total					67.4

- **Nappes des Alluvions :**

Ce territoire est caractérisé par une diversité géologique remarquable, étendue sur une grande surface et formée principalement par des dépôts alluviaux récents le long des rivières et des terrasses. On y trouve également des formations de pentes et des glaciés polygéniques. Les aquifères localisés dans les vallées sont étroitement liés aux cours d'eau et jouent un rôle crucial dans le régime hydrogéologique régional. Bien que les nappes phréatiques des plaines de remblaiement soient en partie alimentées par les massifs calcaires, leur approvisionnement demeure largement dépendant des précipitations atmosphériques. [38]

Tableau 11:Forages en exploitation de la nappe Alluvion. [37]

Commune	Nom du forage	Coordonnées lambert		Prof(m)	Débit exp (l/s)
		X	Y		

Ferdjioua	F2	787,850	350,800	74	30
	krona	787,295	350,800	40	6,9
	F8(bourouh)	790,080	347,300	55	/
	F4 bis	787,800	350,800	65	3,6
	F,tarasst	790,800	345,750	55	7
	F3 bis	787,850	350,800	60	/
	For 6	789,95	348,29	66	/
Beniguecha	F5	789,950	348,250	68	15
Tassdane	Elmaida1	785,820	358,917	100	14
Tassdane	Elmaida 1i	/	/	90	20
Ainbeida	F1	787,295	350,130	40	10
	F3	786,516	351,954	40	13
	F1 bis	745,993	291,787	50	15
Derahi	Ftabouda	789,940	324,991	40	14
T.beinen	AM7	800,246	366,490	21	14
Amira aress	AM6bis	801,150	359,990	18	14
	AM5bis	804,900	360,700	19	/
	AM1bis	802,910	360,000	31	4
Taleghma	Bougheda	828,500	319,500	60	7
Rouached	F,O,Kebir	799,500	359,400	20	15
	Fb1	790,772	359,257	70	6
Débit exploité total					208,5

• **Nappe Pliocene-Villafranchien:**

Les calcaires lacustres, d'une épaisseur pouvant dépasser les 100 mètres, dominant la région, formant les hauts plateaux situés entre les massifs de Chettaba et Djebel Akhal dans le Sud de la wilaya de Mila.

En plus de ces massifs calcaires, on trouve des éboulis de calcaires pliocènes au

sein de formations d'argiles brunâtres.

Les terrains pliocène-villafranchien reposent sur les surfaces érodées d'argiles du miocène, et ils sont largement présents dans les parties ouest de la wilaya de Mila. (38)[38]

Tableau 12:Forages en exploitation de la nappe Pliocène-Villafranchien. (37)[37]

Commune	Nomduforage	Coordonnéeslambert		Prof(m)	Débite xp (l/s)
		X	Y		
Chelghm laid	Bekhbakha	807,100	331,150	60	3
	Merad1	816,375	327,675	100	1
	Merad2	819,975	329,100	80	1,5
	Merad3	814,400	325,400	/	4
	,chikhRouhou	815,630	321,850	108	9
	F,Harcha	809,700	320,500	150	/
	F,Bouachiba	804,660	315,150	200	
	F,DjOgab	851,000	316,500	80	3
Oued	BledYoucef	821,500	341,300	53	2
	Barbarakifen	822,130	332,150	/	/
	AinFoua	831,602	341,216	150	6
Ainmlouk	F,DraaTabel	810,230	332,430	150	5
	F,Grendi	806,911	336,117	235	3
Tadjenanet	F,MachtaTinn	801,600	299,600	200	10
	F,FidhNafaa1	798,150	322,450	140	1
	Fidhnafaa2	800,300	323,150	165	5
	F,bensrour	790,070	323,804	200	20
	E7	789,635	318,271	80	13
Ouledkhlouf	Maaoune1	805,376	301,852	251	8
Benyahia Abderehmen	F,Ainakdaine	794,800	332,600	150	12
	F,Ainakdaine	794,512	332,575	140	2,5
	BirMourghad	800,500	329,904	120	13
	iebier	800,451	327,796	255	4
Taleghma	kebbaba	825,500	317,600	/	/
Oued seguen	O,Ghrous	839,379	324,709	210	/
	O,Ghrousbis				

		839,379	324,709	200	17
Mchira	F,H11	819,728	313,342	20	20
	H11 bis	819,946	313,696	150	12
	D2Abis	818,831	312,060	140	12
	Mchiralllbis	820,250	312,750	190	5
Débit exploité total					192

- **Nappe Villafranchien :**

Ces formations sont les plus distinctives de la partie sud de la zone étudiée. Elles se composent de strates calcaires, de travertins, de croûtes calcaires, de carapaces calcaires, de calcaire lacustre blanc et de limon, avec une épaisseur d'environ 50 mètres. [38]

Tableau 13:Forage sen exploitation de la nappe Villafranchien. [37]

Commune	Nom du forage	Coordonnées lambert		Prof(m)	Débitexp (l/s)
		X	Y		
Chelghoum Laid	F, SP2bis	797,000	317,800	250	7
	E4	801,280	317,005	240	10
Débit exploité total					17

- **Nappe Pliocène:**

Ces formations comprennent des calcaires lacustres, des grès et des conglomérats, situés aux abords des affleurements éocènes. Ils renferment de nombreux blocs, cailloux et débris de silex. En surface, on trouve souvent une couche dure de quelques mètres au plus, composée de calcaire entourant des cailloux, appelée croûte calcaire. [39]

Tableau 14:Forage sen exploitation de la nappe Pliocène. [37]

Commune	Nomduforage	Coordonnéeslambert		Prof(m)	Débitexp (l/s)
		X	Y		
Tadjenanet	F,Djahli	799,225	307	180	2

- **Nappe Crétacé:**

Ces formations, composées principalement de carbonates, se trouvent en bordure des plaines, formant des reliefs sous forme de massifs. Elles sont recouvertes par une épaisseur importante de formations plio-quaternaires. [39]

Tableau 15:Forages en exploitation de la nappe Crétacé. [37]

Commune	Nom du forage	Coordonnées lambert		Prof(m)	Débitexp (l/s)
		X	Y		
Taleghma	AinChadi2	825,100	317,500	/	/
Grarem	Houima	837,250	365,100	180	/
Ain Tin	Ain Tin1	825,800	349,000	210	/
	Ain Tin2	825,650	349,000	280	40
	Ain Tin3	824,760	348,460	300	15
Débit exploité total					55

- **Nappe Miocènesupérieur:**

Cette nappe est principalement constituée de grès, de conglomérats et de bancs de calcaires lacustres, qui présentent généralement une épaisseur et une extension limitées. De plus, ces formations montrent des changements rapides de faciès sur des distances latérales. [39]

Tableau 16:Forages en exploitation de la nappe Miocène supérieur. [37]

Commune	Nom du forage	Coordonnées lambert		Prof(m)	Débit exp (l/s)
		X	Y		
S, Merouane	Bouyoucef	819,000	362,800	48	3
	Fedjkheroub	820,050	362,400	120	7
Débit exploité total					10

- **Nappe Oligocène :**

Tableau 17:Forages en exploitation de la nappe Oligocène. [37]

Commune	Nom du forage	Coordonnées lambert		Prof(m)	Débit exp (l/s)
		X	Y		
Chigara	AinStaif	815,800	369,500	164	6
	R'maill	817,364	396,023	220	8
	R'mailll	817,542	368,937	120	15
	R'maillll	817,633	368,920	140	59
Amira	Tassaft	801,027	366,748	200	2
T, Beinen	Merd jEl Guared	806,434	366,320	200	8
	Dar El Hamra	810,075	369,385	168	10
	Zaarouza	804,246	366,490	90	2
Débit exploité total					110

- **Les puits :** Des ouvertures de grande taille, généralement circulaires et munies de parois, excavées dans le sol pour accéder à la nappe aquifère souterraine (nappe libre ou phréatique). Le nombre de puits répertoriés dans la wilaya de Mila est de 40, produisant un volume total de 1.500.000 m³ par an. Ils sont principalement situés dans la partie méridionale de la wilaya. [37]
- **Les forages :** Un ensemble d'opérations visant à creuser un trou de diamètre variable,

généralement vertical, utilisé à des fins scientifiques ou économiques pour exploiter les eaux profondes. Dans la wilaya de Mila, il y a actuellement 150 forages, produisant un volume total de 10.400.000 m³ par an. Ils sont également concentrés dans la partie méridionale de la wilaya. [37]

- **Sources** : Des endroits où l'eau souterraine apparaît et s'écoule à la surface du sol, toujours associés à la présence d'une nappe aquifère, et pouvant être situés sur les parois ou le toit du réservoir aquifère. Le nombre de sources répertoriées dans la wilaya de Mila est de 312, produisant un volume total de 7.324.948,48 m³ par an. Elles sont principalement localisées dans la partie méridionale de la wilaya. [37]

III.3. Les ressources non conventionnelles

Lorsque les ressources en eau naturelle conventionnelles commencent à se tarir, la forte croissance de la demande et le besoin en eau douce ont stimulé des avancées technologiques considérables.

Il n'y a pas si longtemps, il semblait inconcevable de boire de l'eau de mer ou de traiter nos propres eaux usées pour en faire de l'eau potable. Cependant, grâce aux progrès scientifiques et à une volonté soutenue d'innover, nous sommes désormais capables de produire de l'eau douce à partir de sources non conventionnelles, telles que la désalinisation de l'eau de mer ou le recyclage des eaux usées. [40]

III.3.1. Les infrastructures de traitement dans la Wilaya de Mila

III.3.1.1. Station de traitement d'Ain Tinn

Située sur les marges septentrionales des hautes plaines au Nord-Est de l'Algérie, à une dizaine de kilomètres à l'Est de la ville de Mila, la station d'Ain Tinn fait partie du projet de transfert des eaux du barrage de Beni Haroun. Son objectif est de produire suffisamment d'eau potable pour l'ensemble de l'agglomération de Mila et ses communes, ainsi que pour approvisionner en eau potable les villes de Mila, Constantine et les régions avoisinantes. [41]

La station d'Ain Tinn est alimentée en eau brute par gravité à partir du barrage de

Beni Haroun, situé à environ 20 kilomètres en amont de la station. [42]

Sa capacité nominale est de 64 500 m³/j, basée sur un approvisionnement en eau brute de 67 725 m³/j et un débit maximal d'eau de lavage recyclé de 5%. [42]



Figure20:Vue générale sur la station d'Ain tinn . [43]

III.3.1.2 Station de traitement d'Oued El Athmania

La station Oued Athmania a une capacité nominale de 262 000 m³/j, basée sur un approvisionnement en eau brute de 276 000 m³/j. Elle est alimentée par gravité à partir du barrage de Sidi Khelifa (Ouled El Kaim), qui est lui-même exclusivement alimenté par le barrage de Beni Haroun. La superficie occupée par la station est de 6 hectares. [44]



Figure21: Vue générale sur la station d'Oued Al Athmania. [44]

III.3.2. Les infrastructures d'épuration de la Wilaya de Mila

III.3.2.1. Station d'épuration du Sidi Merouane

La station d'épuration de Sidi Merouane est située à 12 km au Nord-Ouest de la Wilaya de Mila. Mise en service le 20/08/2009, elle a une capacité de 137 000 EQ. Cette station a pour mission d'épurer les eaux usées rejetées juste en amont du barrage Beni Haroun afin de résoudre les problèmes de pollution du milieu récepteur. Son objectif principal est de protéger le barrage de Beni Haroun contre toute forme de pollution, étant donné que ce barrage fournit de l'eau potable à six Wilayas de l'Est de l'Algérie. Le procédé d'épuration utilisé est le traitement par boues activées à faible charge. [45]



Figure22: Vue sur la station d'épuration des eaux usées Sidi Merouane . [43]

III.3.2.2 Station d'épuration de Ferdjioua

La station d'épuration de Ferdjioua est située au Nord-Est de la commune d'Ain Baida dans la wilaya de Mila. Son objectif principal est de traiter les eaux usées provenant des communes d'Ain Baida et de Ferdjioua, puis de les rejeter dans l'oued de Bousslah, où elles seront ensuite acheminées vers le barrage de Beni Haroun.

Cette station est dimensionnée pour traiter les déchets de 80 000 habitants, ce qui renforce le secteur des ressources en eau et garantit une protection efficace du barrage de Beni Haroun contre les risques de pollution, tout en favorisant le développement des investissements agricoles. [35]



Figure 23: Vue générale sur la station de Ferdjoua. [43]

III.4. Mobilisations des ressources en eau : Ce titre est inspiré de l'article de [46]

La mobilisation des ressources en eau constitue une préoccupation majeure pour les autorités publiques et les collectivités locales, car l'accès à l'eau est un élément essentiel au développement économique.

III.4.1. Les sources naturelles

Bien que présentes, les sources naturelles ne jouent pas un rôle significatif en raison de leur faible débit et des risques élevés de pollution. À l'échelle de la wilaya, on recense 415 sources avec un débit total de 11 633 315 m³ par an.

III.4.2. Les puits

La wilaya compte 57 puits exploités, principalement localisés dans sa partie méridionale, avec un débit total de 6 685 632 m³ par an.

III.4.3. Les forages

Actuellement, la wilaya dispose de 87 forages en activité, situés également dans sa partie méridionale, avec un débit total de 38 640 430 m³ par an.

III.4.4. Le barrage de Béni Haroun

Le barrage de Béni Haroun est un projet d'envergure nationale visant à assurer l'irrigation et la mise en valeur des terres des Hautes Plaines Constantinoises, ainsi que l'approvisionnement en eau potable des villes et agglomérations urbaines de la région. Ce barrage, actuellement opérationnel, est alimenté par un bassin versant de 8815 km². Son volume mobilisable est de 795 millions de mètres cubes, dont 588 millions de mètres cubes sont régularisables et utilisables. Le plan d'eau du barrage couvre une superficie de 3640 hectares.

Les volumes régularisables sont destinés à différentes fins, notamment l'irrigation d'une superficie agricole de 36 000 hectares dans les Hautes Plaines Constantinoises, ainsi que la satisfaction des besoins en eau potable des wilayas de Constantine, Jijel, Mila, Oum El Bouaghi, Khenchela et Batna. De plus, le barrage contribue à la protection de l'agglomération d'El Milia en minimisant et en ralentissant la vitesse des eaux.

La construction du barrage de Béni Haroun a été entamée en 1990 et a suscité des conflits avec les propriétaires fonciers locaux en raison de l'expropriation des terres inondables. Cependant, ces résistances ont été limitées, car les autorités politiques ont souligné l'importance stratégique de cet ouvrage pour le développement local et la résolution de la crise de l'eau potable.

Conclusion

Ce chapitre explore les différentes ressources hydriques de la Wilaya de Mila, mettant en lumière les barrages, les réservoirs, les stations d'épuration et de traitement. Ces infrastructures revêtent une importance cruciale dans la gestion durable des ressources en eau de la région. Les barrages et les réservoirs régulent le débit d'eau, assurant ainsi un approvisionnement constant.

Les stations d'épuration contribuent à la préservation de l'environnement et des ressources en eau, tandis que les stations de traitement garantissent la qualité de l'eau potable pour les habitants.

Les eaux souterraines représentent également des réserves précieuses, nécessitant une exploitation rationnelle et durable. Ainsi, bien que la Wilaya de Mila bénéficie d'un vaste potentiel hydrique, une gestion efficace et durable est indispensable pour préserver l'équilibre écologique et assurer l'accès équitable à ces ressources pour tous.

Chapitre IV

DEMANDE EN EAU DANS LA WILAYA DE MILA

Introduction

Ce chapitre IV porte sur la demande en eau dans la wilaya de Mila. Il examine les différents besoins en eau, tels que les besoins domestiques, agricoles et industriels, ainsi que les sources d'eau disponibles pour répondre à ces besoins.

Le chapitre met également en évidence les défis auxquels la région est confrontée en termes de gestion de l'eau, tels que la pénurie d'eau, la contamination des sources d'eau et les variations saisonnières de la demande en eau.

Enfin, le chapitre examine l'évolution de la demande en eau dans la région et les facteurs qui influencent cette évolution, tels que la croissance démographique, le développement économique et les changements climatiques.

IV.1. Algérienne Des Eaux(ADE)

IV.1.1. Introduction

L'Algérienne des Eaux (ADE) est l'entreprise publique chargée de la production et de la distribution de l'eau potable en Algérie. Dans le cadre de ce chapitre, nous allons nous intéresser à l'ADE dans la wilaya de Mila, en examinant sa capacité de production et de distribution d'eau potable, ainsi que ses défis en termes de gestion de l'eau. Nous allons également examiner les sources d'eau disponibles pour l'ADE dans la région et les mesures prises pour assurer un approvisionnement en eau sûr et durable pour la population de la wilaya de Mila. Enfin, nous allons évaluer l'impact de l'ADE sur la gestion de l'eau dans la région et les opportunités pour améliorer la gestion de l'eau dans le futur.

L'Etablissement produit et distribue 5.5 millions de mètres cube d'eau potable par jour, pour alimenter plus de 28.5 millions d'habitants, à travers le territoire national. L'eau produite et distribuée par l'ADE, provient de trois différentes sources, à savoir : les eaux souterraines à hauteur de 45%, les eaux de surface, à hauteur de 39% et les eaux dessalées à hauteur de 16%

englobe quinze (15) Zones réparties en quarante-quatre (44) Unités de wilaya, qui sont en charge de la gestion directe de l'AEP, de 1010 communes, sur les 1541 communes du pays

IV.2. Les besoins de L'eau dans la wilaya de Mila

IV.2.1. Les besoins domestiques

IV.2.1.1. Les communes gérées par l'ADE [47]**Tableau18: les communes gérées par l'ADE[47]**

communes	Population totale	Population desservie
Graremgougua	49 027	48 485
Ain tinn	9 626	9 489
hamala	13 149	12 005
Sidi merouane	27 640	27 212
ferdjioua	56 718	56 718
Oued endja	23 378	22 484
rouached	31 427	30 948

Ahmed rachdi	19 155	18 394
Chelghoumelaïd	102 056	99 874
Oued athmania	49 199	39 994
telaghma	60 043	55 625
Oued segan	16 809	13 077
tadjenanet	68 929	59 780
bouhatem	24 764	15 039
DerahiBousselah	12 482	3 645
Amira Arras	22 563	17 228

Terai Bainane	27 799	20 334
Tiberguent	11 215	9 983
Zeghaia	20 947	20 850
BeniGuecha	14 431	14 431
SidiKhelifa	5 863	3 785
AinBeidaHarriche	24 267	22 354
Mila	79 435	78 976

Le tableau 18 présente les communes de la wilaya de Mila qui sont gérées par

l'Algérienne des Eaux (ADE), une entreprise publique chargée de la production et de la distribution de l'eau potable. à partir des données du tableau on peut constater que :

1. Le tableau liste 15 communes de la wilaya de Mila qui sont gérées par l'ADE, avec des informations sur la population totale et la population desservie par l'ADE dans chaque commune.
2. La commune de Grarem Gouga a la population totale la plus élevée parmi les communes gérées par l'ADE, avec 49 027 habitants, suivie de la commune de Chelghoum El Aïd avec 102 056 habitants.
3. La commune de Derraji Bousselah a la population desservie la plus faible parmi les communes gérées par l'ADE, avec seulement 3 645 habitants sur une population totale de 12 482 habitants.
4. Les autres communes ont des populations totales et des populations desservies variables, avec des taux de couverture de l'eau potable allant de 48% (Ain Tinn) à 99% (Mila).

Ces données montrent que l'ADE joue un rôle important dans la fourniture de l'eau potable aux habitants de la wilaya de Mila. Cependant, il est important de noter que certaines communes ont des taux de couverture de l'eau potable relativement faibles, ce qui peut indiquer des défis en termes d'infrastructure et de gestion de l'eau. Une planification et une gestion efficaces de l'eau sont nécessaires pour répondre aux besoins croissants de la population en termes d'eau potable et assurer la durabilité des ressources en eau de la région.

IV.2.1.2. Production de l'eau dans la wilaya

**Tableau 19: Production de l'eau dans chaque commune 2022
de la Wilaya de Mila [48]**

Commune	Volume produit réel (m ³ /an)	Volume Distribué (m ³ /an)	Volume produit - Volume Distribué (m ³ n)

Oued Athmania	2 851463	2 374325	477 138
OuedSeguen	1 159937	881110	278 827
Tadjenanet	2 717981	2 256795	461 186
Tiberguent	815625	594950	220 675
Zeghaia	1 531549	1 207420	324 129
Mila	6 373591	5 472445	901 146
Grarem- Gouga	2 734456	2 288915	445 541
AinTinn	747187	572320	174 867
SidiMerouane	1 466076	1 295385	170 691
Ferdjioua	2 650889	2 452070	198 819
OuedEndja	1 745210	1 667320	77 890
Rouached	1 112901	963965	148 936
AhmedRache di	892627	709925	182 702
Beni-Guecha	1 004437	736570	267 867
Chelghoum Laid	5 844540	4 084350	1 760 190
Teleghma	4 333155	3 158345	1 174 810
Hamala	218849	213890	4 959
SidiKhelifa	281348	278130	3 218
AmiraArres	305457	225935	79 522
TerraiBeinen	429809	318280	111 529
AinBeida Harrich	579490	569400	10 090
Derrahi Bouslah	203876	189800	14 076
Bouhatem	406653	393105	13 548

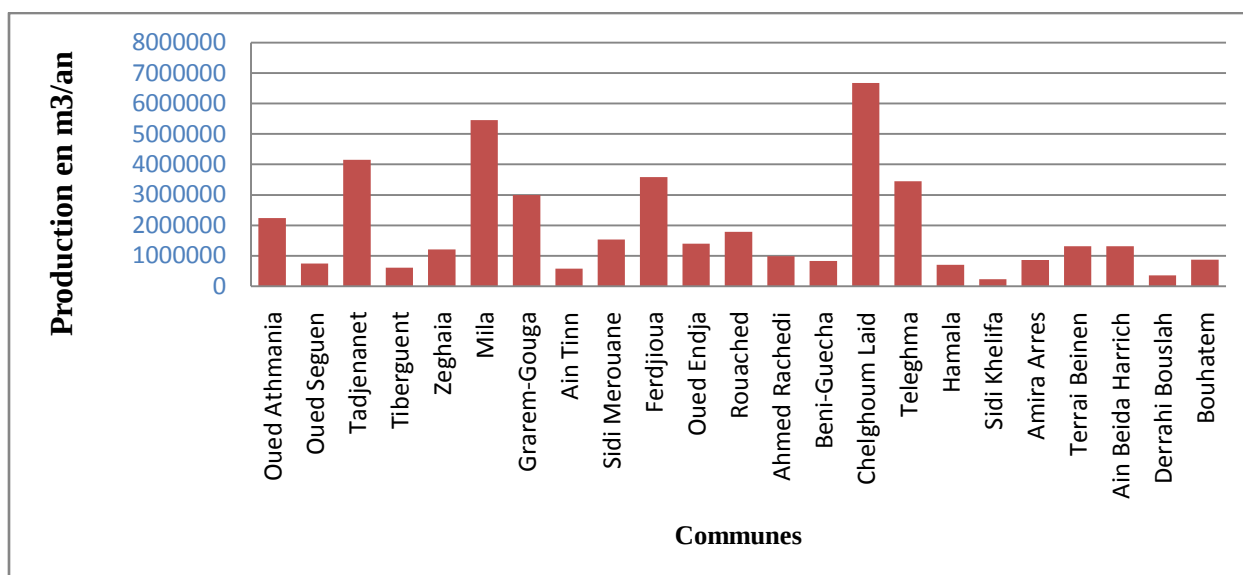


Figure24:Production de l'eau de chaque commune en m³/an

La figure 24 représente la production d'eau potable en mètres cubes par an (m^3/an) dans chaque commune de la wilaya de Mila:

La commune de Mila a la plus grande production d'eau potable avec environ 6,4 millions de m^3/an , suivie de la commune de Chelghoum El Aïd avec environ 5,8 millions de m^3/an .

La commune de OuedAthmania a la plus faible production d'eau potable avec environ 49 000 m^3/an , suivie de la commune de Derrahi Bouselah avec environ 12 500 m^3/an .

Les autres communes ont des productions d'eau potable variables, allant d'environ 1,2 million de m^3/an (Oued Seguen) à environ 2,7 millions de m^3/an (Tadjenanet).

On peut observer une répartition relativement inégale de la production d'eau potable entre les différentes communes, avec certaines communes produisant une quantité importante d'eau potable et d'autres produisant une quantité relativement faible.

Ces données montrent que la production d'eau potable dans la wilaya de Mila est répartie de manière inégale entre les différentes communes, avec certaines communes produisant une quantité importante d'eau potable et d'autres produisant une quantité relativement faible

La production totale d'eau potable dans la wilaya de Mila est suffisante pour répondre à la demande en eau potable de la population, mais une gestion efficace de l'eau est nécessaire

pour assurer la durabilité des ressources en eau de la région.

Il est également important de noter que la production d'eau potable peut varier en fonction des conditions météorologiques et des besoins de la population, ce qui nécessite une planification et une gestion flexibles de l'eau.

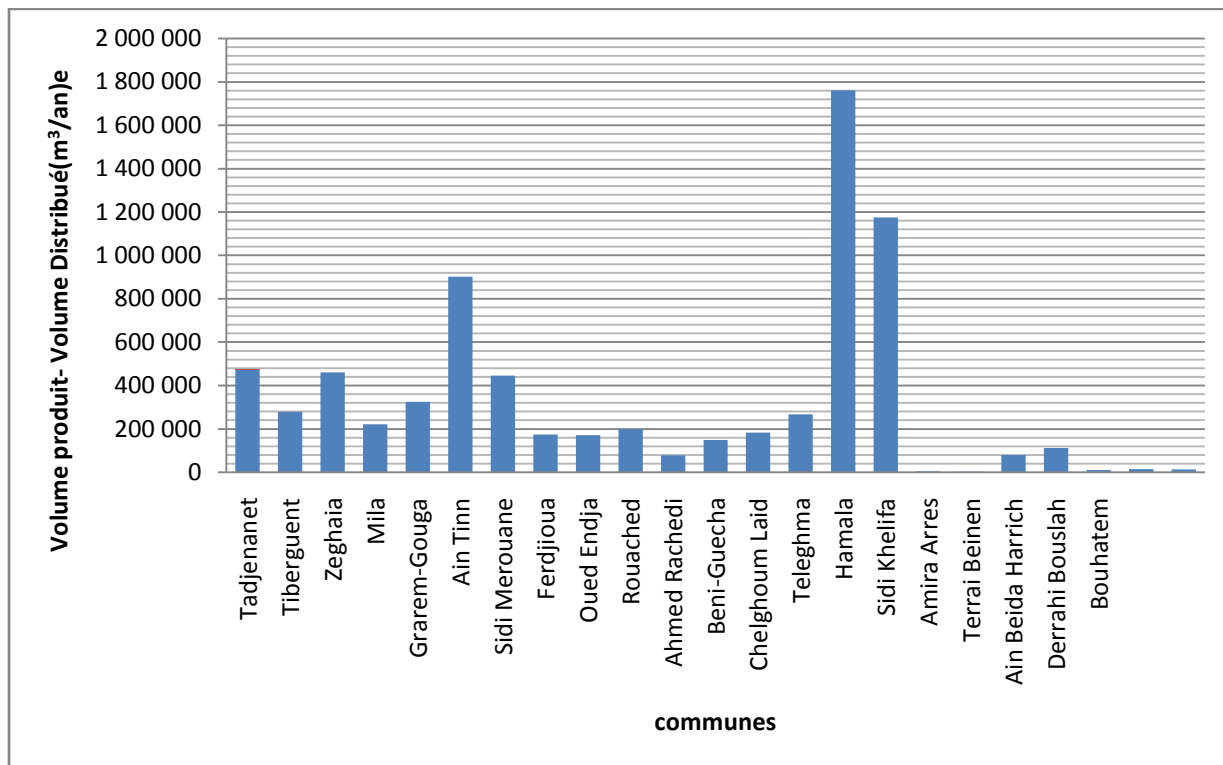


Figure 25: Volume produit- Volume Distribué (m³/an)

La figure 25 représente la différence entre le volume produit et le volume distribué d'eau potable en mètres cubes par an (m³/an) pour chaque commune de la wilaya de Mila. Voici quelques observations à partir de la figure :

La commune de Oued Athmania a la plus grande différence entre le volume produit et le volume distribué, avec un excédent de 477 138 m³/an. Cela peut indiquer une surproduction d'eau potable dans cette commune.

La commune de Derrahi Bouslah a la plus petite différence entre le volume produit et le volume distribué, avec un déficit de 14 076 m³/an. Cela peut indiquer une sous-production d'eau potable dans cette commune.

Les autres communes ont des différences variables entre le volume produit et le volume distribué, avec certaines communes ayant un excédent et d'autres ayant un déficit.

On peut observer que la plupart des communes ont un excédent de production d'eau potable, ce qui peut indiquer une surcapacité de production ou une sous-consommation d'eau potable dans certaines communes.

Ces données montrent que la production d'eau potable dans la wilaya de Mila dépasse généralement la demande en eau potable dans certaines communes, tandis que d'autres communes peuvent avoir une production insuffisante pour répondre à la demande. Une gestion efficace de l'eau est nécessaire pour assurer une utilisation optimale des ressources en eau et pour éviter les pertes inutiles d'eau potable. Il est également important de surveiller les tendances de la production et de la distribution d'eau potable pour identifier les problèmes potentiels et prendre des mesures pour y remédier.

IV.2.1.3. Consommation de l'eau dans la wilaya

Tableau20: Consommation actuel de chaque commune [48]

commune	consommation actuelles en hm ³ /an
Ferdjioua	0.991
Ain El Beida Ahriche	0.454
Derradjbouslah	0.05
Yahia Ben Guecha	0.142
Bouhatem	0.112
SidiMerouane	0.448
Chigarra	0.27
Tessala	0.102
Rouached	0.684
TerraiBeinen	0.529
Zeghaia	0.062
AmiraArres	0.282
OuedEndja	0.521
Ahmed Rachedi	0.22

Tiberguent	0.51
------------	------

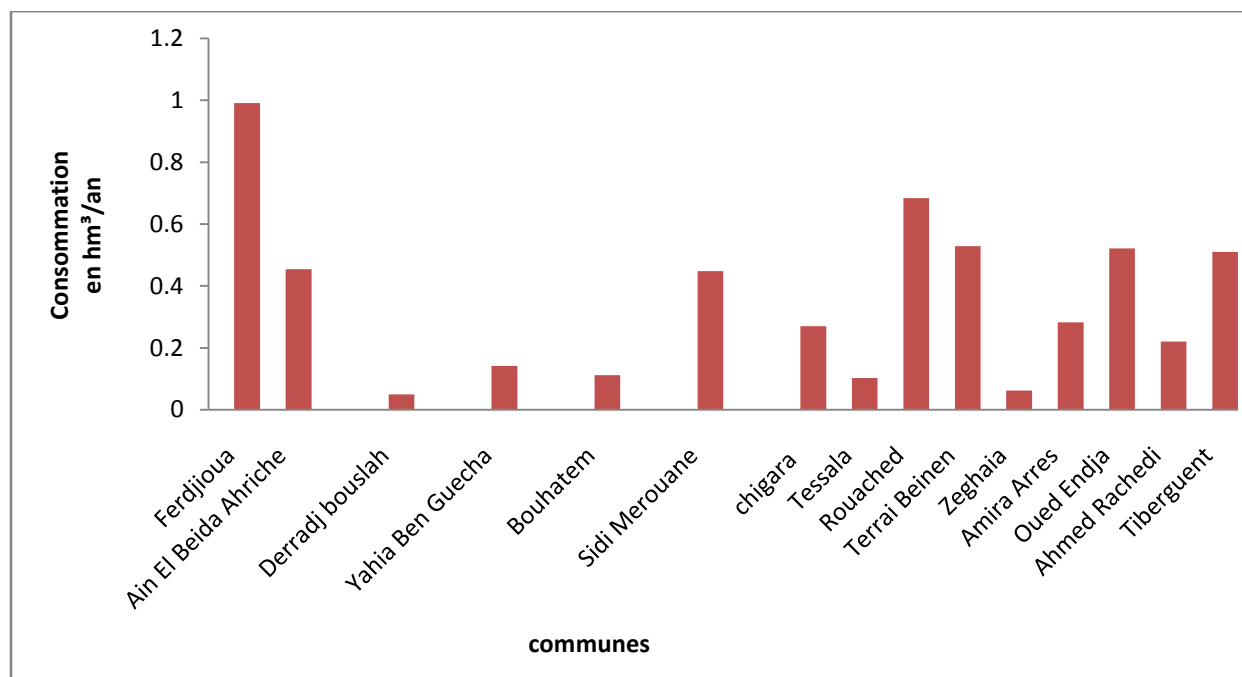


Figure26: Consommation actuel de chaque commune

La figure 26 présente la consommation d'eau actuelle de chaque commune de la wilaya de Mila. Les volumes consommés sont exprimés en hectomètres cubes par an (hm^3/an). Voici quelques observations à partir des données du tableau et de figure :

La commune de Ferdjioua a la plus grande consommation d'eau avec $0,991 \text{ hm}^3/\text{an}$, suivie de la commune de Oued Enndja avec $0,448 \text{ hm}^3/\text{an}$.

Les communes de Ahmed Rachedi, Tiberguent et Bouhatem ont une consommation d'eau relativement faible, avec respectivement $0,22 \text{ hm}^3/\text{an}$, $0,51 \text{ hm}^3/\text{an}$ et $0,112 \text{ hm}^3/\text{an}$.

Les autres communes ont des consommations d'eau comprises entre $0,05 \text{ hm}^3/\text{an}$ (Derradj Bouslah) et $0,27 \text{ hm}^3/\text{an}$ (Chigara).

Il est important de noter que ces chiffres représentent la consommation actuelle d'eau dans chaque commune, mais ils ne prennent pas en compte l'évolution de la demande en eau due à la croissance démographique, au développement économique et aux changements climatiques.

La gestion de l'eau dans la wilaya de Mila nécessite donc une planification et une

gestion efficaces pour répondre aux besoins actuels et futurs de la population et de l'industrie.

IV.2.2. Besoins agricoles

La région de Mila et particulièrement la région d'étude connue comme étant une région à vocation agricole par excellence .Elle recèle d'importantes potentialités dans ce secteur. Le relief et le climat déterminent les activités dominantes : cultures céréalières et fourragères (avec une jachère largement pratiquée), arboriculture en zones montagneuses. L'élevage occupe une place importante dans l'activité agricole de la région Cependant, la superficie agricole utile du sous bassin étudié est de 78521 hectares avec une superficie irriguée de 1778 hectares. [49]

Tableau21:Superficie Agricole par rapport Superficie irriguée [49]

communes	Superficie Agricole (ha)	Superficie irriguée(ha)
Ferdjioua	3662	234
Oued Enndja	5116	105
Ahmed Rachedi	6547	35
Tiberguent	4405	0
Bouhatem	7717	52
Rouached	5755	145
TessalaLemtai	3362	85
Sidi Merouane	2454	46
DerradjiBousselah	9562	105
AmiraArres	5081	154
Terrai Beinen	4147	249
Zeghaia	3609	172
Ain El BeidAhriche	5182	141
Yahia Beni Guecha	2821	89
Chigara	1581	30

Le tableau 21 présente la superficie agricole totale et la superficie irriguée dans chaque commune de la wilaya de Mila. On constate à partir des données du tableau que :

1. La commune de Ferdjioua a la plus grande superficie agricole totale avec 3662 hectares, suivie de la commune de Oued Enndja avec 5116 hectares.
2. La commune de Ahmed Rachedi a la plus grande superficie irriguée avec 35 hectares, suivie de la commune de Oued Enndja avec 105 hectares.
3. Les communes de Tiberguent et Bouhatem ont des superficies irriguées relativement faibles, avec respectivement 0 hectares et 52 hectares.
4. Les autres communes ont des superficies irriguées comprises entre 0 et 172 hectares.

Il est important de noter que la superficie irriguée représente une partie de la superficie agricole totale. Cela signifie que dans certaines communes, une grande partie des terres agricoles est irriguée, tandis que dans d'autres, la majorité des terres agricoles dépendent de la pluie pour l'irrigation.

Ces données soulignent l'importance de l'irrigation dans l'agriculture de la wilaya de Mila. Une gestion efficace de l'eau d'irrigation est essentielle pour soutenir la production agricole et assurer la sécurité alimentaire dans la région.

IV.2.3. Besoins industriels

En ce qui concerne l'industrie, la majeure partie de l'activité industrielle est regroupée dans une zone industrielle unique située dans la commune de Ferdjioua. Par conséquent, le secteur industriel se classe au troisième rang en termes de consommation d'eau, après les besoins domestiques (AEP) et l'irrigation.[49]

On peut citer comme activités industrielles :

Industrie agro- alimentaire : transformation des céréales

Fabrication des chauffages (domestiques) à gaz.

Les ressources en eau qui approvisionnent les unités industrielles implantées dans le sous-bassin proviennent essentiellement des forages et du réseau d'AEP

L'utilisation de l'eau par le secteur industriel est méconnue car beaucoup d'entreprises ne déclarent pas qu'elles consomment l'eau du réseau public.

Tableau22: Besoins en eau dans la zone industrielle (commune de Ferdjioua) [49]

Nom de l'unité	Type d'activité	Volume consommé(m3/j)
SO.NA.R.I.C.	Production des chauffages à gaz	1,5
Les moulins Beni Haroun (ERIAD Ferdjioua)	Transformation des céréales	18

IV.3. Evolution de la demande

L'évolution de la demande en eau peut être influencée par de nombreux facteurs, notamment la croissance de la population, le développement économique, les pratiques agricoles, l'urbanisation, les changements climatiques et les politiques gouvernementales. Voici quelques tendances générales qui pourraient influencer cette évolution :

IV.3.1. Croissance de la population

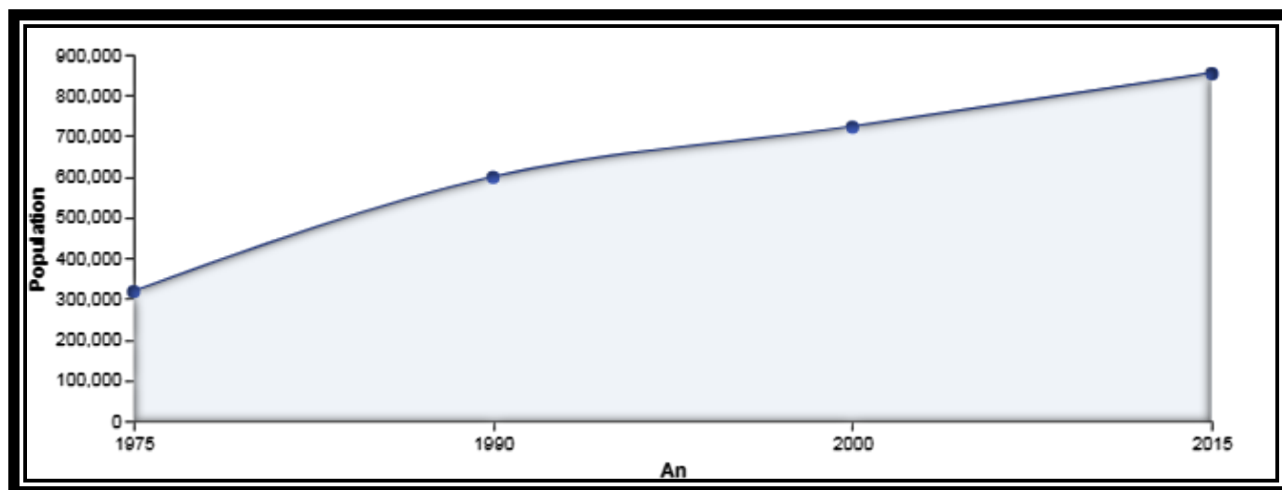


Figure27: Croissance de la population Croissance de la population depuis 1975 jusqu'à 2015

Le graphe représente la croissance de la population de la wilaya de Mila de 1975 à 2015. On peut tirer quelques observations à partir du graphe :

1. La population de la wilaya de Mila a connu une croissance régulière au cours de la période considérée, passant d'environ 500 000 habitants en 1975 à plus d'un million d'habitants en 2015.
2. La croissance de la population a été particulièrement rapide dans les années 1980 et 1990, avec une augmentation moyenne d'environ 50 000 habitants par an.
3. Dans les années 2000, la croissance de la population a ralenti, avec une augmentation moyenne d'environ 20 000 habitants par an.
4. Depuis 2010, la croissance de la population semble s'être stabilisée, avec une augmentation annuelle d'environ 10 000 habitants.

Ces données montrent que la wilaya de Mila a connu une croissance démographique significative au cours des dernières décennies, avec une augmentation de plus de 100% de la population entre 1975 et 2015. Cette croissance démographique a des implications importantes pour la demande en eau, l'urbanisation, l'emploi et les services publics dans la région. Une planification et une gestion efficaces sont nécessaires pour répondre aux besoins croissants de la population en termes d'eau, d'infrastructures et de services.

IV.3.2. Développement économique

En raison de l'amélioration du niveau de vie, de nombreuses personnes partout dans la wilaya ont besoin d'eau pour répondre à la demande croissante d'irrigation des cultures – parallèlement à la production industrielle et à la fabrication de biens qui dépendent principalement de l'utilisation de l'eau

IV.3.3. Changement climatique

Le changement climatique affecte la demande en eau en modifiant l'approvisionnement et la distribution de l'eau. Par exemple, des sécheresses plus fréquentes ou des précipitations irrégulières peuvent nécessiter des ajustements dans la gestion de l'eau et les pratiques agricoles

IV.3.4. Pratiques agricoles

Les pratiques agricoles, notamment les techniques d'irrigation utilisées, ont un impact significatif sur les besoins en eau. De mauvaises pratiques d'irrigation peuvent entraîner une perte d'eau, tandis que des pratiques telles que l'irrigation ou l'irrigation peuvent améliorer l'utilisation de l'eau.

Conclusion

Notre recherche fait dans ce chapitre montre que la demande en eau dans la wilaya de Mila dépasse largement l'offre en eau, ce qui entraîne des pénuries d'eau et une pression accrue sur les ressources en eau de la région.

Les besoins en eau domestique, agricole et industrielle sont tous en augmentation, ce qui nécessite une gestion efficace de l'eau pour répondre à ces besoins.

Les sources d'eau disponibles, telles que les eaux souterraines et les eaux de surface, sont également soumises à des pressions croissantes, ce qui nécessite des efforts pour protéger et préserver ces ressources.

Enfin, l'évolution de la demande en eau dans la région montre que des mesures doivent être prises pour assurer la durabilité des ressources en eau et répondre aux besoins croissants de la population en eau potable. Une planification et une gestion efficaces de l'eau sont donc essentielles pour assurer un approvisionnement en eau sûr et durable pour les générations futures.

Chapitre V

Gestion des ressources hydriques

Introduction

L'eau est une ressource vitale pour la vie humaine, l'agriculture, l'industrie et la santé publique en Algérie, la gestion des ressources hydriques est un enjeu majeur en raison de la rareté de cette ressource précieuse et des défis croissants posés par le changement climatique, la croissance démographique et le développement économique.

Dans ce contexte, ce chapitre se propose d'analyser les différentes institutions et acteurs impliqués dans la gestion des ressources hydriques en Algérie, ainsi que les législations et réglementations en vigueur. Nous examinerons également les outils et instruments de gestion mis en place pour faire face à la crise de l'eau, tels que le dessalement de l'eau de mer et les transferts d'eau inter-régions.

V.1. Institution et acteurs

Dans le cadre des réformes institutionnelles, le ministère des Ressources en Eau a décidé de créer des établissements publics économiques pour remplacer les anciens établissements publics chargés de l'eau et de l'assainissement sur tout le territoire national.

Ces deux institutions sont l'Algérienne des Eaux et l'Office National de l'Assainissement, créés en 2001, sous la forme d'établissements publics à caractère industriel et commercial en raison de la flexibilité inhérente à ce type d'institutions.

V.1.1. Algérienne Des Eaux (ADE)

Fondée par le décret exécutif n° 01 du 21 avril 2001, l'Algérienne des Eaux est une institution publique nationale à caractère industriel et commercial, jouissant de la personnalité morale et de l'indépendance financière Placée sous la tutelle du Ministère des Ressources en Eau, elle exerce les fonctions suivantes :

- ♦ Assurer la fourniture d'eau aux citoyens dans des conditions acceptables au niveau international et viser à répondre à la demande maximale des utilisateurs du réseau d'eau public.
- ♦ Exploiter les systèmes et installations permettant la production, le traitement, la transformation, le stockage et la distribution d'eau potable et d'eau industrielle.
- ♦ Normaliser et surveiller la qualité de l'eau distribuée.

- ♦ Recourir à des agents assermentés de la police de l'eau dans le but de protéger les ressources en eau conformément à la loi sur l'eau.
- ♦ Entreprendre toute action visant à économiser l'eau en améliorant l'efficacité des réseaux de distribution, en luttant contre le gaspillage et en promouvant la culture de l'économie de l'eau dans les services publics éducatifs.
- ♦ Étudier toute mesure relevant de la politique de tarification de l'eau et proposer cela à l'autorité de tutelle.
- ♦ Développer des sources d'eau non conventionnelles en cas de besoin .
- ♦ Réglementer la gestion de la concession du service public de l'eau accordée aux personnes morales publiques ou privées pour le compte de l'État ou des collectivités locales.

L'Algérienne des Eaux, dans le cadre de la politique nationale de développement, est chargée de garantir la mise en œuvre de la politique nationale de l'eau potable sur l'ensemble du territoire national en assurant la gestion des activités de production, de traitement, de transport, de stockage, de pompage, de distribution et d'approvisionnement en eau potable et en eau industrielle.(50)[50]

V .1.2 . Office National De l'Assainissement (ONA)

Le 21 avril 2001, le Département National de l'Assainissement a été établi par décret exécutif numéro 01, en parallèle avec la création de l'Entreprise Publique Algérienne de l'Eau en tant qu'entité publique nationale à vocation industrielle et commerciale, bénéficiant de la personnalité morale et de l'indépendance financière.

Cette entreprise relève du Ministère des Ressources en Eau et assume les responsabilités suivantes en remplacement des organismes dissous chargés de l'eau et de l'assainissement.

- ♦ Garantir la conservation des ressources hydriques à travers tout le territoire national et mettre en œuvre la politique nationale d'assainissement .
- ♦ Combattre toute source de pollution de l'eau dans les zones relevant de sa compétence, gérer les installations d'assainissement, les exploiter, les entretenir et les réhabiliter, en particulier les réseaux de collecte des eaux usées, les stations de pompage, les stations de traitement et les déversoirs vers la mer et dans les zones urbaines.
- ♦ Valoriser les ressources issues des eaux traitées et les commercialiser.
- ♦ Concevoir et réaliser les projets liés au traitement des eaux usées et à la gestion des eaux pluviales.
- ♦ Faire appel aux agents de police de l'eau assermentés pour protéger les ressources en eau et les systèmes d'assainissement.
- ♦ Étudier et recommander à l'autorité de tutelle une politique de tarification et de redevances dans le domaine de l'assainissement, ainsi que sa mise en œuvre.

Il est important de souligner que l'Algérienne des Eaux et l'Office National de l'Assainissement ont été établis pour remplacer toutes les institutions et autorités publiques nationales, régionales et locales dans leur mission de service public de production d'eau potable et d'assainissement (conformément à l'article 29 du décret exécutif 101).

Cela concerne notamment :

- ♦ L'Agence Nationale de l'Eau Potable, Industrielle et d'Assainissement.
- ♦ Les établissements publics nationaux ayant une compétence régionale dans la gestion de l'eau et de l'assainissement - 26 établissements.

- ♦ Les établissements de distribution d'eau domestique, industrielle et d'assainissement dans la wilaya (9 établissements).
- ♦ Les agences et services municipaux chargés de la gestion de la distribution d'eau et des systèmes d'assainissement

Étant donné que cette restructuration implique des obligations financières, l'article 32 précise que le traitement des dettes dues fera l'objet d'une étude conjointe entre le ministère des Finances et le ministère des Ressources en eau pour ce qui est des institutions nationales, et avec le ministère des Affaires locales pour ce qui est des institutions relevant des collectivités locales, sur la base de l'évaluation financière des institutions à liquider.[51]

V .1.3 .L'Agence Nationale des Barrages et des Transferts (ANBT)

est un organisme gouvernemental algérien spécialisé dans la mise en œuvre et la gestion des grands projets hydrauliques dans le pays. L'agence a été créée pour exécuter une stratégie nationale visant à améliorer la gestion des ressources en eau et à renforcer la sécurité hydrique en Algérie.

Son domaine d'intervention comprend la construction de barrages, grands et petits, le développement de canaux et de voies navigables, ainsi que la construction d'autres structures hydrauliques pour la déviation, le stockage et le transfert de l'eau.

L'agence vise à atteindre plusieurs objectifs :

- ♦ Fournir de l'eau aux populations et à l'agriculture : L'ANBT construit des barrages et des transferts pour garantir la disponibilité de l'eau pour divers usages tels que l'eau potable et l'irrigation agricole.
- ♦ Générer de l'électricité hydroélectrique : Les barrages sont utilisés pour produire de l'électricité hydroélectrique grâce au fonctionnement des centrales de production d'électricité associées.
- ♦ Contrôle et atténuation des inondations : Les barrages et autres structures hydrauliques sont utilisés pour le contrôle et l'atténuation des inondations, ainsi que pour une distribution de l'eau plus efficace.

- ♦ Stockage d'eau : Le stockage d'eau dans les barrages est utilisé pour garantir la disponibilité des approvisionnements en eau pendant les périodes de sécheresse et de pénurie.
- ♦ Promouvoir le développement économique : La construction de barrages et de structures hydrauliques contribue à soutenir le développement économique en fournissant des ressources en eau pour l'agriculture, l'industrie et le tourisme.

L'Agence Nationale des Barrages et des Transferts est considérée comme une partie cruciale de l'infrastructure hydraulique de l'Algérie et joue un rôle significatif dans le renforcement de la durabilité du secteur de l'eau et dans la réalisation de la sécurité hydrique du pays.

V .1.4 .Office National de l'Irrigation et du Drainage (ONID)

L'ONID peut être chargé de la maîtrise d'ouvrage déléguée des opérations concourant à la réalisation des infrastructures et équipements destinés à l'irrigation et l'assainissement /drainage des terres agricoles [52].

L'ONID assure un service public de l'eau agricole visant à assurer sa mise à disposition aux agriculteurs dans des conditions technico-économiques optimales en vue de favoriser une production agricole performante [52].

A ce titre, dans les périmètres d'irrigation relevant de sa compétence, il est chargé notamment de [52]:

1. Gestion, exploitation et entretien des réseaux d'irrigation et connexes.
2. Conduite des opérations d'irrigation.
3. Commercialisation de l'eau agricole.
4. Fourniture d'assistance et de conseils aux utilisateurs de l'eau agricole

V .1.5 .Direction Hydrauliques de la Wilaya (DHW)

L'agence gouvernementale est responsable de coordonner et superviser les activités hydrauliques au niveau de la Wilaya. Elle planifie, met en œuvre et surveille les projets et programmes liés à l'eau.

Elle collabore également avec d'autres agences et organisations pour assurer une

gestion efficace des ressources en eau et répondre aux besoins des populations en eau potable, irrigation et assainissement

V.1.6. Direction des Services Agricoles (DSA)

L'Agence des Services Agricoles a pour mission la gestion et la régulation des services agricoles. Elle œuvre à la promotion et au développement de l'agriculture, surveille les activités agricoles, offre une assistance technique aux agriculteurs, planifie le développement rural et collecte des données agricoles.

Les Directions des Services Agricoles de Mila sont spécifiquement conçues pour encourager des pratiques agricoles durables, garantir le respect des normes et réglementations, aider les agriculteurs à accroître leurs rendements et leurs revenus, et contribuer à la planification stratégique et à la prise de décision.

V.2 .Législation et réglementation

En Algérie, la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) est régie par plusieurs lois, réglementations et politiques qui visent à assurer une utilisation durable et équitable des ressources en eau. Voici quelques-unes des principales législations et réglementations liées à la GIRE en Algérie :

V.2 .1.Loi sur l'Eau

Loi n° 12-05 du 4 août 2005:La présente loi (183 articles) fixe les principes et les règles applicables pour l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau en tant que bien de la collectivité nationale.

Le texte comprend 10 titres, à savoir:

- Dispositions préliminaires.
- Régime juridique des ressources en eau et infrastructures hydrauliques.
- Protection et conservation des ressources en eau .
- Instruments institutionnels de la gestion intégrée des ressources en eau.
- Régime juridique de l'utilisation des ressources en eau.
- Services publics de l'eau et de l'assainissement.
- Eau agricole.
- Tarifications des services de l'eau.
- Police des eaux .
- Dispositions transitoires et finales.

Les objectifs assignés à l'utilisation, à la gestion et au développement durable des ressources en eau visent à garantir :

- L'approvisionnement en eau en quantité suffisante et en qualité requise pour répondre en priorité aux besoins de la population et de l'abreuvement du cheptel, ainsi que pour répondre à la demande de l'agriculture, de l'industrie et des autres activités économiques et sociales consommatrices d'eau.
- La préservation de la santé publique et la protection des ressources en eau et des milieux aquatiques contre les risques de pollution grâce à la collecte et à l'épuration des eaux usées domestiques et industrielles, ainsi que des eaux pluviales et de ruissellement dans les zones urbaines.
- La recherche et l'évaluation des ressources en eau de surface et souterraines, ainsi que la surveillance de leur état quantitatif et qualitatif.
- La valorisation des eaux non conventionnelles de toutes natures afin d'augmenter les ressources en eau disponibles.
- La maîtrise des crues par la régulation des écoulements des eaux de surface afin de réduire les effets néfastes des inondations et de protéger les personnes et les biens dans les zones urbaines et autres zones sujettes aux inondations.

La protection et la préservation des ressources en eau sont garanties par des périmètres de protection quantitative et qualitative, des plans de lutte contre l'érosion hydrique, ainsi que des mesures de prévention et de protection contre les pollutions et les risques d'inondations. Un organe national consultatif, dénommé "Conseil national consultatif des ressources en eau", est créé pour examiner les options stratégiques et les instruments de mise en œuvre du plan national de l'eau, ainsi que toutes les questions relatives à l'eau pour lesquelles son avis est sollicité.

Toute utilisation des ressources en eau, y compris les eaux destinées à l'usage agricole et les eaux non conventionnelles, par des personnes physiques ou morales, publiques ou privées, à travers des ouvrages et installations de prélèvement d'eau ou à des fins d'aquaculture, ne peut se faire qu'en vertu d'une autorisation ou d'une concession délivrée par l'administration compétente conformément aux dispositions de la présente loi et de ses textes d'application. L'alimentation en eau potable et industrielle, ainsi que l'assainissement, sont des services publics.[53]

V.2 .2.Politique Nationale de l'Eau

L'Algérie a mis en place une politique nationale de l'eau qui vise à assurer une gestion durable et équitable des ressources en eau du pays.

Cette politique guide les actions gouvernementales dans le domaine de la gestion de l'eau et vise à promouvoir la participation des parties prenantes et la gestion participative des ressources en eau.

Elle repose sur plusieurs piliers essentiels, notamment la protection des ressources hydriques contre la pollution et l'épuisement, la réhabilitation et la modernisation des infrastructures hydrauliques, ainsi que l'amélioration de l'efficacité et de l'efficience des services de distribution d'eau potable et d'assainissement.

La politique met également l'accent sur l'importance de la sensibilisation et de l'éducation des citoyens concernant l'utilisation rationnelle de l'eau et la préservation de cette ressource vitale.

Des programmes éducatifs et des campagnes de sensibilisation sont mis en œuvre pour encourager les comportements responsables et durables. En outre, la politique nationale de l'eau en Algérie prévoit des mesures spécifiques pour faire face aux défis climatiques et hydrologiques, tels que les périodes de sécheresse et les inondations.

Des plans de gestion des risques et des mesures d'adaptation sont élaborés pour minimiser les impacts de ces phénomènes sur les populations et les écosystèmes. La promotion de la recherche et de l'innovation dans le domaine de l'eau constitue également un axe majeur de cette politique. Le développement de nouvelles technologies et de pratiques innovantes permet de mieux gérer les ressources en eau et d'améliorer la résilience face aux défis futurs.

Enfin, la politique nationale de l'eau encourage la coopération régionale et internationale pour partager les connaissances, les expériences et les meilleures pratiques en matière de gestion de l'eau. Cela inclut la participation à des initiatives et des accords internationaux visant à garantir une gestion intégrée et durable des ressources en eau à l'échelle mondiale.

V.2 .3. Plan National de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PNGIRE)

Le PNGIRE est un instrument de planification qui vise à promouvoir la gestion intégrée et durable des ressources en eau en Algérie. Ce plan identifie les priorités, les objectifs et les mesures à prendre pour améliorer la gestion de l'eau dans le pays.

Cette agence permet de :

- réaliser toutes les enquêtes, études et recherches liées au développement de la gestion intégrée des ressources en eau.

- Développement et coordination du système de gestion intégrée de l'information sur l'eau à l'échelle nationale.
- Contribution à l'élaboration, à l'évaluation et à l'actualisation des plans à moyen et long terme de développement sectoriel à l'échelle nationale.
- Contribution à la gestion des actions d'incitation à l'économie de l'eau et à la préservation de la qualité des ressources en eau.

V.2 .4.Agences de l'Eau

L'Algérie a créé des agences de l'eau au niveau des bassins hydrographiques pour assurer une gestion décentralisée et participative des ressources en eau. Ces agences sont chargées de la planification, de la gestion et du suivi des ressources en eau au niveau local.

V.2 .5.Réglementation sur l'Irrigation et le Drainage

L'irrigation et le drainage sont réglementés en Algérie pour assurer une utilisation efficace et durable de l'eau en agriculture. Des normes et des directives sont établies pour promouvoir les pratiques d'irrigation efficaces et l'utilisation de techniques de drainage appropriées.

Ces réglementations visent à maximiser l'efficacité de l'eau utilisée dans les systèmes d'irrigation, réduisant ainsi les pertes d'eau et les gaspillages. Cela inclut l'encouragement à l'adoption de technologies modernes telles que l'irrigation goutte-à-goutte, qui permet une distribution précise de l'eau directement aux racines des plantes, minimisant l'évaporation et le ruissellement.

De plus, des programmes de formation et de sensibilisation sont mis en place pour éduquer les agriculteurs sur les meilleures pratiques en matière de gestion de l'eau et d'irrigation. En ce qui concerne le drainage, les réglementations visent à prévenir l'accumulation excessive d'eau dans les sols, ce qui peut mener à la salinisation et à la dégradation des terres agricoles.

Des directives spécifiques sont fournies pour la conception et la mise en œuvre de systèmes de drainage efficaces, afin de maintenir un équilibre hydrique optimal dans les sols et de protéger les cultures contre les dommages causés par l'excès d'eau.

Les autorités locales et nationales jouent un rôle crucial dans la supervision et l'application de ces réglementations.

Elles assurent la conformité aux normes établies par le biais d'inspections régulières et de mesures correctives en cas de non-respect. En outre, des incitations financières et des subventions peuvent être offertes pour encourager les agriculteurs à adopter des technologies et des pratiques durables.

Enfin, la réglementation sur l'irrigation et le drainage prend également en compte les impacts environnementaux, en mettant en place des mesures pour protéger les écosystèmes aquatiques et préserver la qualité des eaux souterraines et de surface.

Cela inclut la gestion intégrée des ressources en eau pour assurer que les besoins de l'agriculture ne compromettent pas ceux des autres utilisateurs d'eau ni des écosystèmes naturels.

Ces législations et réglementations constituent le cadre juridique et institutionnel de la GIRE en Algérie. Elles visent à garantir une gestion durable et équitable des ressources en eau du pays, en promouvant la participation des parties prenantes et en adoptant une approche intégrée de la gestion de l'eau.

V.3. Outils et instruments de gestion

V.3.1. Dessalement de l'eau et de L'eau de mer

La crise de ressources hydriques qui a même menacé ces dernières années, l'alimentation en eau potable de la population dans diverses régions du pays a pressé l'Algérie dans le dessalement.

Le projet dessalement d'eau de mer fait partie d'un programme d'urgence décédé par le gouvernement pour pallier durablement au déficit en ces ressources.[54]

Tableau23: station de dessalement en Algérie [54]

site	Nombre d'unités	Débit(m³/j)	Procédé
Skikda	1	1440	Flash
Skikda	2	720	Flash
Skikda	/	1440	Echangeur d'ions

Annaba	2	960	Echangeur d'ions
Annaba	2	3600	Echangeur d'ions
Ghazaouat	1	840	Echangeur d'ions
Arzew	6	3888	Electrodialyse
Arzew	/	960	
Hassi Messaoud	6	1000	Electrodialyse
Hassi Messaoud	2	110	Electrodialyse
Hassi Touil	1	55	Electrodialyse
Arzew	1	350	
Annaba	3	14180	Multi flash
Hassi Messaoud	2	350	Electrodialyse
BelAbbés	/	1500	Echangeur d'ions

V.3.1.1. Conditions techniques

Ses conditions techniques peuvent être résumées comme suit :

- Salinité de l'eau à traiter : eau de mer ou eau saumâtre
- Salinité de l'eau produite : eau destinée à la consommation humaine (selon tolérance des habitants) ou eau de haute pureté à usage industriel.
- Le niveau d'automatisation et de contrôle est important pour assurer l'efficacité et la fiabilité du processus de traitement de l'eau.
- La taille de l'unité de traitement doit être adaptée à la capacité nécessaire pour répondre à la demande en eau, qu'il s'agisse d'une petite installation domestique ou d'une grande usine de traitement.

V.3.1.2. Conditions économiques

À propos des conditions économiques on peut citer:

- Coût de l'énergie est nul sur une plate-forme offshore, peu élevé au Moyen Orient, très élevé pour des sites isolés.
- Coût des produits chimiques suivant que ces produits sont fabriqués localement ou doivent être importés.

entsubirdetransportplusoumoins longs

- Fluctuation de monnaies : la variation des cours des monnaies ne permettent pas de calculer des coût avec une grande précision.
- Inflation variable en fonction du pays et du temps.
- Conditions de financement (taux d'intérêt).
- Coût de la main d'œuvre[54]

V.3.2. Les transferts d'eau inter- régions

Trois grands transferts permettant de mobiliser un volume supplémentaire de 940 Millions de m³/an portant le volume régularisable global à 4 Milliards à l'horizon 2010.

- Le transfert des eaux souterraines de Ain Salah vers Tamanrasset sur une longueur de 700 Kms pour un volume à transférer de 50 millions de m³ /an soit 100 000 m³ /j à partir de Juillet 2009.
- L'étude de faisabilité du transfert des eaux du Sahara septentrional vers les régions du nord et des hauts plateaux est en cours de réalisation
- Transfert des eaux à partir du barrage de Béni-Haroun vers les cinq wilayas situées dans les les Hautes Plaines Constantinoises (Mila, Constantine, Oum El Bouaghi, Batna et Khenchela. Le système de transfert est composé de plusieurs ouvrages.
- Le système de transfert M.A.O (Mostaganem – Arzew – Oran): L'aménagement du système de production d'eau Cheliff - Kerrada assurera l'alimentation en eau potable du couloir «Mostaganem - Arzew - Oran» pour un volume de 155 Hm³ /an, réparti dont 45 Hm³ /an pour la wilaya de Mostaganem et 110 Hm³ /an pour la wilaya d'Oran.[55]

V.3.3. L'office national de l'assainissement ONA

Durant l'année 2019, plus de 1 240 000 000 m³ d'eaux usées ont été collectées sur l'ensemble des 1 147 communes dont le service public assainissement est assuré par l'ONA,

une population raccordée de plus de 27 millions d'habitants à travers 43 wilayas [56]

Le réseau d'assainissement, en exploitation par l'ONA, est de 55342km, correspondant à environ 80 % du linéaire national

A la fin 2019, un volume total de 323 625 176 m³ a été relevé, par les 499 stations de relevage en exploitation.

Durant l'année 2019, les 154 stations d'épuration en exploitation par l'ONA (76 stations à boues activées, 75 stations de lagunage et 03 filtres plantés), ont assuré l'épuration de plus de 253 millions de m³ d'eaux.

La capacité globale installée de ces 154 stations est de 10 390 762 EH, soit un débit nominal moyen de 1 573 867 m³ /j et un débit moyen journalier des eaux usées épurées de 668 396 millions m³ /j [56]

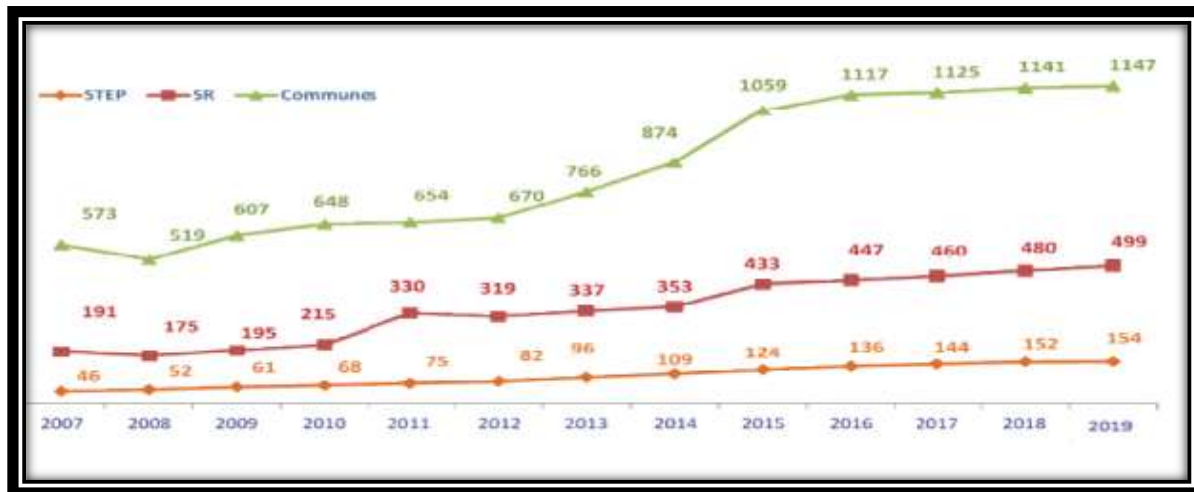


Figure 28: présentation graphique de l'évolution de la prise en charge du service public de 2007 à 2019 [56]

L'extension du patrimoine géré par l'ONA est rentrée dans le programme de développement durable trace par le ministère qui a pour objectif de lutter contre la pollution de l'environnement, préservation des ressources hydrique et réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation

L'activité de l'assainissement a connu une évolution significative de 2007 à

2019entermede:[57]

De nombre de STEP qui est passé de 46 à 154, l'ONA diversifie les projets entre station d'épuration et stations de lagunage, ainsi sur les 109 STEP en exploitation en 2014, 60 sont des stations de lagunages et en 2019 sur 154 STEP dont 75 lagunes et 03 filtres plantés,

-Le nombre de station de relevage est passé de 191 à 499 de 2007 à 2019.

-En 2014, l'ONA gère 353 SR et 39.000 km de réseau d'assainissement avec la perspective de d'atteindre un total de 44.000 km, en étendant son activité à de nouvelles wilayas, en 2020 (ONA, 2014). Cette objectif est largement atteint en 2019 avec près de 499 station de relevage et 55 342 km de réseau.

Selon le MRE, plus de 160 millions de m³ d'eaux usées ont été épurées en 2013, pour une population de près de 20 millions d'habitants, ces chiffres sont passés à un volume traité de 253 millions de m³ pour 27 millions d'habitants en 2019.

V.3.4. Exploitation des ressources souterraines

Cette stratégie se compose en réalité de deux principes : la réduction maximale d'exploitation des nappes souterraines de Nord et l'encouragement pour l'exploitation des nappes d'eau de sud Algérien (Sahara).

La quantification des nappes d'eau du nord sont estimées d'environ 2 milliards de m³. La recharge de ces nappes est naturelle (se fait par la précipitation), mais avec la surexploitation de ces nappes, cela exige de les recharger.

La stratégie d'exploitation des ressources en eau souterraines de sud (RESS) est ambitieuse et intéressante cela prouve que le Sahara algérienne est une terre riche des ressources précieuses et rares, nécessite des investissements.

- Les nappes de sud sont considérables provenant de Continental Intercalaire (CI) et de Complexe Terminal (CT), sont estimées de 5 milliards m³ /an exploitable.

L'exploitation de ces nappes reste faible et peu exploitable, nécessite un engagement bien planifié et rationnel grâce à la nature de cette ressource non renouvelable. A ce point-là : l'exploitation des nappes de sud, le projet de SASS représente un modèle intéressant de l'exploitation et l'évaluation et partage de cette ressource transfrontalière entre l'Algérie, Tunisie et Lybie[58]

V.4. Contraintes et défis de la Gestion des ressources hydriques en Algérie

Face à la difficile équation entre des ressources en eau limitées et les besoins croissants et diversifiés de la population, de l'industrie et de l'agriculture, l'Algérie a entrepris une rupture

avec les pratiques passées en adoptant, à partir de 2005, une nouvelle politique de l'eau. Inspirée des principes de la gestion intégrée et rationnelle des ressources en eau (GIRE) dictés par la communauté internationale, cette politique vise à garantir l'accès à une eau de qualité tout en préservant l'environnement pour les générations actuelles et futures. Cependant, bien que cette dimension soit prise en compte dans les textes et les structures institutionnelles de l'État, il apparaît que d'autres acteurs, tels que les utilisateurs et les entreprises, n'ont pas encore pleinement intégré cette préoccupation dans leur mode de gouvernance et semblent peu engagés dans une gestion écologique de l'eau.

- Malgré les enjeux importants de cette politique, sa mise en œuvre est confrontée à de nombreuses contraintes qui limitent ses résultats.[59]

Parmi les contraintes et les défis auxquels fait face la politique de l'eau en Algérie, on peut citer :

V.4.1. La disponibilité d'une eau de qualité

La consommation d'eau par habitant en Algérie a diminué des deux tiers en 40 ans. Selon le Conseil National de l'Eau et de l'Environnement (CNES), le volume d'eau est passé de 1 500 m^3 en 1962 à 500 m^3 en 2003 puis à 361 m^3 en 2004. L'Agence nationale des ressources en eau (ANRH) prévoit qu'en 2003 le volume d'eau atteindra 430 m^3 . En 2030, en réponse à la pénurie régionale de ressources en eau conventionnelles et pour équilibrer le bilan hydrique, l'Algérie prend des mesures pour renforcer et développer les ressources non conventionnelles, telles que l'eau de mer, les eaux usées municipales, les eaux souterraines saumâtres du sud et des hauts plateaux, et toute eau non traditionnelle. Ressources en eau. L'eau est injectée dans le système aquifère grâce à des techniques de recharge artificielle. L'article 2 de la loi sur l'eau de 2005 prévoit le développement de ces ressources non conventionnelles afin d'augmenter le potentiel en eau.

Cela fait partie de l'objectif de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) visant à garantir la disponibilité de l'eau. L'approche comprend le dessalement, le dessalement des eaux souterraines saumâtres et la réutilisation des eaux usées traitées.

La solution de dessalement est mise en œuvre en partenariat avec des entreprises étrangères. Le dessalement est devenu une solution incontournable et une source supplémentaire d'eau potable et industrielle qui peut être utilisée pour approvisionner les ménages et soutenir les projets industriels et touristiques, tout en libérant les ressources d'irrigation traditionnelles. Il existe 13 unités de dessalement d'eau de mer d'une capacité de traitement de 100 000 m^3 par jour [59]

V.4.2. La nature topographique

La partie nord de l'Algérie, qui reçoit la plus grande quantité de précipitations annuelles, se caractérise par un terrain très escarpé, avec une pente moyenne dépassant 12 %. La majorité des rivières et des oueds se dirigent vers la mer, ce qui réduit l'infiltration des eaux de pluie dans les nappes phréatiques et entraîne l'écoulement d'une grande partie de ces eaux vers la mer.

V.4.3. Contraintes physiques et géographiques

Le morcellement des propriétés, un aspect important de la gestion, peut créer des problèmes de contrôle de la gestion au niveau de la parcelle, c.-à-d. de la qualité des eaux et du type de cultures. C'est pour cela que la distribution d'eau d'irrigation est à usage restrictif et concerne les grands périmètres irrigués (GPI) en attendant qu'elle soit sans restriction et concerner les petits et moyens périmètres irrigués (PMPI.).

Ces contraintes rendent difficiles l'accessibilité des aquifères du sud et soumettent leur gestion à des conditions particulières. Par ailleurs la problématique des ouvrages hydrauliques s'est traduite par la contraction des périmètres irrigués. En Algérie les statistiques donnent :

Grands périmètres irrigués : 17

- Surface mécanisée : 177 000 ha
- Superficie irrigable : 1000 000 ha
- Superficie irriguée : 40 000 ha
- Superficie irriguée pour les petits et moyens périmètres (PMI) : 380 000 ha
- Volumes moyens affectés : 1,5 milliards de m³[59]

Conclusion

En conclusion, la gestion des ressources hydriques en Algérie représente un défi complexe qui nécessite une approche intégrée et durable. Les institutions et acteurs impliqués jouent un rôle crucial dans la planification, la mise en œuvre et le suivi des politiques et des programmes visant à garantir l'accès à une eau de qualité pour tous.

Les législations et réglementations en vigueur fournissent un cadre juridique solide pour la gestion des ressources en eau. Elles établissent les principes et les règles applicables à l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau, ainsi que les mesures de protection contre la pollution et l'épuisement.

Les outils et instruments de gestion, tels que le dessalement de l'eau de mer et les transferts d'eau inter-régions, permettent de faire face à la crise de l'eau en augmentant les ressources disponibles et en améliorant l'efficacité de l'utilisation de l'eau. Le dessalement de l'eau de mer offre une source supplémentaire d'eau potable et industrielle, tandis que les transferts d'eau inter-régions permettent de redistribuer l'eau vers les régions en pénurie. Cependant, malgré les progrès réalisés, des défis subsistent. La sensibilisation du public à l'importance de l'eau et à la nécessité de la gérer de manière responsable reste un enjeu majeur.

La participation des parties prenantes, notamment des communautés locales et des organisations non gouvernementales, est essentielle pour assurer une gestion durable des ressources en eau.

De plus, la coordination des efforts entre les différentes institutions et acteurs impliqués dans la gestion des ressources en eau est cruciale pour optimiser les résultats.

En somme, la gestion des ressources hydriques en Algérie nécessite une approche globale et collaborative pour garantir la sécurité hydrique et préserver les ressources pour les générations futures. Cela implique une sensibilisation accrue, une participation active des parties prenantes et une coordination efficace des efforts. Seule une approche intégrée et durable permettra de relever les défis actuels et de répondre aux besoins croissants en eau en Algérie.

CHAPITRE VI

ANALYSE,

PERSPECTIVES ET

SOLUTIONS

Introduction

La gestion durable des ressources hydriques est devenue un enjeu majeur dans de nombreuses régions du monde, en particulier dans les zones sujettes à la rareté de l'eau et aux pressions croissantes sur les ressources.

La Wilaya de Mila, située dans le nord-est de l'Algérie, ne fait pas exception, confrontée à des défis importants en matière de gestion de l'eau. Ce mémoire se concentre sur la conception d'un "Solar Aqua Drone" comme solution innovante pour la gestion durable des ressources hydriques dans la Wilaya de Mila.

VI.1. Évaluation de la Situation Actuelle

L'évaluation de la situation actuelle des ressources hydriques dans la Wilaya de Mila est essentielle pour comprendre les défis auxquels la région est confrontée et identifier les domaines nécessitant une intervention.

Voici une évaluation détaillée :

- **Disponibilité en Eau :** La Wilaya de Mila dépend principalement des précipitations et des eaux souterraines pour son approvisionnement en eau. Les précipitations dans la région sont généralement irrégulières, avec des saisons sèches et humides distinctes. Les ressources en eau souterraine constituent une part importante de l'approvisionnement en eau, mais elles sont sujettes à une surexploitation et à une dégradation due à une utilisation excessive pour l'agriculture et d'autres activités.
- **Demande en Eau :** La demande en eau dans la Wilaya de Mila est en augmentation en raison de la croissance démographique, de l'expansion urbaine, de l'agriculture et de l'industrie. L'agriculture est le principal consommateur d'eau, représentant une part importante de la demande totale. La demande en eau pour l'irrigation est particulièrement élevée, ce qui met une pression supplémentaire sur les ressources disponibles.
- **Infrastructures :** Les infrastructures de gestion de l'eau dans la région comprennent des barrages, des canaux d'irrigation, des systèmes de distribution d'eau potable et des stations de traitement des eaux usées. Cependant, de nombreuses infrastructures sont vieillissantes et nécessitent une modernisation pour améliorer leur efficacité et leur durabilité. Les pertes d'eau dues à des fuites et à une mauvaise gestion sont courantes, ce qui réduit l'efficacité de la distribution.

- **Qualité de l'Eau :** La qualité de l'eau dans la Wilaya de Mila est affectée par la pollution d'origine agricole, industrielle et domestique. Les pesticides, les engrais et les produits chimiques utilisés en agriculture peuvent contaminer les sources d'eau, tandis que les déchets industriels et les eaux usées non traitées contribuent également à la pollution. Cela présente des risques pour la santé publique et l'environnement.
- **Gestion et Planification :** La gestion des ressources hydriques dans la Wilaya de Mila est gérée par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (**ANRH**) [60] en collaboration avec les autorités locales. Cependant, il existe des défis en matière de coordination entre les différentes parties prenantes et de planification à long terme pour répondre aux besoins futurs en eau tout en assurant la durabilité des ressources.

La situation actuelle des ressources hydriques dans la Wilaya de Mila est complexe, avec des défis liés à la disponibilité, à la demande, à la qualité et à la gestion de l'eau. Une approche intégrée et durable est nécessaire pour relever ces défis, en mettant l'accent sur la conservation des ressources, l'amélioration des infrastructures, la réduction de la pollution et la promotion de pratiques de gestion efficaces.

VI.2. Identification des points forts et des points faibles

La Wilaya de Mila, située dans le nord-est de l'Algérie, est confrontée à des défis importants en matière de gestion des ressources hydriques. La disponibilité en eau dans la région est influencée par des facteurs tels que les précipitations irrégulières, la dépendance aux ressources en eau souterraine et la pression croissante exercée par la croissance démographique et le développement économique.

Cette situation nécessite une évaluation approfondie des forces et des faiblesses de la gestion actuelle de l'eau dans la région, afin d'identifier les domaines où des améliorations sont nécessaires pour assurer une utilisation durable et équitable des ressources hydriques.

- **Abondance Relative des Ressources en Eau :** La Wilaya de Mila reçoit en moyenne environ 600 mm de précipitations par an, avec des variations saisonnières. Par exemple, les zones montagneuses peuvent recevoir jusqu'à 800 mm de précipitations par an, ce qui constitue une source significative d'eau pour la région (**ANM**) [61]
- **Infrastructure Existantes :** La région dispose de plusieurs barrages, notamment le barrage de Koudiat Acerdoune, qui peut stocker jusqu'à 40 millions de mètres cubes

d'eau [60]. De plus, des canaux d'irrigation et des systèmes de distribution d'eau potable sont en place dans plusieurs zones agricoles et urbaines.

- **Engagement Communautaire :** Des organisations communautaires telles que les associations d'agriculteurs et les coopératives locales jouent un rôle actif dans la gestion de l'eau. Par exemple, dans certaines régions, les agriculteurs ont mis en place des systèmes d'irrigation par goutte-à-goutte pour économiser l'eau et améliorer l'efficacité de l'irrigation.
- **Potentiel de Développement Technologique :** Des projets pilotes utilisant des technologies telles que les drones pour la surveillance des ressources en eau sont en cours dans la région. Par exemple, une étude pilote menée en 2023 a utilisé des drones pour cartographier les ressources en eau souterraine et évaluer les niveaux de recharge des nappes phréatiques .

Points Faibles :

- **Infrastructures Vieillissantes :** Les infrastructures existantes, y compris les canaux d'irrigation et les réseaux de distribution d'eau, sont souvent vieilles et nécessitent des réparations et des mises à niveau. Par exemple, des rapports de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques indiquent que jusqu'à 30% de l'eau distribuée est perdue en raison de fuites dans les réseaux de distribution.
- **Pollution et Dégradation de l'Eau :** Les analyses de la qualité de l'eau dans la région ont révélé la présence de niveaux élevés de nitrates et de pesticides, principalement dus aux pratiques agricoles intensives . De plus, les rejets industriels non traités contribuent également à la pollution des cours d'eau et des nappes phréatiques.
- **Gestion Fragmentée :** La gestion des ressources hydriques implique plusieurs agences gouvernementales, ce qui peut entraîner un manque de coordination et des conflits d'intérêts. Par exemple, la gestion de l'eau pour l'irrigation est souvent gérée par le ministère de l'Agriculture, tandis que la gestion de l'eau potable est du ressort du ministère de l'Hydraulique.
- **Pressions sur les Ressources :** La demande en eau dans la région continue d'augmenter en raison de la croissance démographique et de l'expansion des activités agricoles et industrielles. Cela met une pression supplémentaire sur les ressources en eau existantes et nécessite une gestion prudente pour éviter la surexploitation et l'épuisement des ressources.

- **Mauvaise gestion des ressources en eau d'irrigation** : Il existe des lacunes dans la gestion efficace des ressources en eau dans le district d'irrigation de Mila. Les techniques d'irrigation utilisées ne sont pas toujours optimales, ce qui peut entraîner un gaspillage d'eau et une utilisation inefficace des ressources.
- L'évaluation des forces et des faiblesses de la gestion des ressources hydriques dans la Wilaya de Mila met en lumière les défis importants auxquels la région est confrontée, mais aussi les opportunités pour des améliorations futures. Pour assurer une gestion durable de l'eau, il est essentiel de s'attaquer aux défis tels que les infrastructures vieillissantes, la pollution de l'eau et la fragmentation de la gestion, tout en capitalisant sur les forces telles que l'engagement communautaire et le potentiel technologique. En adoptant une approche intégrée et coordonnée, il est possible de surmonter ces défis et de garantir l'accès à des ressources hydriques sûres et fiables pour les générations futures dans la Wilaya de Mila.

VI.3. Proposition de Solutions et d'Améliorations

Pour améliorer la gestion des ressources hydriques dans la Wilaya de Mila et relever les défis identifiés précédemment, plusieurs solutions et améliorations peuvent être envisagées :

VI.3.1 . Solution proposées

- **Modernisation des Infrastructures** : Investir dans la modernisation et la réhabilitation des infrastructures existantes, y compris les barrages, les canaux d'irrigation et les réseaux de distribution d'eau potable, pour améliorer leur efficacité, réduire les pertes et assurer une distribution équitable de l'eau.
- **Gestion Intégrée des Ressources en Eau** : Mettre en place un cadre de gestion intégrée des ressources en eau, impliquant une coordination entre les différentes agences gouvernementales, les autorités locales, les communautés et les parties prenantes, pour une utilisation optimale et durable des ressources hydriques.

- **Promotion de Pratiques Agricoles Durables** : Encourager l'adoption de pratiques agricoles durables, telles que l'irrigation efficace, la rotation des cultures et la réduction de l'utilisation de pesticides et d'engrais chimiques, pour minimiser l'impact de l'agriculture sur la qualité de l'eau.



Figure29: Schéma d'une installation d'aspersion [62]



Figure30: Schéma d'une installation de goutte à goutte [63]

- **Gestion de la Pollution des eaux** : Renforcer les mesures de contrôle de la pollution, notamment par la mise en œuvre de normes environnementales plus strictes pour les industries, l'amélioration des systèmes de traitement des eaux usées et la sensibilisation des populations locales aux bonnes pratiques de gestion des déchets.

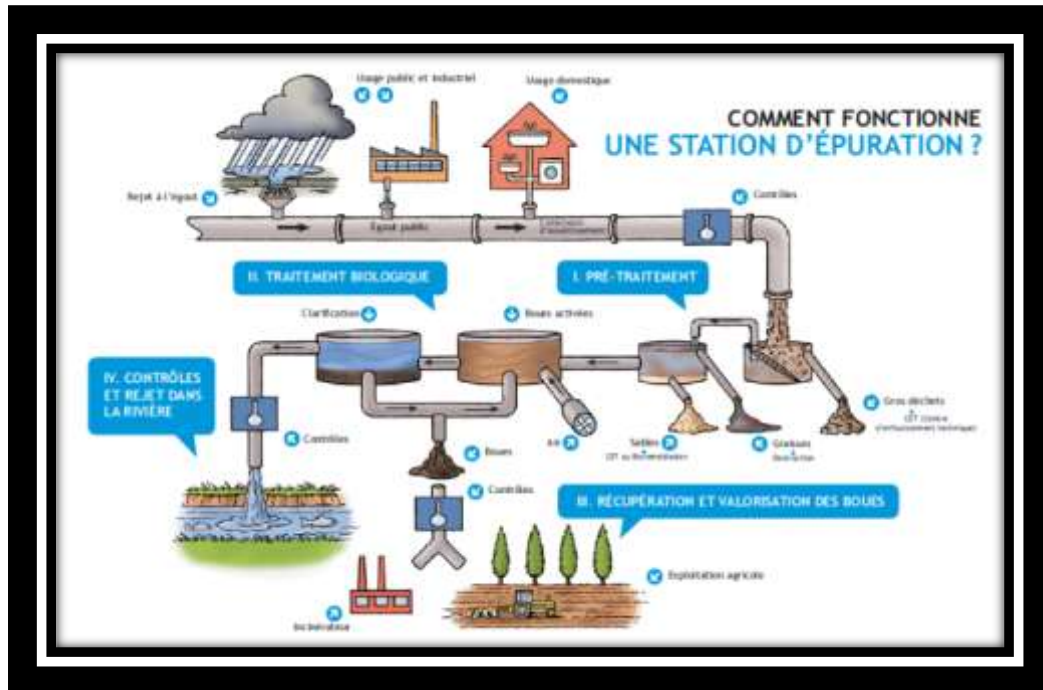


Figure31: Fonctionne de station d'épuration [64]

- **Formation et Sensibilisation** : Mettre en place des programmes de formation et de sensibilisation pour les agriculteurs, les gestionnaires de l'eau, les décideurs politiques et les membres de la communauté sur les meilleures pratiques de gestion de l'eau, l'utilisation des technologies innovantes et les enjeux liés à la préservation des ressources hydriques.
- **Partenariats Public-Privé** : Encourager les partenariats public-privé pour mobiliser des ressources financières et techniques supplémentaires, favoriser l'innovation et promouvoir la mise en œuvre de solutions durables pour la gestion de l'eau.

VI.3.2. Solution Innovante L' Aqua Solar Drone

VI.3.2. 1.Définition

Le "SolarAqua Drone" est une innovation dans le domaine des drones aquatiques,

fonctionnant partiellement à l'énergie solaire et équipé de six moteurs pour assurer un vol efficace et durable.

Ce drone se distingue par sa capacité à exploiter les ressources solaires pour alimenter ses différents systèmes, ce qui prolonge sa durée de fonctionnement sur le terrain. Il est spécialement conçu pour une utilisation dans divers environnements aquatiques, offrant des solutions avancées pour des tâches telles que la surveillance de la qualité de l'eau, l'étude de l'environnement aquatique et la recherche scientifique dans les lacs, les rivières et autres étendues d'eau.

Grâce à ses capteurs avancés, le "SolarAqua Drone" permet une mesure précise et une analyse exhaustive de son environnement, contribuant ainsi de manière significative à la préservation et à la gestion durable des ressources aquatiques et de l'environnement dans son ensemble.

VI.3.2. 2. Utilisations et avantages du SolarAqua Drone

Les utilisations et les avantages du SolarAqua Drone sont nombreux :

VI.3.2. 2.1. Utilisations du SolarAqua Drone :

- **Surveillance de la qualité de l'eau :**

Le SolarAqua Drone représente une avancée majeure dans la surveillance de la qualité de l'eau. Grâce à ses capacités avancées, il peut effectuer une surveillance en temps réel dans diverses zones aquatiques telles que les lacs, les rivières et les zones côtières.

Equippé de capteurs sophistiqués, il est capable de détecter une multitude de paramètres environnementaux cruciaux, notamment les niveaux de pollution, les variations de température et les concentrations en produits chimiques. Cette capacité permet une détection précoce des problèmes environnementaux et une intervention rapide pour atténuer les impacts négatifs sur les écosystèmes aquatiques et la santé humaine.

En fournissant des données précises et en temps réel, le SolarAqua Drone offre aux autorités environnementales et aux organismes de gestion des ressources hydriques des outils précieux pour prendre des décisions éclairées et mettre en œuvre des mesures de protection de l'eau efficaces. En définitive, cette technologie contribue à préserver la santé des écosystèmes aquatiques et à garantir l'accès à une eau propre et saine pour les générations futures.

- **Inspection environnemental :**

Le SolarAqua Drone est capable d'effectuer des inspections environnementales dans des zones difficiles d'accès ou dangereuses pour les humains. Il peut cartographier les écosystèmes, surveiller la faune et la flore, et identifier les zones de dégradation environnementale.

Il peut également repérer les sites importants pour la préservation de la vie sauvage et recommander les mesures nécessaires pour les protéger. Grâce à l'utilisation de technologies avancées, ce drone peut fournir des données précises aux chercheurs et aux responsables pour prendre les mesures nécessaires pour préserver la biodiversité et protéger l'environnement en général.

- **La recherche scientifique :**

Le SolarAqua Drone représente un atout essentiel pour les chercheurs en sciences environnementales. En effet, il a la capacité de recueillir des données sur divers paramètres environnementaux tels que la température de l'eau, le pH, la turbidité et la concentration en oxygène dissous. Ces données permettent d'approfondir la compréhension des écosystèmes aquatiques et de mener des recherches sur le changement climatique.

De plus, grâce à sa capacité à collecter des données en temps réel sur une vaste gamme de variables environnementales, le SolarAqua Drone offre aux chercheurs une précieuse source d'informations pour étudier les tendances à long terme et les impacts des activités humaines sur les écosystèmes aquatiques.

En fournissant des données détaillées et précises, ce drone contribue ainsi de manière significative à l'avancement des connaissances scientifiques dans le domaine de l'environnement et à la formulation de politiques de gestion durable des ressources aquatiques.

- **Surveillance maritime :**

Le SolarAqua Drone offre des capacités étendues pour la surveillance maritime. Outre la surveillance des activités de pêche et des zones côtières pour assurer la sécurité et la

protection de l'environnement, ce drone peut également être utilisé pour la surveillance des stations de dessalement d'eau de mer.

Grâce à sa capacité à voler au-dessus de l'eau et à collecter des données en temps réel, le SolarAqua Drone peut surveiller les installations de dessalement, assurant ainsi un fonctionnement efficace et fiable.

Cette fonctionnalité permet de détecter rapidement les éventuels problèmes ou anomalies dans les stations de dessalement, contribuant ainsi à garantir un approvisionnement en eau potable stable et de qualité.

En intégrant la surveillance des stations de dessalement à ses capacités, le SolarAqua Drone devient un outil polyvalent pour la surveillance maritime et la gestion des ressources hydriques.

- **Surveillance et enregistrement des catastrophes naturelles :**

Le SolarAqua Drone peut être utilisé pour surveiller et enregistrer les catastrophes naturelles telles que les inondations, les tremblements de terre, et les glissements de terrain. Ce drone permet d'accéder à des zones difficiles d'accès pour les humains en raison des conditions météorologiques défavorables ou des terrains difficiles.

Il peut fournir des images et des vidéos en direct des catastrophes naturelles pendant leur survenance, ce qui permet aux autorités compétentes d'effectuer une analyse rapide et de prendre des mesures d'urgence.

De plus, il peut enregistrer des données pertinentes telles que les niveaux d'eau, l'activité tectonique et les phénomènes météorologiques, ce qui aide à évaluer les dommages, à planifier les secours et les réparations.

Cette utilisation contribue à améliorer la réponse aux urgences et à réduire les pertes humaines et matérielles dues aux catastrophes naturelles.

VI.3.2. 2.2. les Avantages du SolarAqua Drone

- **Écologique**

Le SolarAqua Drone, en utilisant l'énergie solaire comme source d'alimentation, réduit son empreinte carbone et contribue à la protection de l'environnement.

Cette utilisation partielle de l'énergie solaire permet de minimiser l'impact environnemental du drone tout en offrant une solution plus durable et respectueuse de l'environnement pour les opérations aériennes.

En réduisant la dépendance aux combustibles fossiles et en exploitant une source d'énergie renouvelable, le SolarAqua Drone s'inscrit dans une démarche écologique qui vise à préserver les ressources naturelles et à réduire les émissions de gaz à effet de serre.

- **Économique**

En automatisant les opérations de surveillance et d'inspection, ce drone peut réduire les coûts opérationnels et offrir une solution rentable pour la surveillance environnementale à long terme. Grâce à son fonctionnement autonome et à sa capacité à collecter des données de manière efficace et précise, le SolarAqua Drone permet de réaliser des économies importantes en termes de main-d'œuvre et de ressources.

De plus, sa durabilité et sa fiabilité garantissent des performances constantes sur le long terme, réduisant ainsi les coûts de maintenance et de remplacement. Cette approche économique permet aux organisations et aux agences gouvernementales de mener des programmes de surveillance environnementale de manière plus efficiente et économique, tout en assurant une couverture régulière et exhaustive des zones cibles.

En fin de compte, le SolarAqua Drone représente un investissement rentable pour la surveillance et la gestion des ressources naturelles, offrant des avantages économiques significatifs tout en contribuant à la préservation de l'environnement.

- **Polyvalent :**

Grâce à sa conception modulaire et à ses capacités de charge utile, le SolarAqua Drone peut être adapté à une large gamme d'applications environnementales, offrant ainsi une flexibilité d'utilisation.

Sa conception modulaire permet une configuration personnalisée en fonction des besoins spécifiques de chaque mission, ce qui en fait un outil polyvalent pour diverses tâches environnementales telles que la surveillance de la qualité de l'eau, la cartographie des habitats

aquatiques, la détection des polluants et bien plus encore. De plus, ses capacités de charge utile lui permettent d'emporter une variété d'équipements de mesure et de capteurs, ce qui lui permet d'effectuer des tâches spécialisées avec précision et efficacité.

Cette polyvalence fait du SolarAqua Drone un choix idéal pour les organismes de recherche, les agences gouvernementales, les organisations environnementales et les entreprises privées qui cherchent à relever différents défis environnementaux de manière innovante et adaptable. En combinant sa modularité et sa polyvalence, ce drone offre une solution complète pour la surveillance et la gestion des ressources naturelles.

- **Accès aux zones difficiles d'accès :**

Grâce à sa capacité de vol, le drone peut accéder à des zones inaccessibles pour les humains, facilitant ainsi une surveillance efficace des écosystèmes aquatiques isolés ou éloignés.

Cette capacité lui permet d'explorer des zones reculées, montagneuses ou autrement difficiles à atteindre, offrant ainsi une couverture étendue pour la surveillance environnementale.

De plus, en survolant ces zones, le drone peut collecter des données précieuses sur la biodiversité, la qualité de l'eau et d'autres paramètres environnementaux, contribuant ainsi à une meilleure compréhension et gestion de ces écosystèmes fragiles.

VI.3.2.2.3. Les composants principaux du drone

- **Châssis pliable en Texalium pour 6 moteurs Hexa-EX :**

Ce châssis représente l'armature principale d'un drone conçu pour être pliable et fabriqué en Texalium, un matériau composite robuste alliant fibres de carbone et aluminium. Il est spécifiquement configuré pour accueillir six moteurs, disposés dans une configuration hexacoptère, ce qui permet au drone d'avoir une meilleure stabilité et une capacité de levage accrue.

L'utilisation du Texalium confère au châssis à la fois légèreté et résistance, ce qui en fait un choix idéal pour les drones nécessitant une structure rigide mais légère.

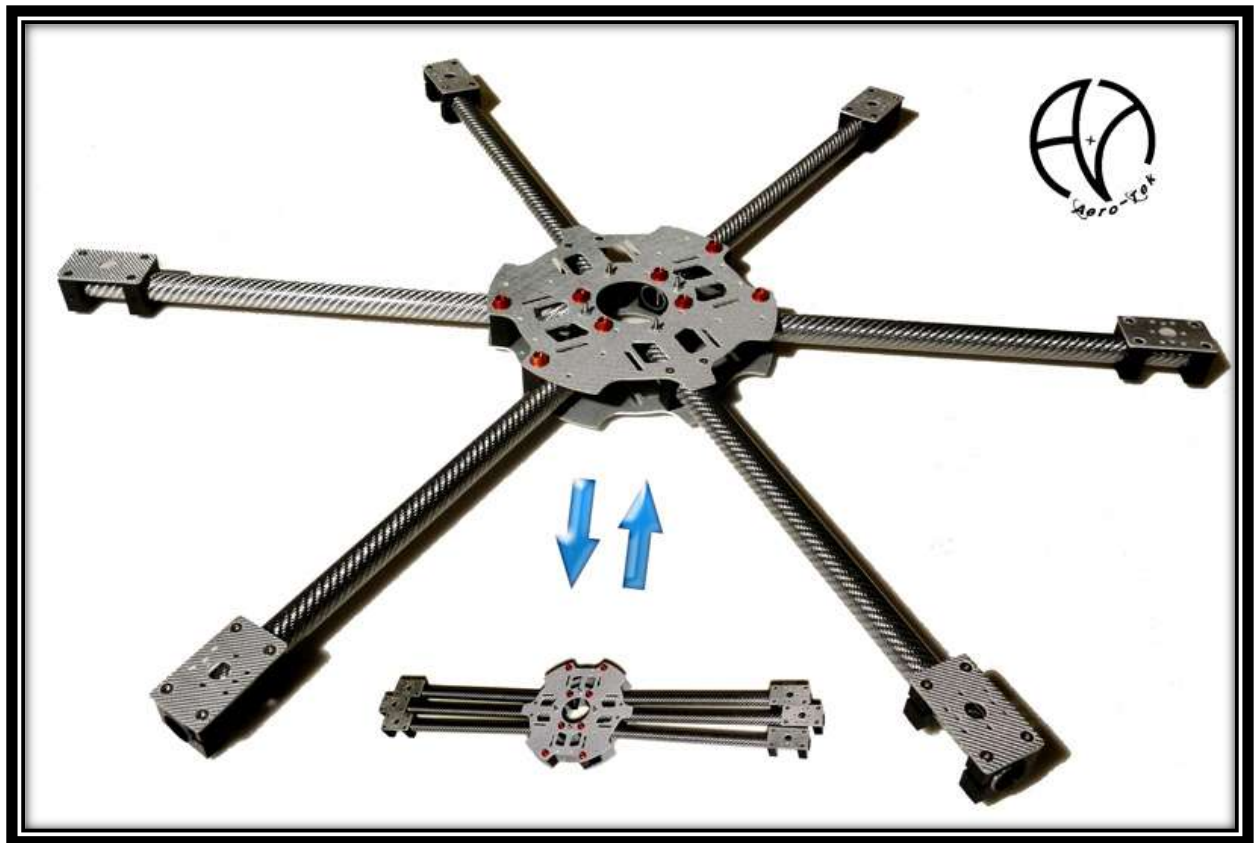


Figure 32: Châssis de drone hexacoptère [65]

Et voici les avantages de choisir un drone hexacoptère :

- ♦ **Grande stabilité en vol** : Grâce à ses six moteurs, l'hexacoptère offre une meilleure capacité de contrôle, même dans des conditions venteuses.
- ♦ **Sécurité supplémentaire** : La perte d'un moteur n'entraîne pas la perte de contrôle du drone, augmentant ainsi la fiabilité du vol et réduisant les risques de chute.
- ♦ **Capacité de charge accrue** : Le design hexagonal permet d'installer des équipements supplémentaires tels que des caméras haute résolution ou des capteurs avancés, élargissant les possibilités d'utilisation du drone.
- ♦ **Efficacité énergétique améliorée** : La charge est répartie de manière équilibrée sur les six moteurs, ce qui réduit la consommation d'énergie et prolonge le temps de vol.

- ♦ **Idéal pour diverses applications** : Les professionnels de la photographie aérienne, les missions de surveillance, la cartographie et d'autres applications avancées trouvent le cadre hexagonal particulièrement adapté à leurs besoins.

- **Moteurs du drone hexacoptère**

Le choix du moteur optimal pour un drone hexacoptère est une étape cruciale pour garantir des performances efficaces et stables de l'aéronef. Les performances globales d'un drone sans pilote dépendent largement de la qualité et de l'efficacité des moteurs utilisés.

Les moteurs sont le cœur battant du drone, contrôlant sa capacité de vol, sa stabilité et sa maniabilité.

Par conséquent, le choix du moteur optimal nécessite de prendre en compte plusieurs facteurs, notamment le poids, la puissance, l'efficacité énergétique et la fiabilité. Comprendre ces facteurs peut aider à atteindre un équilibre parfait entre les performances et la durabilité, permettant ainsi au drone de répondre efficacement et en toute sécurité aux exigences des différentes applications.

Dans notre drone, nous avons choisi un moteur AltiGator A3536



Figure 33: moteur AltiGator A3536 [66]

Ce moteur à cage tournante a été spécialement conçu pour les multicopters destinés à la prise de vue aérienne. Son équilibrage a été soigneusement réalisé pour limiter les vibrations au maximum, avec l'ajout de 3 roulements. Il est équipé de câbles longs (80 cm) et d'un axe court, ce qui facilite son montage sur des châssis MikroKopter, Droidworx ou Aero-Tek. Grâce à son couple élevé, ce moteur est capable de faire tourner de grandes hélices et d'atteindre des performances élevées. Le modèle A3536 a été développé pour surpasser les résultats obtenus par d'autres moteurs tels que les MK3638, les AXI2814/22 et bien d'autres.

SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES:

- ✦ Vitesse à vide: 720 tours / min / V
- ✦ Alimentation: 2-4S
- ✦ Courant en charge: 22A
- ✦ Courant à vide: 1,2A
- ✦ Puissance: 350 W
- ✦ Nombre de pôles: 14
- ✦ Rendement: 5,93 grammes/Watt
- ✦ Couple en continu: 163,6Nm

- ♦ Résistance interne: 100mOhm
- ♦ Axe court
- ♦ Diamètre de l'axe du porte hélice: 6mm
- ♦ Longs câbles (80cm)
- ♦ 3 roulements Poids: 106 grammes (sans les câbles)
- ♦ Dimensions (h x d): 35 x 38 mm
- ♦ Hélices possibles: de 12" à 14x7"
- ♦ Distance entre les trous de montage: 19 mm et 25 mm **[66]**

Pour contrôler efficacement ces moteurs et assurer leur fonctionnement optimal, il est essentiel de choisir le bon contrôleur de vitesse. Le contrôleur de vitesse est un dispositif qui régule le courant électrique traversant les moteurs, permettant ainsi de régler leur vitesse et de diriger la puissance de manière précise.

Lors du choix d'un contrôleur de vitesse, plusieurs facteurs importants doivent être pris en compte, tels que le courant électrique pris en charge, la tension électrique, le courant continu nominal, la capacité de charge, l'efficacité et la compatibilité avec le type de moteur et l'application prévue.

Certains contrôleurs de vitesse sont dotés de fonctionnalités supplémentaires telles que la protection contre les surcharges, la protection contre la chaleur et des interfaces de contrôle avancées permettant de personnaliser les réglages de vitesse et d'accélération.

De plus, le contrôleur de vitesse doit être compatible avec le système de contrôle principal du drone, tel que le PIXHAWK 2.4.8, pour garantir une compatibilité et une intégration harmonieuses entre les composants du système. En résumé, le choix du bon contrôleur de vitesse joue un rôle crucial dans la réalisation d'un fonctionnement fiable et efficace des moteurs, contribuant ainsi à assurer la stabilité et les performances supérieures du drone.

Puisque nous avons choisi un moteur ALTIGATOR A3536, le variateur de vitesse optimal est du type :**ESC _40A**



Figure 34: Contrôleur de vitesse (ESC) 40A [67]

- **Contrôleur de vol**

Le contrôleur de vol est le cerveau du drone, responsable de la stabilisation, de la navigation et du contrôle global de l'aéronef.

Il reçoit des données des capteurs intégrés tels que les gyroscopes, les accéléromètres et parfois même les baromètres et les GPS, pour calculer en temps réel l'attitude, la vitesse et la position du drone dans l'espace. En fonction de ces informations, le contrôleur de vol envoie des commandes aux moteurs pour maintenir la stabilité et la trajectoire désirée.

Avec les avancées technologiques, les contrôleurs de vol sont devenus de plus en plus sophistiqués, offrant des fonctionnalités telles que le maintien d'altitude, le retour automatique à la maison, les modes de vol intelligents et la stabilisation avancée de la caméra.

En bref, le contrôleur de vol joue un rôle crucial dans la performance et la sécurité des drones, et le choix du bon contrôleur de vol est essentiel pour garantir le bon fonctionnement et la fiabilité de l'aéronef.

Nous avons choisi le contrôleur de vol de type **PIXHAWK 2.4.8**.



Figure 35:PIXHAWK 2.4.8. [68]

Le contrôleur de vol PIXHAWK 2.4.8 est l'une des plateformes de contrôle de vol les plus avancées et les plus polyvalentes disponibles sur le marché.

Il est largement utilisé dans l'industrie des drones professionnels, ainsi que par les amateurs et les développeurs pour une grande variété d'applications.

Ce contrôleur de vol est basé sur un microcontrôleur STM32F427 avec un processeur ARM Cortex-M4, offrant une puissance de traitement élevée et une grande flexibilité pour exécuter des algorithmes de contrôle sophistiqués.

Il est équipé de multiples capteurs intégrés, y compris des gyroscopes, des accéléromètres, des magnétomètres, un baromètre, et même un récepteur GNSS (GPS,

GLONASS, Galileo, etc.), ce qui lui permet d'obtenir des informations précises sur l'attitude, la position et le mouvement de l'aéronef.

Le PIXHAWK 2.4.8 prend en charge une variété de modes de vol, y compris le maintien d'altitude, le maintien de position, le mode de vol assisté, le retour automatique à la maison, et bien d'autres. Il offre également une compatibilité avec un large éventail de logiciels de pilotage automatique open-source, tels que ArduPilot et PX4, offrant ainsi une grande flexibilité pour personnaliser et adapter les fonctionnalités du drone selon les besoins spécifiques de l'utilisateur. De plus, le PIXHAWK 2.4.8 dispose de ports d'extension multiples, ce qui permet d'ajouter des périphériques supplémentaires tels que des capteurs spéciaux, des caméras, des modules de transmission de données, etc., pour étendre encore les capacités du drone. En résumé, le contrôleur de vol PIXHAWK 2.4.8 est un choix populaire en raison de sa robustesse, de sa fiabilité et de sa polyvalence, et il est largement utilisé dans une variété d'applications, notamment la cartographie aérienne, la surveillance, la recherche et le sauvetage, et bien d'autres encore.

VI.3.2. 2.4..Les capteurs inclus avec le drone

- **Capteurs température "Sonde étanche DS18B20"**

Le capteur de température étanche DS18B20 est un type de capteur intelligent résistant à l'eau utilisé pour mesurer la température. Il est spécialement conçu pour mesurer les températures dans des environnements humides et humides.

Ces capteurs sont fiables, précis et faciles à utiliser, ce qui en fait un choix courant dans les applications de drones. L'importance de l'utilisation de ce capteur dans le drone réside dans sa capacité à fournir des lectures précises de la température dans un environnement aquatique. Il peut être utilisé pour mesurer la température de l'eau lors de l'utilisation du drone dans des applications aquatiques telles que la surveillance de l'environnement aquatique, l'évaluation de la qualité de l'eau, la recherche scientifique dans les environnements aquatiques, et autres.

Grâce à ses propriétés étanches, ce capteur peut fonctionner efficacement et avec précision dans des environnements aquatiques sans risque de dommage ou de perte de précision dans les lectures.



Figure 36: Sonde étanche DS18B20 mesurer une température de -55 à + 125 °C [69]

- **Capteur pH "DFROBOT SEN0161"**

Le capteur de pH "DFROBOT SEN0161" est un composant essentiel dans de nombreuses applications liées à la surveillance de la qualité de l'eau, que ce soit dans des environnements naturels, des systèmes d'irrigation agricole ou des réservoirs de traitement des eaux.

Sa principale fonction est de mesurer le niveau d'acidité ou d'alcalinité d'une solution aqueuse, ce qui est essentiel pour évaluer la santé des écosystèmes aquatiques, ajuster les niveaux de pH dans les cultures agricoles et garantir la potabilité de l'eau potable. L'importance de ce capteur réside dans sa capacité à fournir des données précises et en temps réel sur le pH de l'eau, ce qui permet aux utilisateurs de prendre des mesures correctives appropriées si nécessaire.

Par exemple, dans l'agriculture, un pH approprié du sol et de l'eau d'irrigation est crucial pour une croissance optimale des plantes. De même, dans les applications de traitement de l'eau, un contrôle précis du pH est nécessaire pour garantir l'efficacité des processus de désinfection et d'élimination des contaminants.

En résumé, le capteur de pH "DFROBOT SEN0161" joue un rôle essentiel dans la surveillance et le maintien de la qualité de l'eau, et son utilisation est cruciale pour garantir la santé des écosystèmes aquatiques, la productivité agricole et la sécurité de l'eau potable.



Figure 37: DFROBOT SEN0161/0-14pH/ ± 0.1 pH [70]

- **Capteurs Oxygène dissous**

Les capteurs d'oxygène dissous sont des éléments essentiels dans les environnements aquatiques, car ils influent considérablement sur la santé des écosystèmes aquatiques et des organismes dépendants de l'eau. Ainsi, mesurer le niveau d'oxygène dissous dans l'eau est crucial pour comprendre la santé de l'environnement aquatique et anticiper les problèmes environnementaux potentiels. L'oxygène dissous est mesuré à l'aide d'un capteur appelé capteur d'oxygène dissous.

Ce dispositif mesure la quantité d'oxygène dissous dans une unité standard d'eau et exprime généralement le résultat en concentration, telle que milligrammes par litre (mg/L) ou parties par million (ppm).

L'importance du capteur d'oxygène dissous réside dans sa capacité à fournir des mesures précises du niveau d'oxygène dissous dans l'eau, permettant aux chercheurs et aux spécialistes de déterminer la qualité de l'eau et des environnements aquatiques, ainsi que d'estimer les effets de la pollution et des changements environnementaux sur les écosystèmes.

Par exemple, les mesures d'oxygène dissous peuvent être utilisées pour évaluer la santé environnementale des lacs et des rivières, ainsi que pour évaluer l'efficacité des processus de purification dans les stations de traitement des eaux.

En général, la mesure du niveau d'oxygène dissous dans l'eau à l'aide d'un capteur d'oxygène dissous est un outil extrêmement important pour surveiller la qualité de l'eau et préserver la santé des environnements aquatiques.



Figure 38: Sonde O2 dissous [71]

- **Camera Runcam5 orange:**

La caméra Runcam5 Orange est un élément essentiel pour collecter des données et enregistrer les catastrophes naturelles au moment de leur survenue en étant montée sur un drone. Fournir des images et des vidéos de haute qualité est crucial pour surveiller les catastrophes naturelles et évaluer les dommages de manière efficace.

La Runcam5 Orange peut capturer des images et des vidéos hautes résolutions montrant les dommages et les changements causés par des catastrophes naturelles telles que les tremblements de terre, les inondations, les incendies et les tempêtes violentes.

Ces données visuelles aident à estimer l'étendue des dommages et à guider les efforts de sauvetage et de rétablissement de manière plus efficace.

De plus, les images et les vidéos de la caméra Runcam5 Orange peuvent être utilisées dans l'analyse post-catastrophe pour comprendre les causes des catastrophes et évaluer la réponse des autorités et des communautés locales.

Ces données jouent un rôle important dans l'amélioration des mesures de prévention et de planification pour faire face aux risques futurs.

En résumé, la caméra Runcam5 Orange joue un rôle crucial dans la surveillance et l'enregistrement des catastrophes naturelles dès leur survenue, fournissant les données nécessaires pour évaluer les dommages et guider les opérations de sauvetage et de rétablissement de manière efficace.



Figure 39: caméra Runcam5 [72]

- **Captures Turbidité**

L'importance de l'utilisation des capteurs de turbidité dans notre drone réside dans leur capacité à fournir des informations vitales sur la qualité et la clarté de l'eau. La turbidité de l'eau peut indiquer la présence d'impuretés ou de particules dans l'eau, ce qui peut avoir des effets néfastes sur l'environnement aquatique et affecter la vie sauvage et humaine dépendant des ressources en eau.

Les capteurs de turbidité mesurent la transparence de l'eau en fonction de la quantité de lumière absorbée ou réfléchie lors de son passage à travers l'eau. Ainsi, la mesure du niveau de turbidité aide à estimer la quantité de particules en suspension dans l'eau et leur impact sur la qualité de l'eau. L'installation de capteurs de turbidité sur le drone permet d'effectuer des vols au-dessus de différentes étendues d'eau et de surveiller efficacement le niveau de turbidité dans différentes zones.

Cela permet aux chercheurs et aux spécialistes de l'eau d'évaluer la qualité de l'eau à grande échelle et de réagir rapidement en cas de découverte de changements soudains dans le niveau de turbidité, contribuant ainsi à protéger l'environnement aquatique et à préserver la santé des ressources en eau.

Ainsi, l'utilisation de capteurs de turbidité sur le drone joue un rôle important dans la surveillance de la qualité de l'eau et la détection de tout changement anormal dans le niveau de turbidité, contribuant à la protection de l'environnement aquatique et à assurer sa durabilité pour les générations futures.



Figure 40: Capteur de turbidité SEN0189 [73]

Pour faire fonctionner ces capteurs, il est nécessaire de les connecter à une carte Arduino et de les programmer.

Avec l'intégration du microcontrôleur Renesas RA4M1 et de l'Espressif ESP32-S3, l'Arduino UNO R4 WiFi rassemble des capacités de traitement avancées et une connectivité sans fil innovante.

De plus, les créateurs peuvent profiter de la matrice LED 12x8 intégrée, du connecteur Qwiic, du VRTC et des broches OFF, garantissant ainsi que toutes les exigences de leur projet sont satisfaites. L'UNO R4 WiFi offre une solution transparente pour améliorer vos projets en intégrant des capacités sans fil, vous permettant d'étendre la portée de votre configuration existante.

Que vous soyez un créateur novice ou expérimenté, cette carte fournit tous les éléments nécessaires pour enflammer votre imagination et lancer votre premier projet

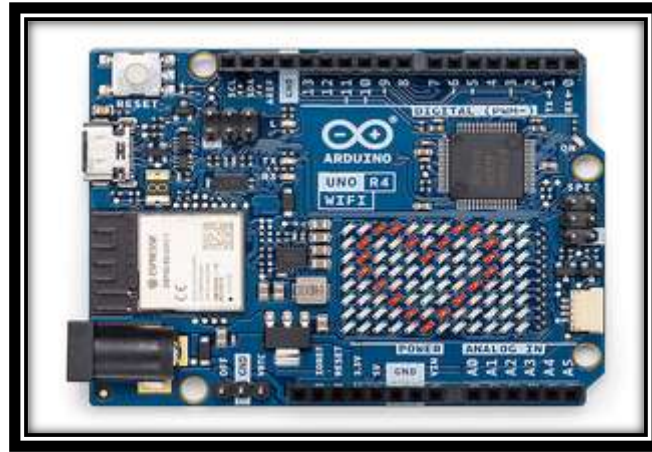


Figure 41 : Arduino® UNO R4 WiFi[74]

Conclusion

La gestion durable des ressources hydriques est devenue un enjeu crucial dans de nombreuses régions du monde, y compris la Wilaya de Mila en Algérie. Face à des défis tels que la rareté de l'eau, la croissance démographique et les pressions sur les ressources, il est essentiel d'évaluer la situation actuelle et d'identifier les points forts et les points faibles de la gestion de l'eau dans la région.

L'évaluation de la situation actuelle met en évidence des défis majeurs tels que la dépendance aux précipitations irrégulières, la surexploitation des ressources en eau souterraine et la pollution de l'eau. Les infrastructures vieillissantes et la fragmentation de la gestion ajoutent également des obstacles à une gestion efficace de l'eau.

Pour surmonter ces défis, plusieurs solutions et améliorations sont proposées, notamment la modernisation des infrastructures, la gestion intégrée des ressources en eau et la promotion de pratiques agricoles durables.

De plus, le développement et l'utilisation d'innovations telles que le "SolarAqua Drone" peuvent jouer un rôle crucial dans la surveillance et la gestion des ressources hydriques. Le "SolarAqua Drone" offre de nombreux avantages, notamment son caractère écologique grâce à son utilisation partielle de l'énergie solaire, son économie grâce à son fonctionnement autonome et ses capacités polyvalentes qui lui permettent de s'adapter à diverses applications environnementales. En combinant ses avantages avec une approche intégrée de la gestion de l'eau, il offre une solution complète et innovante pour assurer une utilisation durable des ressources hydriques dans la Wilaya de Mila.

En conclusion, la gestion durable des ressources hydriques dans la Wilaya de Mila nécessite une approche holistique, combinant l'amélioration des infrastructures, la

sensibilisation et l'adoption de technologies innovantes telles que le "SolarAqua Drone". Avec un engagement communautaire et une coordination efficace entre les parties prenantes, il est possible de relever les défis actuels et de garantir un accès équitable à l'eau pour les générations futures

CONCLUSION GÉNÉRAL

En conclusion, la gestion de l'eau revêt une importance capitale afin de garantir un développement durable à long terme. Les défis de la gestion de l'eau ont été renforcés par les pressions croissantes sur les ressources en eau, en particulier en raison de la croissance démographique, du changement climatique et de l'urbanisation.

La préservation de l'eau joue un rôle essentiel dans l'accomplissement des objectifs de développement durable d'une nation. Une gestion efficace de l'eau est essentielle pour atteindre des objectifs tels que l'accès universel à une eau potable et salubre, la promotion de l'agriculture durable, la réduction des effets du changement climatique et la préservation de la biodiversité. Dans cette étude, après avoir exposé les données sur le climat, la population et les ressources en eau, nous pouvons dire que l'État bénéficie d'un climat semi-modéré au nord et semi-aride au sud. Il est également important de noter que l'État dispose de nombreuses ressources en eau et ne souffre pas de pénurie.

Après avoir exposé les problèmes nationaux et locaux liés à l'eau, nous pouvons conclure que la crise de l'eau réside dans les problèmes de gestion plutôt que dans une pénurie de ressources en eau. Après avoir présenté les besoins en eau de l'État, il apparaît que la demande en eau augmente avec l'augmentation de la population, des usines, des infrastructures et des zones agricoles, ce qui indique une relation de corrélation entre ces facteurs. Il est crucial que le gouvernement, les organisations, les entreprises et les communautés collaborent pour mettre en œuvre des stratégies de gestion de l'eau qui soient durables et équitables.

Cela nécessite des investissements dans l'infrastructure hydraulique, des politiques efficaces de gestion des ressources en eau, ainsi que des pratiques agricoles et industrielles responsables. En agissant de manière coordonnée, nous pouvons assurer une gestion responsable de cette ressource vitale et garantir un avenir durable pour les générations à venir. Après analyse et prévision, nous avons proposé une solution pour faciliter la gestion des ressources en eau, à savoir l'utilisation de drones pour collecter rapidement et précisément des données.

Cette solution aidera à fournir des informations précises et efficaces pour améliorer la gestion des ressources en eau dans l'État et mieux répondre aux besoins croissants en eau.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Administrative, Organisation. 2021. Disponible à :
[:https://interieur.gov.dz/Monographie/article_detail.php?lien=729&wilaya=43&fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMATAAR2xLKukBSS8UwQrTnlXAl_iK3lIgshVMUg4gkeYubGttRy2mVmNbrRdTAQ_aem_Ad9utN6LcjdkffoJdfFAfaDvQDPR-ExOxVOAQWJq97aUyoVgn_mUXOt2v2GBJAp8jEEyMM-QGAaUkLuv3-8AZ8yI](https://interieur.gov.dz/Monographie/article_detail.php?lien=729&wilaya=43&fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMATAAR2xLKukBSS8UwQrTnlXAl_iK3lIgshVMUg4gkeYubGttRy2mVmNbrRdTAQ_aem_Ad9utN6LcjdkffoJdfFAfaDvQDPR-ExOxVOAQWJq97aUyoVgn_mUXOt2v2GBJAp8jEEyMM-QGAaUkLuv3-8AZ8yI).
- [2] ANIREF. Monographie de la wilaya de MILA. Disponible à :
<https://www.aniref.dz/DocumentsPDF/monographies/MONOGRAPHIE%20WILAYA%20MILA.pdf>.
- [3] Past Weather. *National Centers for Environmental Information*. Disponible à :
<https://www.ncei.noaa.gov/access/past-weather/Algeria>
- [4] Remini, Boualem. . Larhyss Journal, pp. 51-81.
- [5] Boutoutaou, D. note sur l'évaporation des plans d'eau (barrage, lac, cours d'eau, chott, sebkha, etc.) en Algérie. 20 janvier 2011. Disponible à : <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/3275/1/BOUTOUTAOU%20D.pdf>.
- [6] Remini, B. l'évaporation des lacs de barrages dans les régions arides et semi-arides: exemples Algériens. 2005, Larhyss Journal, pp. 81-89.
- [7] Kias, Ghoulzan, et Belhaine, Manal. Étude Qualitative des Données des eaux du Barrage Béni Haroun. Wilaya de Mila. Jijel : Université Mohammed SeddikBenyahia-Jijel, 2020.
- [8] Bouabibsa, Kheireddine, et Moudjed, Rabah. L'envasement des barrages. Blida : université Saad Dahlab - Blida 1, 2017.
- [9] Lakache, Halima, Nouaceur, Zeineddine, et Mebarki, Azeddine. La variabilité spatio-temporelle des apports du bassin Kebir-Rhumel à l'amont du barrage Beni Haroun. Constantine : université mentouriconstantine, algerie.
- [10] abdelsslamme, kabour la gestion integre de ressources en eau. Mila : université mila, 2024.
- [11] FAO. (2018). Eau et agriculture. Disponible à : <https://www.fao.org>.
- [12] Partenariats et coopération pour l'eau. (2024). retrieved May 27, 2024, from digitallibrary.un.org/record/4007797/files/Water2023fre.pdf.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [13] UNICEF. Eau, assainissement et hygiène. 2019. Disponible à : <https://www.unicef.org/fr/th%C3%A8mes/eau-assainissement-et-hygi%C3%A8ne>.
- [14] OMS. Qualité de l'eau pour la consommation humaine. 2017. Disponible à : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.
- [15] Les solutions fondées sur la nature pour la gestion de l'eau. Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2018.
- [16] UNESCO. L'eau et le patrimoine culturel. 2015. Disponible à : https://www.icomos.org/18thapril/2011/index_fr.html.
- [17] Convention sur la diversité biologique. L'eau et la biodiversité. 2010. Disponible à : https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-fr-web.pdf&ved=2ahUKEwiRv-nMjKmGAxWp_7siHT_5BloQFnoECBIQAw&usg=AOvVaw2V35-gQXmzmBkSJUAChmEl.
- [18] Ground water Resources Management. Gestion durable des ressources en eau souterraine. 2018. Disponible à : <https://alternatives-rurales.org/gestion-durable-des-ressources-en-eau-souterraine-au-maroc-et-en-tunisie-quels-apports-de-quelques-experiences-fonctionnelles-pour-reflechir-a-des-solutions-locales/>.
- [19] GIEC. Changement climatique 2021 : Les contributions du Groupe de travail I au Sixième rapport d'évaluation du GIEC. 2021. Disponible à : <https://www.globalshift.ca/rapport-de-synthese-du-sixieme-cycle-devaluation-du-giec/>.
- [20] Moulai, Riadh. Researchgate. 2018. Disponible à : https://www.researchgate.net/figure/situation-geographique-du-barrage-de-Beni-Haroun_fig1_329130789.
- [21] Wikipedia. 02 mai 2023. Disponible à : https://fr.wikipedia.org/wiki/Barrage_de_Beni_Haroun.
- [22] Middleeasteye. Disponible à : <https://www.middleeasteye.net/fr/reportages/algerie-environnement-barrage-beni-haroun-eau-peche>.
- [23] Zoghbi, Fatima, et Amira, Sarra. Modélisation et prévision de la pluviométrie. Apport et Transferts des Eaux : cas du Barrage Beni Haroun. Bejaia : Université Abderahmane MIRA - Bejaia, 2016.
- [24] Marouf, Nadir. Étude de la Qualité des Eaux et de Transport Solide dans le Barrage de Béni-Haroun (Mila), Son Impact sur l'Environnement de la Région. Biskra : Université de Mohamed Khider - Biskra, 2012.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [25] Remini, B., et Toumi, A. Perte de la capacité de stockage d'eau au barrage de Beni Haroun, Algérie. Janvier 2018, SAGREN, pp. 80-97.
- [26] ANBT. Disponible à : http://197.112.0.211/soudoud-dzair/index.php?action=esmap_vect&table=chahidgis_barrage&id=40.
- [27] Toumi, A., et Remini, B. La problématique des fuites d'eau du barrage Hammam Grouz. 2006, Larhyss Journal, pp. 41-48.
- [28] Lahreche, Chima, et Laraba, Douaa. Contribution à l'étude de la qualité des eaux du Barrage Hammam Grouz dans la Wilaya de Mila. Mila : Centre Universitaire AbdelhafidBoussouf - Mila, 2021
- [29] Boussekine, Mourad. Étude de l'aléa « rupture de barrage » qui correspond à la formation d'une onde de submersion, à l'origine d'une élévation brutale du niveau de l'eau à l'aval du barrage Hammam Grouz - Algérie. Annaba : Université Badji Mokhtar Annaba, 2017.
- [30] Eralcons. Disponible à : <https://www.eralcons.com/fr/mila-qued-athmenia-qued-athmania-dam.html>.
- [31] Wikipedia. 26 avril 2021. Disponible à : [#وادي_الكبير](https://ar.wikipedia.org/wiki/وادي_الكبير).
- [32] Boulahbal, S., et Mebarki, A. Bilan et fonctionnement hydrologique du Barrage de Béni Haroun (Oued Kébir-Rhumel, Algérie Orientale) - Papier De Conférence. 2013.
- [33] KOUSSA, Miloud et Mohamed-Tewfik, BOUZIANE. Apport de SIG a la cartographie des zones à risque d'érosion hydrique dans le bassin versant de Beni Haroun, Mila, Algérie. [En ligne] 2018. . Disponible à https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.geoecotrop.be%2Fuploads%2Fpublications%2Fpub_421_04.pdf&psig=AOvVaw2HAm93YAZuN0pxiE7Np2M-&ust=1716823512352000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBIQjhxqFwoTCIi-g5TQq4YDFQAAAAAdAAAAABAE.
- [34] Bendjazia, L., et Benmoubarek, N. Identification et caractérisation des ressources en eaux dans la Wilaya De Jijel (Nord-Est Algérien). Jijel : Université De Mohammed SeddikBenyahia - Jijel, 2015.
- [35] Kaouache, Kh., Merzouk, A., et Rouabeh, I. Rôle des deux stations d'épuration (Ain BaidaHarriche et Sidi Merouane) dans la dépollution des eaux usées. Mila : Centre Universitaire AbdelhafidBoussouf - Mila, 2022.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [36] Saadoun, W. Quantification des rejets des eaux résiduaires de la région de Mila et leurs impacts sur la retenue du Barrage De Beni Haroun - Mémoire De Master. Oum El Bouaghi : Université Larbi Ben M'hidi - Oum El Bouaghi, 2012.
- [37] DHW. *réparation de ressources exploitées par communes 2021*. s.l. : DHW, 2023
- [38] Bourbia, Y., et Chenti, A. Carte hydrogéologique au 1/50 000 de Oued-Athmenia-Teleghma (Wilaya de Mila) secteur sud. Constantine : Université Frères Mentouri Constantine, 2018.
- [39] Khedidja, A. Caractérisation des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère de Tadjnant-Chelghoum Laid et impact de la pollution des eaux de surface sur les eaux souterraines - Thèse De Doctorat. Batna : Université Batna 2, 2016.
- [40] .Mehdi, S., et Merouane, S. Gestion durable de l'eau potable et industrielle dans la commune de Tizi-Ouzou: application à l'ADE et à l'ONA - Mémoire De Master. TiziOuzou : Université Mouloud Mammeri De TiziOuzou, 2017
- [41] Halima, L.*Etude de la variabilité des apports hydrologiques des oueds rhumel- endja au barrage Béni Haroun (Algérie orientale). Enjeux du climat et de l'environnement*. Constantine : Université Frères Mentouri Constantine 1, 2022.
- [42] *Etude des étapes d'oxydation/désinfection de la station de traitement des eaux D'ain Tinn (Mila, Est Algérien)*. F, Chabbi. et Achour, S. 2017, Larhyss Journal, p. 31.
- [43] google earth. [En ligne]
- [44] . *Réseaux de neurones artificiels pour la modélisation du dosage du coagulant dans les stations de traitements des eaux de surface à faible turbidité*. Belourghi, B, Houichi, L et Salim, H. 2012. Séminaire International Euro-Méditerranéen.
- [45] . Brahimi, R.*Caractérisation des boues résiduaires produites a la station d'épuration des eaux usées Sidi Marouane Mila*. Constantine : Universite Frères Mentouri Constantine 1. , 2022.
- [46] *LES RESSOURCES EN EAU DANS LA WILAYA DE MILA :MOBILISATION, CONSOMMATION ET COMPORTEMENT DE MENAGES*. Boudjemaa, SOUKEHAL et CHERRAD, Salah Eddine. Décembre 2011, Sciences & Technologie, pp. 19-25.
- [47] ade dz. [En ligne] <https://www.ade.dz/>.
- [48] .Amine, Bourouissa, Ayoub, Bouherour et Ameur, Chennib.*EVALUATION ET GESTION DES POTENTIALITES HYDRIQUES DE LA WILAYA DE MILA*. Mila : s.n., 2023.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [49] Imene, hadhoud et Khedrouche, Ghada. *Analyse actuelle et prévision future des ressources en eau du sous bassin versant kébir amont enndja wilaya de mila*. jijel : unéversité mohammed seddikbenyahia jijel, 2020.
- [50] 101- 01من المرسوم التنفيذي رقم 06 للمادة
- [51] الجريدة. المتضمن إنشاء الديوان الوطني للتطهير 2001أفريل 21 للمؤرخ في 01-102/المرسوم التنفيذي 2001. 22 أفريل 24. الرسمية عدد
- [52] ONID. [En ligne] https://onidri.dz/societe_mere..
- [53] 2005, journal officiel de la république algérienne, pp. 3-18.
- [54] *DESSALEMENT D'EAU DE MER : OPTION INCONTOURNABLE POUR L'ALGERIE* Université SAAD Dahleb (Blida). - Laboratoire LRS – EAU (E.N.P) Alger.
- [55] *L'innovation une problématique de la gestion de l'eau en Algérie* Innovation a problem of water management in Algeria. 2006, El-Wahat for Research and studies.
- [56] bilan annuel. ONA DZ. [En ligne] 2019. <http://ona-dz.org/>.
- [57] Belmihoub, Ait Allala Nouara Ep et Saidani , Melissa. *Enquête sur l'évolution du secteur de l'assainissement et de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture en Algérie*. Tizi Ouzou : université mouloud mammeri- Tizi Ouzou, 2020.
- [58] *Rapport sous régional pour Afrique du Nord*. tunis : 7ème Forum Mondial de l'Eau, 2014.
- [59] *le management intégré des ressources en eau en algérie :enjeux et contraintes*. badreddine, talbi et Souak, fatima zohra. 2016, internastional journal of economics and strategic management of business process, pp. 67-72.
- [60] ANRH. [En ligne] <http://www.anrh.dz/>.
- [61] ANM. [En ligne] <https://www.meteo.dz/>.
- [62] interplast. [En ligne] [https://interplast.com/ingreen/fr/systeme-dirrigation-par-aspersion/..](https://interplast.com/ingreen/fr/systeme-dirrigation-par-aspersion/)
- [63] gammvert.fr. [En ligne] <https://www.gammvert.fr/conseils/conseils-de-jardinage/comment-installer-un-arrosage-goutte-a-goutte-dans-son-potager>.
- [64] INBW. [En ligne] <https://www.inbw.be/comment-fonctionne-une-station-depuration>.
- [65] HEXA-EX - CHÂSSIS PLIABLE EN TEXALIUUM - POUR 6 MOTEURS. *drones.altigator.com*. [En ligne] <https://drones.altigator.com/hexaex-foldable-frame>

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [in-texalium-for-6-motors-p-40393.html?language=fr.](https://www.altigator.com/altigator-a3536-mikrokoetter-special-motor-350w-p-40457.html?language=fr)
- [66] MOTEUR ALTIGATOR A3536 - SPÉCIAL MIKROKOPTER 350W. *drones.altigator.com*. [En ligne] 2024. [https://drones.altigator.com/altigator-a3536-mikrokoetter-special-motor-350w-p-40457.html?language=fr.](https://drones.altigator.com/altigator-a3536-mikrokoetter-special-motor-350w-p-40457.html?language=fr)
- [67] controleur moteur brushless ESC 40A. *Orbit DZ*. [En ligne] [https://www.orbit-dz.com/product/controleur-moteur-brushless-esc-40a-2-4s/?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMATAAR2ZrBhlXPfuiIClz6qNn38-K-bYCzfjCGGCCgAbUJ95CDE4cFDn8ne8zCU_aem_Ac_3XRi8QpI9rngJZSuh-arj2UGCsEmXqnFmo1XsHLv2Zxm9AQsotAAYdXZnjtqzMXzL8jj3VgSsmUr4HtlqR7Za.](https://www.orbit-dz.com/product/controleur-moteur-brushless-esc-40a-2-4s/?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMATAAR2ZrBhlXPfuiIClz6qNn38-K-bYCzfjCGGCCgAbUJ95CDE4cFDn8ne8zCU_aem_Ac_3XRi8QpI9rngJZSuh-arj2UGCsEmXqnFmo1XsHLv2Zxm9AQsotAAYdXZnjtqzMXzL8jj3VgSsmUr4HtlqR7Za)
- [68] Pixhawk PX4 2.4.8 32 bit ARM PX4FMU PX4IO. *binarytech-dz*. [En ligne] [https://binarytech-dz.com/produit/arduino-raspberry/raspberry-et-autres/pixhawk-px4-2-4-8-32-bit-arm-px4fmu-px4io/.](https://binarytech-dz.com/produit/arduino-raspberry/raspberry-et-autres/pixhawk-px4-2-4-8-32-bit-arm-px4fmu-px4io/)
- [69] sonde étanche DS18B20. *gotronic*. [En ligne] [https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fwww.gotronic.fr%2Fart-sonde-etanche-ds18b20-19339.htm%3Ffbclid%3DIwZXh0bgNhZW0CMATAAR1N7eS1-2maAkyRuv5p0WbiOH1toJcBN5fmlEmY51qCseiw_A_cFQ_MS-g_aem_Ac-tlMacJhY8W0lRMDKoVNvvlS2D5_Kg61uqicH6Y-9CEfwqPIbbry_4ZVjbO-.](https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fwww.gotronic.fr%2Fart-sonde-etanche-ds18b20-19339.htm%3Ffbclid%3DIwZXh0bgNhZW0CMATAAR1N7eS1-2maAkyRuv5p0WbiOH1toJcBN5fmlEmY51qCseiw_A_cFQ_MS-g_aem_Ac-tlMacJhY8W0lRMDKoVNvvlS2D5_Kg61uqicH6Y-9CEfwqPIbbry_4ZVjbO-)
- [70] DFROBOT SEN0. *ch.farnell.com*. [En ligne] [https://ch.farnell.com/fr-CH/dfrobot/sen0161/kit-capteur-compteur-ph-analog/dp/2946120.](https://ch.farnell.com/fr-CH/dfrobot/sen0161/kit-capteur-compteur-ph-analog/dp/2946120)
- [71] Sonde O2dissous. *www.aquams.com*. [En ligne] [https://www.aquams.com/mesure-en-continu/sonde-o2-dissous/.](https://www.aquams.com/mesure-en-continu/sonde-o2-dissous/)
- [72] RunCam 5Orange. *shop.runcam.com*. [En ligne] [https://shop.runcam.com/runcam-5-orange/.](https://shop.runcam.com/runcam-5-orange/)
- [73] Capteur de turbidité SEN0189. *gotronic*. [En ligne] [https://www.gotronic.fr/art-capteur-de-turbidite-sen0189-27864.htm.](https://www.gotronic.fr/art-capteur-de-turbidite-sen0189-27864.htm)
- [74] Arduino® UNO R4 WiFi. *store.arduino.cc*. [En ligne] 2024. [https://store.arduino.cc/?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMATAAR3sHRI58MALrUf3wxc2dOQMKEHn_orKY9PzuI5lX66Fa_FwSS8FCR3ZZWo_aem_Ad_4yRa2hNzlqT8HuadP1ClSpKreWfvH7Y3ZX-EFpXBZne-vecFPUThvJEDZVRX_bNYinHcQmztIeJ3gPEO_Capn.](https://store.arduino.cc/?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMATAAR3sHRI58MALrUf3wxc2dOQMKEHn_orKY9PzuI5lX66Fa_FwSS8FCR3ZZWo_aem_Ad_4yRa2hNzlqT8HuadP1ClSpKreWfvH7Y3ZX-EFpXBZne-vecFPUThvJEDZVRX_bNYinHcQmztIeJ3gPEO_Capn)
- [75] LAKACHE, Halima, NOUACEUR, Zeineddine et Azeddine , MEBARKI.LA *VARIABILITE SPATIO-TEMPORELLE DES APPORTS DU BASSIN KEBIR-RHUMEL A L'AMONT DU BARRAGE BENI HAROUN*. Constantine : Université

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Mentouri Constantine, Algérie.

- [76] Sabri, Dr BERHAIL. Gestion des Ressources Hydriques. mila : s.n., 2019.