Université d'Oran 2
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme
de Master En Risques
Géologiques

Le risque de stress hydrique en région oranaise : stratégie et gestion par l'apport du modèle WEAP

Présenté et soutenu par :

Melle : **ZEBIDA Imène**

Devant le jury composé de :

Mr. FOUKRACHE Mohamed	Maître-Assistant	Université d'Oran 2	Président
Mr. MANSOUR Hamidi	Professeur	Université d'Oran 2	Rapporteur
Mr. BORSALI Tewfik	Maître-Assistant	Université d'Oran 2	Examinateur

Année 2024/2025

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Un immense merci à mon encadrant Mr MANSOUR Hamidi pour ses conseils précieux et son soutien tout au long de cette étude.

Je remercie également ma famille et mes amis pour leur encouragement constant et leur patience.

Dédicace

Je dédie ce travail à ma famille, qui m'a toujours soutenu avec amour et bienveillance.

À mes amis et collègues, pour leur précieuse compagnie et leur encouragement.

Et enfin, à tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont cru en moi et m'ont aidé à mener ce projet à bien.

Résumé

Assurer une gestion efficace et durable des ressources en eau est devenu une priorité stratégique face aux pressions multiples exercées sur le cycle hydrique, notamment dans les régions semi-arides comme la Wilaya d'Oran. Cette dernière fait face à un déséquilibre croissant entre l'offre et la demande en eau, accentué par la croissance démographique, l'urbanisation rapide, les besoins industriels et agricoles accrus, ainsi que la variabilité climatique.

Le système d'approvisionnement repose sur une combinaison complexe de transferts inter-barrages (Béni Bahdel, Gargar, MAO), et sur l'exploitation soutenue des nappes souterraines (Brédéah, Arzew, Murdjadjo), exposées à des risques de surexploitation, d'intrusion saline et de dégradation qualitative. Par ailleurs, la région est marquée par des risques géologiques notables – glissements de terrain, instabilités, érosion, sismicité – qui menacent la sécurité des infrastructures hydrauliques et la pérennité des ressources.

Dans ce contexte, l'étude propose une approche intégrée de diagnostic et de modélisation à l'aide de l'outil WEAP (Water Evaluation and Planning System), afin d'évaluer les équilibres hydriques à l'horizon 2030, tout en tenant compte des contraintes naturelles et humaines. Cette modélisation prospective permet d'analyser différents scénarios d'évolution de la demande et d'identifier les leviers d'action pour une meilleure gestion.

Les résultats obtenus mettent en lumière la nécessité d'adopter des stratégies de gestion adaptatives, multidimensionnelles et basées sur des données fiables, pour garantir la sécurité hydrique d'Oran à long terme face aux défis environnementaux et géotechniques.

Mots clés : Approvisionnement en eau, Vulnérabilité environnementale, Changements hydrologiques, Développement territorial, Analyse des aléas, Systèmes de gestion, Adaptation climatique, Simulation des ressources.

الملخص

أصبح ضمان الإدارة الفعالة والمستدامة للموارد المائية أولوية استراتيجية في مواجهة الضغوط المتعددة على دورة المياه، وخاصة في المناطق شبه القاحلة مثل ولاية وهران. ويواجه هذا العالم اختلالاً متزايداً في التوازن بين العرض والطلب على المياه، وهو ما يتفاقم بسبب النمو السكاني، والتوسع الحضري السريع، وزيادة الاحتياجات الصناعية والزراعية، فضلاً عن تقلبات المناخ.

ويعتمد نظام الإمداد على مزيج معقد من عمليات النقل بين السدود (بني بهدل، وغرغار، وماو)، وعلى الاستغلال المستدام للمياه الجوفية (بريدياه، وأرزيو، ومردجادجو)، المعرضة لمخاطر الاستغلال المفرط، وتسلل المياه المالحة، والتدهور النوعي. علاوة على ذلك، تتميز المنطقة بمخاطر جيولوجية كبيرة -الانهيارات الأرضية، وعدم الاستقرار، والتآكل، والزلازل -والتي تهدد سلامة البنية التحتية الهيدروليكية واستدامة الموارد.

وفي هذا السياق، تقترح الدراسة نهجا متكاملا للتشخيص والنمذجة باستخدام أداة WEAP (نظام تقييم وتخطيط المياه)، من أجل تقييم التوازنات المائية بحلول عام 2030، مع الأخذ في الاعتبار القيود الطبيعية والبشرية. يتيح هذا النموذج الاستشرافي تحليل السيناريوهات المختلفة للتغيرات في الطلب وتحديد الرافعات اللازمة للعمل من أجل إدارة أفضل.

وتسلط النتائج التي تم الحصول عليها الضوء على ضرورة اعتماد استراتيجيات إدارة تكيفية ومتعددة الأبعاد تعتمد على بيانات موثوقة، لضمان أمن المياه في وهران على المدى الطويل في مواجهة التحديات البيئية والجيوتقنية.

الكلمات المفتاحية :تزويد المياه، المخاطر البيئية، التغيرات الهيدرولوجية، التخطيط الإقليمي، تحليل المخاطر، نظم الإدارة، التكيف مع المناخ، محاكاة الموارد.

Abstract

Ensuring efficient and sustainable water resource management has become a strategic priority in the face of multiple pressures on the water cycle, particularly in semi-arid regions such as the Wilaya of Oran. The latter faces a growing imbalance between water supply and demand, exacerbated by population growth, rapid urbanization, increased industrial and agricultural needs, and climate variability.

The water supply system relies on a complex combination of inter-dam transfers (Béni Bahdel, Gargar, MAO) and the sustained exploitation of groundwater (Brédéah, Arzew, Murdjadjo), which are exposed to risks of overexploitation, saline intrusion, and quality degradation. Furthermore, the region is marked by significant geological risks—landslides, instability, erosion, and seismic activity—that threaten the security of hydraulic infrastructure and the sustainability of resources. In this context, the study proposes an integrated diagnostic and modeling approach using the WEAP (Water Evaluation and Planning System) tool to assess water balances by 2030, while taking into account natural and human constraints. This prospective modeling allows for the analysis of different demand scenarios and the identification of levers for action for better management.

The results highlight the need to adopt adaptive, multidimensional, and data-driven management strategies to ensure Oran's long-term water security in the face of environmental and geotechnical challenges.

Keywords: Water supply, Environmental risks, Hydrological changes, Regional planning, Hazard analysis, Management systems, Climate adaptation, Resource simulation.

TABLE DE MATIERES

Remerciements

Dédicace

Résumé

TABLE DE MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

I N T R O D U C T I O N GÉNÉRALE. 1

CHAPITRE I : APERÇU GENERAL DE LA WILAYA D'ORAN

I.1. ASPECTS GENERAUX DE LA WILAYA 4

I.1.1. Situation géographique 4

I.1.2. Organisation administrative 6

I.1.3. Données démographiques 7

I.2. ASPECTS HYDROLOGIQUES DE LA WILAYA D'ORAN 8

I.2.1. Les sous-bassins hydrographiques de la wilaya 8

I.2.2. Les milieux humides de la wilaya 9

I.2.3. Le système hydrographique 10

I.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE DES SOUS-BASSINS VERSANTS 10

I.4. PARAMETRES CLIMATIQUES 11

I.4.1. Les variations thermiques.....11

I.4.2. Le régime des précipitations.....12

I.5. CONCLUSION 17

CHAPITRE II : DISPONIBILITÉ ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS LA WILAYA D'ORAN

II.1. INTRODUCTION 19

II.2. LES RESSOURCES EN EAU TRADITIONNELLES 19

II.2.1. Les adductions de la région Ouest 19

II.2.2. Les adductions de la région Est 20

II.3. LES RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE 20

II.3.1. Les formations hydrogéologiques de la wilaya 20

II.3.2. Les principales méthodes d'exploitation des eaux souterraines.....21

II.4. CONCLUSION ET RECOMONDATION 22

CHAPITRE III : APPROCHE DE MODÉLISATION ET SIMULATION DE LA DEMANDE EN EAU URBAINE ET INDUSTRIELLE : RÉPARTITION DES RESSOURCES

III.1. INTRODUCTION 24

III.2. ANALYSE DU MODELE DE DEMANDE EN EAU HORS SECTEUR AGRICOLE 24

III.2.1. Modélisation de la demande en eau 24

III.2.2. Informations sur les variables du modèle 25

III.2.3. Optimisation des paramètres du modèle 26

III.3. ÉTUDE DES DIFFERENTES SIMULATIONS 30

III.3.1. Simulation de base 31

III.3.2. Simulation de croissance des besoins en eau 36

III.3.3. Simulation de renforcement de l'offre en eau 43

III.3.4. Simulation d'une gestion optimisée des ressources en eau de la wilaya.....49

III.4. CONCLUSION 50

CHAPITRE IV : SCÉNARIOS DE LA DEMANDE EN EAU DU SECTEUR AGRICOLE ET DES RESSOURCES DE LA WILAYA D'ORAN

IV.1. INTRODUCTION 52

IV.2. LES EXIGENCES EN EAU D'IRRIGATION DU SECTEUR AGRICOLE .52

IV.2.1. Le phénomène d'évapotranspiration 52

IV.2.2. L'évaluation des exigences en eau d'irrigation par commune de la wilaya...54

IV.3. L'EVALUATION DU BILAN HYDRIQUE DE LA WILAYA 58

IV.3.1. Les équations fondamentales du bilan hydrique 58

IV.3.2. Le bilan hydrique par unité hydrogéologique de la wilaya d'Oran 58

IV.4. L'ANALYSE COMPARATIVE ENTRE LES PRELEVEMENTS D'EAU POUR L'IRRIGATION ET LES RESSOURCES MOBILISABLES DANS LA WILAYA D'ORAN.....62

IV.4.1. L'évaluation globale de la demande en eau du secteur agricole et sa répartition par unités hydrogéologiques et par type de ressource mobilisée. 63

IV.4.2. Comparaison entre les prélèvements d'eau agricole et les ressources mobilisables 67

IV.5. LES SIMULATIONS 69

IV.5.1. Le modèle de transformation de la pluie en écoulement (rainfall-runoff) 69

IV.5.2. La détermination du bilan de base 72

IV.5.3. La simulation de référence 74

IV.5.4. Simulation de demande 76

IV.5.5. Simulation de mobilisation des ressources 77

IV.6. CONCLUSION.....87

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES 91

REFERENCES BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES ABREVIATIONS

AEP	Alimentation en Eau Potable
ANBT	Agence Nationale des Barrages et Transferts
AND	Agence Nationale des Déchets
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
API	Application Programming Interface
BC	Brise-Charge
BE	Bureau d'Études
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières (France)
BRQ	Bulletin des Relevés Quotidiens
CBA	Coût Bénéfice Actualisé
CILSS	Comité Inter-États de Lutte contre la Sécheresse au Sahel
CNES	Conseil National Économique et Social
CNTPP	Centre National des Techniques de Production Propre
DBO5	Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DGF	Direction Générale des Forêts
DGRE	Direction Générale des Ressources en Eau
DHW	Direction de l'Hydraulique de Wilaya
DPLFA	Direction de la Production et des Liaisons Ferroviaires Agricoles
DPM	Direction de la Planification et de la Modernisation
DRE	Direction des Ressources en Eau
DSP	Délégation des Services Publics
ENICAB	Entreprise Nationale des Industries du Câble
ET0	Évapotranspiration de Référence
ETC	Évapotranspiration Culturelle
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
GIRE	Gestion Intégrée des Ressources en Eau

GPI	Grand Périmètre d'Irrigation
GRAIE	Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
INRH	Institut National des Ressources Hydrauliques
IWRM	Integrated Water Resources Management
MAO	Mostaganem - Arzew - Oran (Transfert d'eau)
MATE	Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
MEA	Ministère de l'Eau et de l'Assainissement
MEDD	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
MENA	Middle East and North Africa
MES	Matières En Suspension
MSF	Multi-Stage Flash (Procédé de dessalement)
MTE	Ministère de la Transition Écologique
NAP	Nappe Aquifère Profonde
OI Eau	Office International de l'Eau
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONA	Office National de l'Assainissement
ONID	Office National de l'Irrigation et du Drainage
ONS	Office National des Statistiques
P	Phosphore
PFE	Projet de Fin d'Études
PGIRE	Projet de Gestion Intégrée des Ressources en Eau
PMH	Petites et Moyennes Hydraulique
PNAE	Plan National d'Action pour l'Environnement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SAEP	Système d'Alimentation en Eau Potable
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDEM	Station de Dessalement d'Eau de Mer

SEOR	Société de l'Eau et de l'Assainissement d'Oran
SIG	Système d'Information Géographique
SNAT	Schéma National d'Aménagement du Territoire
SOGREAH	Société Grenobloise d'Études et d'Applications Hydrauliques
SONEDE	Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (Tunisie)
STEP	Station de Traitement des Eaux Potables
STEU	Station de Traitement des Eaux Usées
TKN	Azote Kjeldahl Total
TWW	Treated Wastewater
WEAP	Water Evaluation and Planning System (Modèle de simulation des ressources en eau).
WWF	World Wide Fund for Nature

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : APERÇU GENERAL DE LA WILAYA D'ORAN

Figure I-1 : Carte de situation géographique de la wilaya d'Oran 4
Figure I-2 : Carte géologique du bassin de la Grande Sebkha d'Oran 5
Figure I-3 : Organisation administrative de la wilaya d'Oran 7
Figure I-4 : Répartition des bassins et sous-bassins versants dans la wilaya d'Oran.....9
Figure I-5 : variations de températures mensuelles : 2005-2008.....11
Figure I-6 : Précipitations sur la période : 1900 – 2010 12
Figure I-7 : Subdivision de la wilaya d'Oran selon les polygones de Thiessen 16

CHAPITRE II : DISPONIBILITÉ ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS LA WILAYA D'ORAN

Figure II-1 Localisation des Unités Hydrogéologiques de la Wilaya d'Orann 21

CHAPITRE III : APPROCHE DE MODÉLISATION ET SIMULATION DE LA DEMANDE EN EAU URBAINE ET INDUSTRIELLE : RÉPARTITION DES RESSOURCES

Figure III-1 : Distribution de la population par commune dans la Wilaya d'Oran – 2008 25
Figure III-2 : Répartition de la production d'eau dans la Wilaya d'Oran par source – Premier semestre 2010.....26
Figure III-3 : Apport et distribution des ressources en eau dans la Wilaya d'Oran.....30
Figure III-4 : Schéma hydraulique de la wilaya d'Oran.Scénario de référence (2010-2030) ...33
Figure III-5 : évolution de la demande en eau de la wilaya d'Oran. Scénario de référence (2010-2030).....34
Figure III-6 : demande non satisfaite de la wilaya d'Oran. Scénario de référence (2010-2030). 34
Figure III-7 : taux de satisfaction par secteur de la wilaya d'Oran. Scénario de référence (2010-2030).....35
Figure III-8 : taux d'occupation des logements par commune.....36
Figure III-9 : Consommation des ménages en AEP (en litre/jour/personne).Scénario 'Demande' 39

Figure III-10 : Evolution de la demande en eau de la wilaya d'Oran. Scénario de demande 2010-2030 40
Figure III-11 : évolution du taux de recouvrement des différents secteurs de la wilaya d'Oran. Scénario de demande par rapport au Scénario de référence.....41
Figure III-12 : évolution de l'origine des sources d'approvisionnement. Scénario de demande. 42
Figure III-13 : évolution de la production de la SDEM. Scénario Ressources.....44
Figure III-14 : évolution de la capacité de la STEP. Scénario Ressources 45
Figure III-15 : schéma hydraulique de la wilaya d'Oran projeté. Scénario Ressource 2010-2030. 45
Figure III-16 : Affectation de la ressource dans la wilaya d'Oran. Scénario ressource 2010-2030. 46
Figure III-17 : affectation de la ressource dans la wilaya d'Oran avec prise en compte de l'augmentation de la demande. (Scénario ressource 2010-2030).....47
Figure III-18 : évolution du taux de recouvrement des différents secteurs utilisateurs de la wilaya d'Oran. (Scénario ressources 2010-2030). 47
Figure III-19 : origine de la ressource d'approvisionnement des utilisateurs de la wilaya d'Oran 48
Figure III-20 : évolution de l'approvisionnement des utilisateurs à partir des transferts de la wilaya d'Oran dans le scénario ressource 2010-2030. 48
Figure III-21 : évolution des débits de retour de la STEP vers la mer dans le scénario ressource 2012-2030. 49
Figure III-22 : évolution du débit des transferts avec et sans réduction des pertes et recyclage : 2012-2030. 50
Figure III-23 : évolution des débits de retour de la STEP vers la mer dans le scénario 'réduction des pertes et recyclage' 2012-2030.....50

CHAPITRE IV : SCÉNARIOS DE LA DEMANDE EN EAU DU SECTEUR AGRICOLE ET DES RESSOURCES DE LA WILAYA D'ORAN

Figure IV-1 : Variation du coefficient cultural (Image inspirée de (Allen, 2006), refaite pour une meilleure qualité par ZEBIDA Imene, 2025). 54

Figure IV-2 : Schéma du bilan hydrique – Cas sans irrigation 61
Figure IV-3 : répartition des terres irriguées par communes et unités hydrogéologiques (Ministère des ressources en eau/DRH).....64
Figure IV-4 : Bilan hydrique de la Wilaya d'Oran (10^3 m^3).....67
Figure IV-5 : Configuration hydraulique de l'irrigation dans la wilaya d'Oran 72
Figure IV-6 : Bilan hydrique des surfaces irriguées de la wilaya d'Oran dans le compte de base (2010).....73
Figure IV-7 : Compte de base du secteur agricole de la wilaya d'Oran (2010) 73
Figure IV-8 : les débits des liaisons de transmissions dans le compte courant (2010).....74
Figure IV-9 : Demande en eau d'irrigation de la wilaya d'Oran. (Scénario de référence 2010-2011) 75
Figure IV-10 : Diminution de la demande en eau par amélioration de l'efficience .Scénario de demande 2011-2030. 76
Figure IV-11 : demande en eau avec amélioration de l'efficience. Scénario de demande 2011-2030.....76
Figure IV-12 : Comparaison de l'exploitation de la nappe du Côtier Ain Türck dans les scénarios avec et sans retenues collinaires.....78
Figure IV-13 : Comparaison de l'exploitation de la nappe du complexe du Murdjajo dans les scénarios avec et sans retenues collinaires 78
Figure IV-14 : Fonctionnement hydraulique générale de la wilaya dans le modèle WEAP.....80
Figure IV-15 : Approvisionnement de l'irrigation dans la wilaya d'Oran.Scénario irrigation par la STEP (2012-2030). 81
Figure IV-16 : Demande en eau agricole de la wilaya d'Oran.Scénario irrigation par la STEP 2012-2030. 82
Figure IV-17 : Taux de recouvrement de la demande en eau. Scénario irrigation par la STEP.... 83
Figure IV-18 : volumes des rejets vers la mer avec et sans intégration de la STEP à l'irrigation 83
Figure IV-19 : apport de la STEP (prioritaire) dans l'approvisionnement en eau. Scénario irrigation par la STEP 2012-2030.....84
Figure IV-20 : Apport des souterraines (prioritaires) et de la STEP dans l'approvisionnement, Scénario irrigation pas la STEP 2012-2030. 85
Figure IV-21 : Rejets vers la mer l'lorsque la priorité est donnée aux nappes. Scénario irrigation par la STEP 2012-2030.....86

Figure IV-22 : Rejet vers la mer, lorsque la priorité d'irrigation (d'un taux de 5.5 %) est donnée aux nappes, Scénario irrigation par la STEP 2012-2030 86
Figure IV-23 : Taux de recouvrement des débits de demandes avec taux de croissance de 5.5% de surfaces irriguées, Scénario irrigation par la STEP2012-2030. 87
Figure IV-24 : Nature d'approvisionnement des différents sites de demandes. 89

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : APERÇU GENERAL DE LA WILAYA D'ORAN

Tableau I-1 : Répartition des Daïras et Communes de la Wilaya d'Oran 6
Tableau I-2 : Particularités des zones humides de la wilaya d'Oran.....10
Tableau I-3 : Évolution des régimes pluviométriques de la wilaya d'Oran (1900-2010) 13
Tableau I-4 : Répartition de la pluviométrie par station climatique (1986-2010) 14
Tableau I-5 : Estimation de la pluviométrie par commune dans la wilaya d'Oran..... 15

CHAPITRE II : DISPONIBILITÉ ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS LA WILAYA D'ORAN

Tableau II-1 : Superficie des unités hydrogéologiques..... 20
Tableau II-2 : Mode de prélèvement sur aquifères..... 22

CHAPITRE III : APPROCHE DE MODÉLISATION ET SIMULATION DE LA DEMANDE EN EAU URBAINE ET INDUSTRIELLE : RÉPARTITION DES RESSOURCES

Tableau III-1 : Principaux paramètres du modèle.....24
Tableau III-2 : Connexion des communes au réseau d'alimentation en eau potable 27
Tableau III-3 : Consommation spécifique en eau du secteur industriel 28
Tableau III-4 : Consommation spécifique des ménages en eau.....28
Tableau III-5 : Paramétrage du modèle 29
Tableau III-6 : Evolution de la croissance démographique en Algérie : 1966-2008 32
Tableau III-7 : Projection de la population totale de la Wilaya d'Oran : 2010-2030 32
Tableau III-8 : Evolution du TOL au niveau national : 2003-2030.....37
Tableau III-9 : Evolution du revenu par habitant 38
Tableau III-10 : Consommation unitaire des ménages dans différents pays (en litre/j/habitant) (AQUASTAT Database – FAO). 38
Tableau III-11 : Affectation des ressources en 2030 – priorité ménages et collectivités 43
Tableau III-12 : Affectation des ressources en 2030 – sans priorité 43

CHAPITRE IV : SCÉNARIOS DE LA DEMANDE EN EAU DU SECTEUR AGRICOLE ET DES RESSOURCES DE LA WILAYA D'ORAN

Tableau IV-1 : Evapotranspiration de référence par commune (en mm/j).....53
Tableau IV-2 : coefficient cultural des principales cultures par régions agricoles (SOGREAH, 2009). 55
Tableau IV-3 : Evapotranspiration standard ET_C par type de culture et par commune (en mm/j) 56
Tableau IV-4 : Besoin annuel en eau pour l'irrigation par commune de la Wilaya d'Oran 57
Tableau IV-5 Précipitations par unité hydrogéologique 59
Tableau IV-6 : Taux d'infiltration par unité hydrogéologique 60
Tableau IV-7 : Débit entrant et sortant - Cas sans irrigation (mm/an) 61
Tableau IV-8 : Bilan hydrique - Cas sans irrigation.....62
Tableau IV-9 : demande en eau d'irrigation par unité hydrogéologique et nature des prélèvements.....65
Tableau IV-10 : prélèvements d'eau pour irrigation par unité hydrogéologique et par nature de la ressource.....66
Tableau IV-11 : Confrontation des ressources mobilisables avec les prélèvements par unité hydrogéologique.....68
Tableau IV-12 : Les paramètres du modèle Rainfall-Runoff.....71
Tableau IV-13 : valeurs calibrés des coefficients culturaux moyen par unité hydrogéologique 72
Tableau IV-14 : débits entrants et sortants des différentes unités hydrogéologiques dans le compte courant (2010) en m^3.....74
Tableau IV-15 : ressources hydriques et prélèvements en 2030.Scénario de référence 2010-2030. 75
Tableau IV-16 : Recharge naturelle des nappes de la wilaya d'Oran.....79
Tableau IV-17 : Récapitulatif des débits d'approvisionnement des différents sites de demande de la wilaya d'Oran 2012-2030.).....88

I N T R O D U C T I O N GÉNÉRALE

L'Algérie fait face à une demande croissante en eau due à plusieurs facteurs : la démographie, l'urbanisation, le développement économique et l'amélioration du niveau de vie. Malgré les avancées en infrastructures hydrauliques, le pays reste confronté à un déficit hydrique exacerbé par des contraintes financières, des aléas climatiques et une gestion parfois insuffisante des ressources en eau (Si Laarbi, A., Zakad, A., & Ayati, A. 2005).

La répartition des ressources en eau sur le territoire pose des défis logistiques et financiers, notamment avec une forte pression sur l'irrigation et les besoins industriels. Par ailleurs, les risques géologiques, comme la pollution des eaux souterraines, la fissuration des sols et les inondations, nécessitent une gestion préventive efficace.

Dans ce contexte, plusieurs questions clés émergent :

✓ Comment assurer une gestion efficace et durable des ressources en eau face à la demande croissante ?

✓ Comment garantir une répartition équitable des ressources entre les différents secteurs ?

✓ Quels modèles de gestion et innovations technologiques adopter pour anticiper les défis des prochaines décennies ?

L'étude vise à proposer des solutions adaptées aux contraintes climatiques, hydrologiques et géologiques pour améliorer la gestion de l'eau.

Focus sur la Wilaya d'Oran

Oran, en tant que région stratégique à forte densité démographique et développement économique soutenu, souffre d'une disponibilité limitée en ressources en eau. L'insuffisance des infrastructures hydrauliques et la vulnérabilité aux risques géologiques en font un cas d'étude pertinent.

L'analyse repose sur deux axes :

✓ L'évaluation de l'état des ressources en eau et des besoins sectoriels.

✓ La projection et la modélisation des tendances futures pour anticiper les défis et proposer des stratégies adaptées.

Méthodologie et outils d'analyse

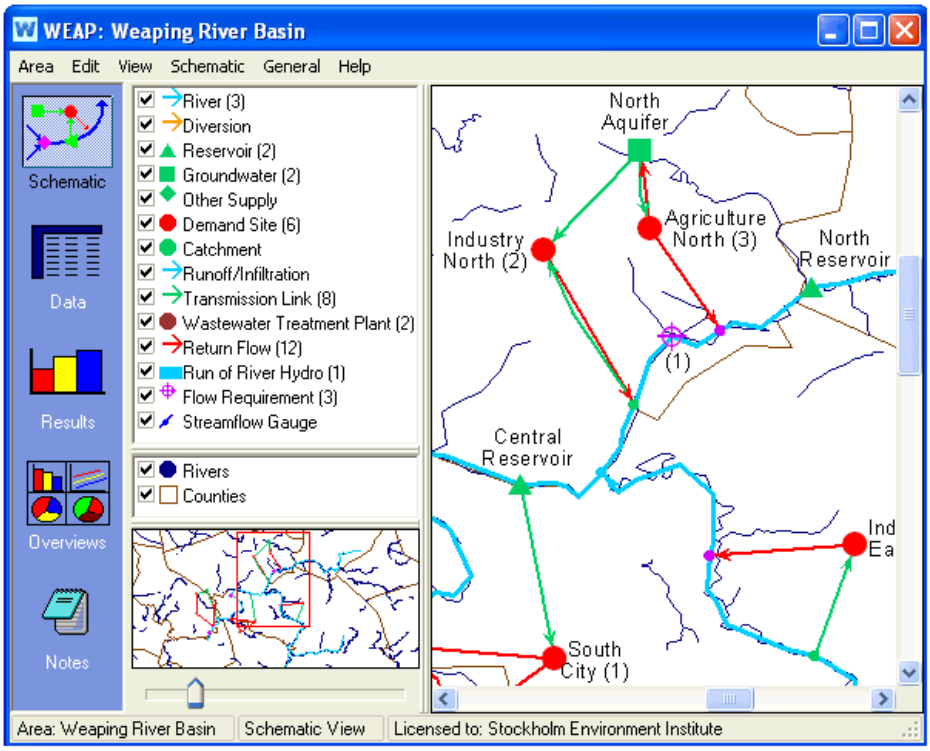
L'étude s'appuie sur la modélisation hydraulique avec le logiciel **WEAP (Water Evaluation and Planning System)**, développé par l'Institut de l'Environnement de Stockholm (SEI). Cet outil permet d'évaluer l'équilibre entre l'offre et la demande en eau en intégrant des variables environnementales, économiques et sociales.

Dans le cadre de cette recherche, WEAP est utilisé pour :

✓ Analyser le risque de stress hydrique en région oranaise.

✓ Simuler l'évolution des besoins en eau à l'horizon 2030.

✓ Évaluer différents scénarios de gestion et d'optimisation des ressources.



Capture de logiciel WEAP (Water Evaluation and Planning System)

Structure du mémoire

Ce travail est organisé en quatre chapitres :

📌 **Chapitre 1** : Présentation générale de la Wilaya d'Oran (aspects géographiques, hydrologiques, géologiques et climatiques).

📌 **Chapitre 2** : Analyse des ressources en eau conventionnelles et non conventionnelles, ainsi que des infrastructures existantes.

📌 **Chapitre 3** : Modélisation prospective de la gestion de l'eau, en fonction des évolutions démographiques et économiques.

📌 **Chapitre 4** : Intégration du secteur agricole dans la gestion hydrique, incluant les scénarios d'optimisation et le recyclage des eaux usées.

Cette étude ambitionne ainsi de fournir une vision globale et anticipative de la gestion des ressources en eau à Oran, en tenant compte des défis hydriques et des risques géologiques.

CHAPITRE I :

APERÇU GENERAL DE LA WILAYA D'ORAN

CHAPITRE I : APERÇU GENERAL DE LA WILAYA D'ORAN

I.1. ASPECTS GENERAUX DE LA WILAYA

I.1.1. Situation géographique

Oran, deuxième plus grande ville d'Algérie, est située au nord-ouest du pays, à 432 km d'Alger. Bordant le golfe d'Oran, cette ville portuaire occupe une position stratégique en Méditerranée, favorisant son rôle dans le commerce maritime régional .Les caractéristiques géographiques et géomorphologiques permettant de donner une superficie de 2 144 km². Ainsi la wilaya d'Oran est bordée au nord et à l'ouest par la Méditerranée, à l'est par Mostaganem et Mascara et au sud par l'axe Sidi Bel Abbès et Aïn Témouchent (ONS, 2020).

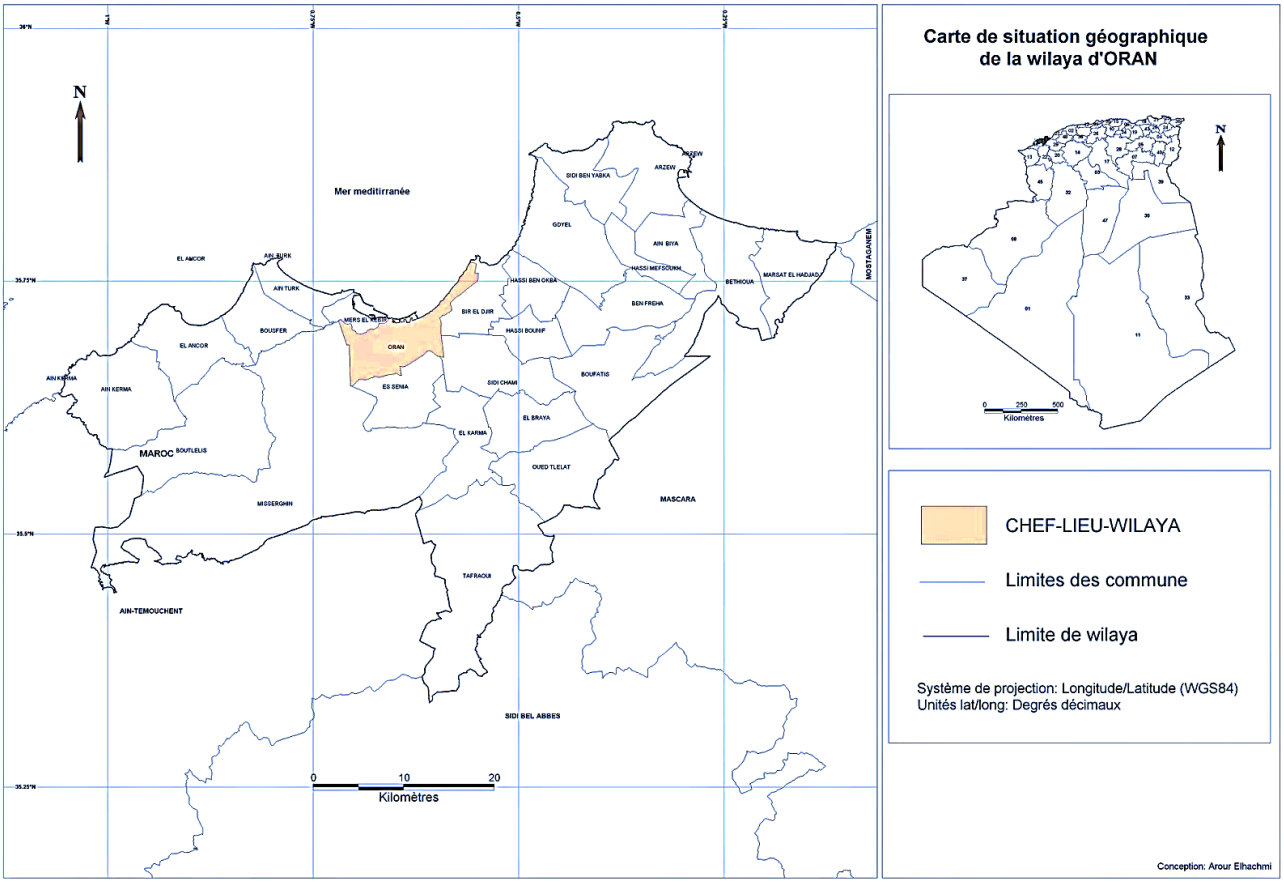


Figure I-1 : Carte de situation géographique de la wilaya d'Oran. (ONS, 2020).

Le relief de la région oranaise est marqué par **deux principales formations géomorphologiques :**

1. Couvrant près de 70 % de la wilaya**, les plaines littorales et sublittorals** incluent des plaines fertiles comme Bousfer, Les Andalouses, et Es-Senia. Leur proximité avec les baies d'Oran et d'Arzew en généré des espaces clés pour l'agriculture et les activités portuaires (Mahmoudi, A., & Boudjemaa, S. 2019).

2. **Les massifs côtiers**, qui s'étendent du sud-ouest au nord-est, forment une barrière naturelle contre les vents marins violents du nord-est, contribuant à la protection du littoral et à la régulation du climat (Bessaoud, M. 2017).

La figure I-2 illustre la carte géologique du bassin de la Grande Sebkha d'Oran, mettant en évidence les formations géologiques principales de la région.

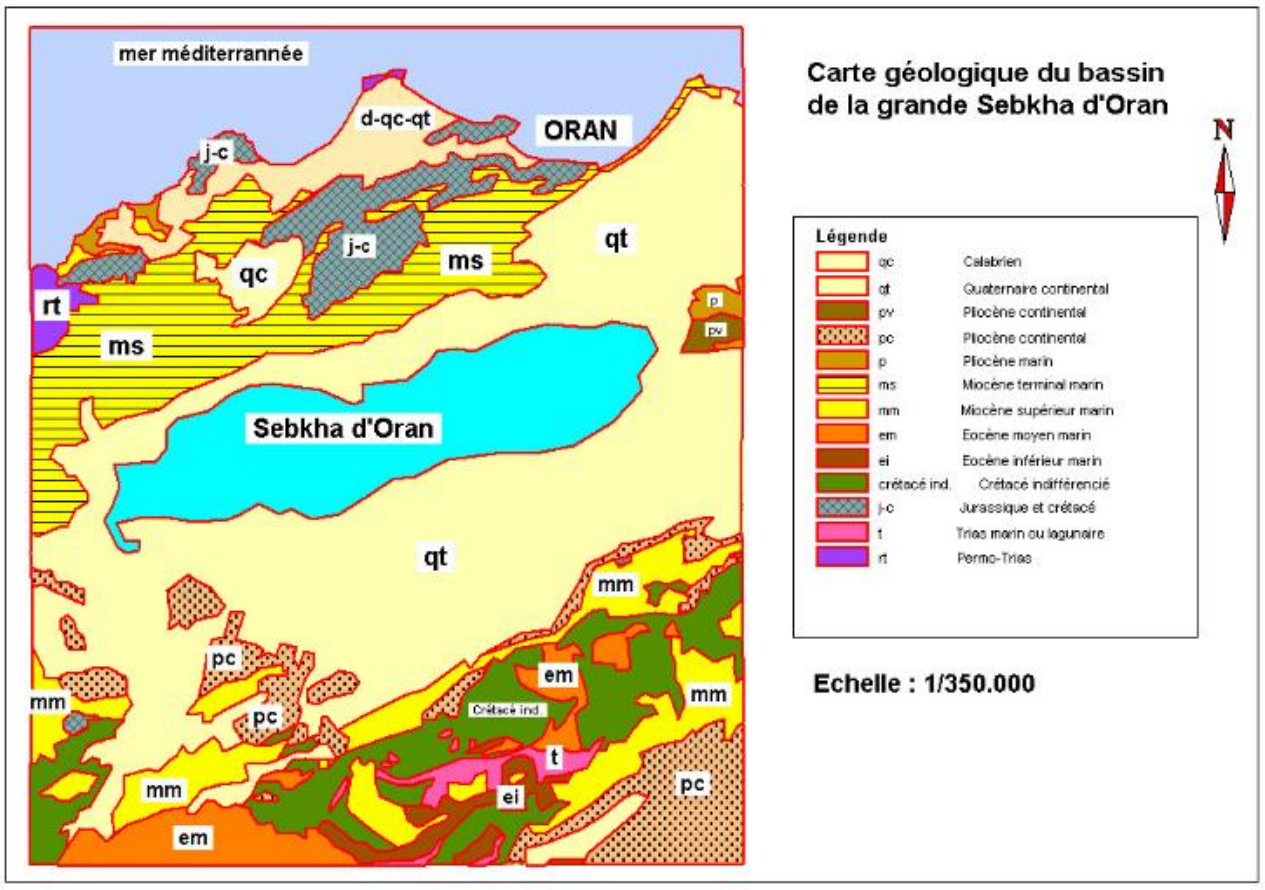


Figure I-2 : Carte géologique du bassin de la Grande Sebkha d'Oran. (Perrodon, A. 1957).

Grâce à sa position géographique privilégiée, Oran est un carrefour maritime et aérien essentiel. Ses infrastructures stratégiques incluent :

- **Le port de commerce et de pêche**, moteur des échanges économiques et des exportations.
- **L'aéroport international Ahmed Ben Bella**, assurant la connectivité régionale et internationale.
- **Un réseau de transport développé**, reliant la ville aux principales métropoles du pays (Benali, H. 2021).

Oran joue ainsi un rôle majeur dans le développement économique, touristique et industriel de l'Algérie, renforcé par ses infrastructures modernes qui en font un point d'ouverture sur le monde (Djellouli, N. 2020).

I.1.2. Organisation administrative

Le découpage administratif de la wilaya d'Oran distingue neuf Daïras regroupant 26 communes, assurant une gestion équilibrée du territoire et des infrastructures (Ministère de l'Intérieur, 2021). Les détails de cette répartition sont présentés dans le Tableau I-1.

Tableau I-1 : Répartition des Daïras et Communes de la Wilaya d'Oran

Daïra	Communes
Oran	Oran
Aïn-el-Turck	Aïn-el-Turck, Mers-el-Kébir, Bousfer, El Ançor
Arzew	Arzew, Sidi Benyebka
Bethioua	Bethioua, Aïn El Bia, Mers El Hadjadj
Es Sénia	Es Sénia, El Kerma, Sidi Chami
Bir El Djir	Bir El Djir, Hassi Bounif, Hassi Ben Okba
Boutlélis	Boutlélis, Misserghin, Aïn El Kerma
Oued Tlélat	Oued Tlélat, Tafraoui, El Braya, Boufatis
Gdyel	Gdyel, Ben Fréha, Hassi Mefsoukh

Elle fait également partie de l'Agence de Bassin Hydrographique Oranie-Chott Chergui, qui joue un rôle clé dans la gestion des ressources en eau d'une région marquée par un stress hydrique élevé (ABH Oranie-Chott Chergui, 2020).

Le **découpage administratif** distingue :

- **Des zones urbaines denses** : Oran, Es Sénia.
- **Des pôles portuaires stratégiques** : Arzew, Bethioua.
- **Des zones rurales et agricoles** : Boutlélis, Oued Tlélat (ONS, 2021).



Figure I-3 : Organisation administrative de la wilaya d'Oran. (ONS, 2021).

I.1.3. Données démographiques

En avril 2008, les données du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) ont révélé que la wilaya d'Oran abritait 1.480.251 habitants, avec un parc immobilier dépassant les 308.620 logements (ONS, 2008). L'essor démographique notable de la région résulte

principalement de l'urbanisation rapide, de l'exode rural ainsi que de la dynamique économique et industrielle.

Avec une superficie de 2.144 km², la wilaya affiche une densité de population moyenne de 717 habitants/km², ce qui en fait l'une des wilayas les plus densément peuplées d'Algérie. Cependant, cette densité varie considérablement selon les zones :

- **Zones urbaines** (Oran, Bir El Djir, Es Sénia) : Très forte densité due à la concentration des activités économiques, des services et des infrastructures.
- **Zones périurbaines** (Gdyel, Oued Tlélat) : Densité en croissance rapide avec l'expansion des lotissements et des nouvelles infrastructures.
- **Zones rurales et agricoles** (Boutlélis, Misserghin) : Densité plus faible, mais en augmentation avec les programmes de développement et d'urbanisation.

Impact sur la gestion des ressources en eau

La forte densité de population et la croissance démographique ont **un** impact direct sur la gestion des ressources hydriques, notamment en matière de demande en eau potable, d'assainissement et de gestion des eaux usées. Ces dynamiques nécessitent une planification rigoureuse et une optimisation des ressources disponibles, en particulier dans un contexte de stress hydrique et de risques géologiques pouvant affecter les nappes phréatiques et les infrastructures hydrauliques (ABH Oranie-Chott Chergui, 2021).

I.2. ASPECTS HYDROLOGIQUES DE LA WILAYA D'ORAN

I.2.1. Les sous-bassins hydrographiques de la wilaya

Les plaines de Brédéah et de la M'Léta, au pied des Monts du Tessala, forment un cadre hydrologique important pour la wilaya d'Oran (Bouderbala, R. et al, 2010).

La région se divise en trois sous-bassins principaux :

- **Aïn El Turck (SBV 0403)** : contribue à la recharge des nappes, mais subit une forte évaporation maritime (Mahiaoui, D., 2015 ; Remini, B. et al, 2009).
- **Sebkha d'Oran (SBV 0404)** : bassin endoréique salin, régulateur écologique des eaux souterraines (Djemili, L. et al, 2012 ; Kherbouche, F. et al, 2018).

- **Salines d'Arzew (SBV 0405)** : influencé par la géologie, vulnérable aux pollutions industrielles et intrusions marines (Bouabdelli, M. et al, 2017 ; Boudoukha, A. et al, 2020).

Gestion des ressources hydriques

La Sebkha d'Oran constitue un élément hydrologique central influençant la gestion des eaux de surface et souterraines. Toutefois, la salinisation croissante, la variabilité des précipitations et les risques géologiques, tels que les glissements de terrain et effondrements karstiques**,** représentent des défis majeurs pour assurer une gestion durable des ressources en eau (Kettab, A. 2016).

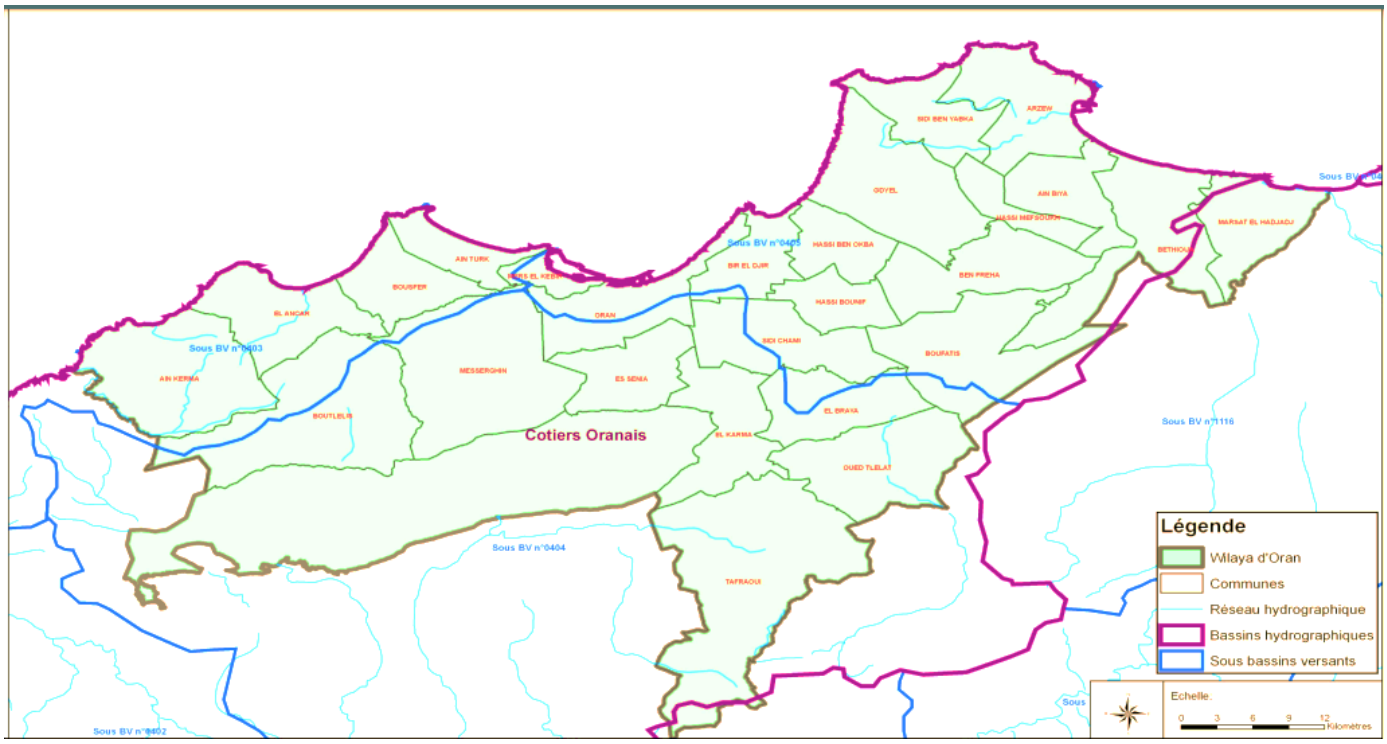


Figure I-4 : Répartition des bassins et sous-bassins versants dans la wilaya d'Oran. (Kettab, A. 2016).

I.2.2. Les milieux humides de la wilaya

La wilaya d'Oran abrite plusieurs zones humides, parmi lesquelles la Sebkha d'Oran est la plus étendue. Cette vaste dépression, de forme allongée, s'étire du Nord-Est au Sud-Ouest sur une superficie de 296 km², couvrant ainsi environ un sixième du territoire wilaya.

Outre la Sebkha, d'autres zones humides d'importance sont également présentes, notamment les Salines d'Arzew et le lac Telamine**.** Ces milieux jouent un rôle écologique fondamental en tant que réservoirs de biodiversité et régulateurs hydrologiques.

Le tableau I-2 présente la localisation et les caractéristiques de l'ensemble de ces zones : (Direction Générale des Forêts, 2007).

Tableau I-**2** : Particularités des zones humides de la wilaya d'Oran. (DGF, 2007).

Code S/Bassin	Wilaya	Nom Zones Humides	Superficie du lac (km^2)	Superficie Bassin Versant (km^2)	Qualité de l'eau
0404	Ain Témouchent	Sebkha	192,4		Forte Salinité
0404	Oran		103,6		Forte Salinité
S/Total	-	Sebkha	296	1 878	Forte Salinité
0404	Oran	Daiat Oum El Rhelaz	3		Saumâtre/polluée
0404	Oran	Daiat M'Hamed	0,375		Eaux polluée
0405	Oran	Lac Telamine	11		Salée/polluée
0404	Oran	(Daiat Morseli)	1,5		Eaux +ou- polluée
0405	Oran	Saline d'Arzew	29		Forte Salinité
TOTAL		06	341	-	

I.2.3. Le système hydrographique

Le réseau hydrographique d'Oran est peu développé en raison du climat semi-aride et du relief. Les principaux cours d'eau (Oued Tlelat, Oued Beggoug, Oued Guessiba) jouent un rôle limité dans l'approvisionnement en eau. Les ressources disponibles sont souvent salinisées ou polluées, ce qui restreint leur usage (Direction Générale des Forêts, 2007).

I.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE DES SOUS-BASSINS VERSANTS

La région d'Oran présente une structure géologique variée due à son passé tectonique. Elle comprend des plaines (M'lèta, côtière), des plateaux (Oran, Hassis), des massifs (Murdjadjo,

Arzew) et la forêt de M'sila. Les formations dominantes vont des sédiments néogènes aux dépôts alluviaux et calcaires, en passant par des schistes et grès d'âges variés (ANRH, 2009).

I.4. PARAMETRES CLIMATIQUES

Les paramètres climatiques, tels que les températures et les précipitations, jouent un rôle essentiel dans cette étude et nécessitent une analyse approfondie.

I.4.1. Les variations thermiques

Selon la classification de Köppen, la wilaya d'Oran bénéficie d'un climat méditerranéen chaud, caractérisé par des étés secs et des hivers doux. La température moyenne annuelle, enregistrée à la station climatique d'Oran Es-Sénia entre 2005 et 2008, est estimée à 18°C. La figure ci-dessous illustre l'évolution des températures mensuelles sur cette période.

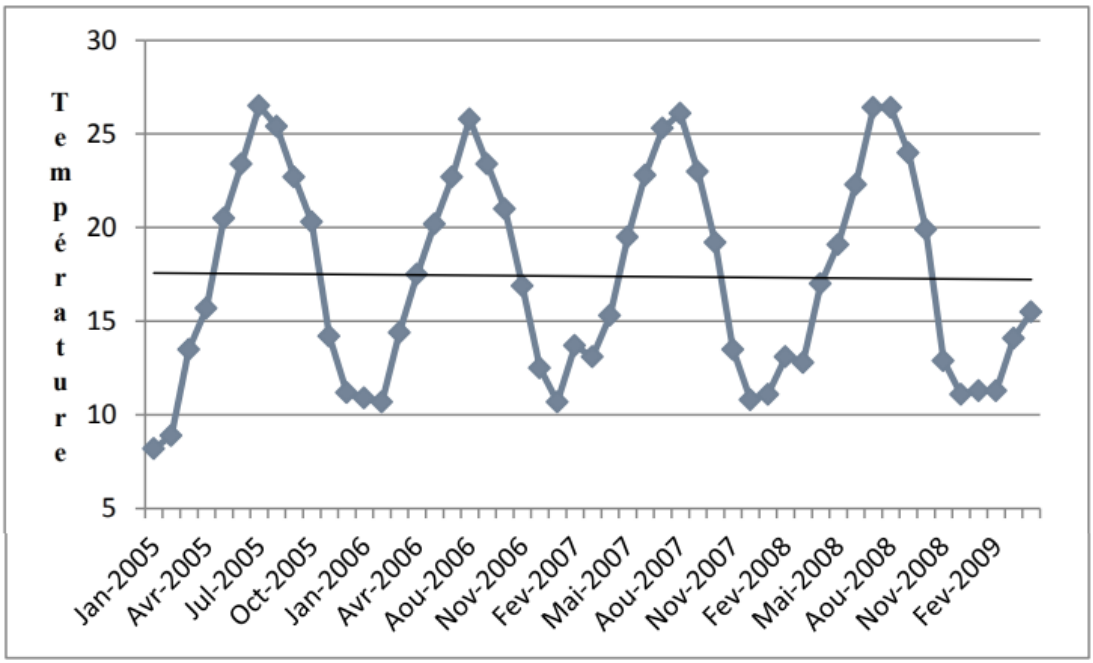


Figure I-5 : variations de températures mensuelles : 2005-2008

D'après ces données, aucune tendance nette vers un refroidissement ou un réchauffement du climat de la région ne se dégage, du moins au cours des cinq dernières années. Par ailleurs, le régime climatique est marqué par des vents qui transportent généralement peu d'humidité. En traversant les reliefs marocains et espagnols, ces vents se déchargent en grande partie de leur humidité.

I.4.2. Le régime des précipitations

I.4.2.1. La pluviométrie sur une longue période

L'analyse des précipitations mensuelles de 1900 à 2010 (Figure I-4) met en évidence des phases de sécheresse marquées. Entre le milieu des années 1970 et le début des années 2000, la moyenne des précipitations annuelles est restée inférieure à la moyenne globale de la période étudiée, indiquant un changement climatique sur les 25 dernières années. Toutefois, une légère hausse des précipitations est observée récemment.

Pour caractériser ces variations, cinq régimes climatiques ont été définis :

- Très sec : < 65 % de la moyenne (1900-2010).
- **S**ec : 65 % à 80 %.
- Moyen : 80 % à 130 %.
- Humide : 130 % à 160 %.
- Très humide : > 160 %.

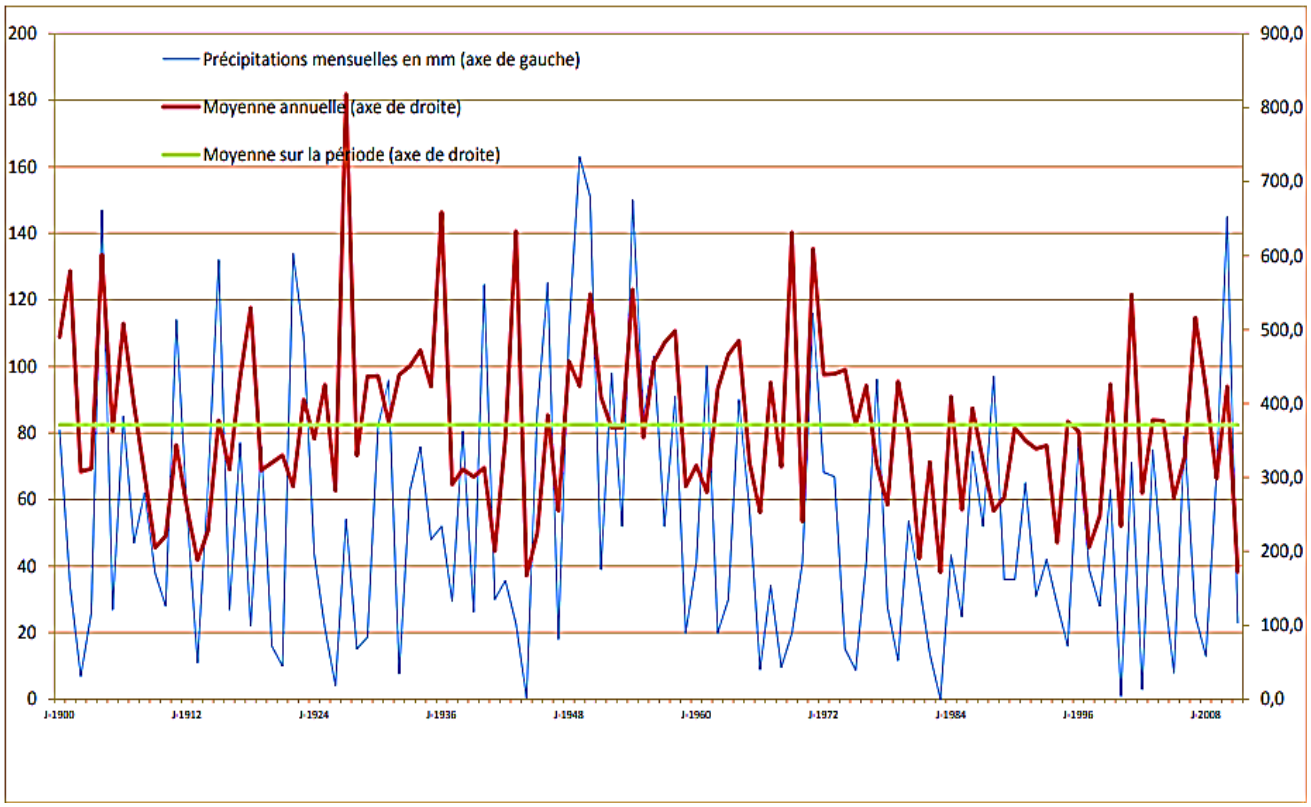
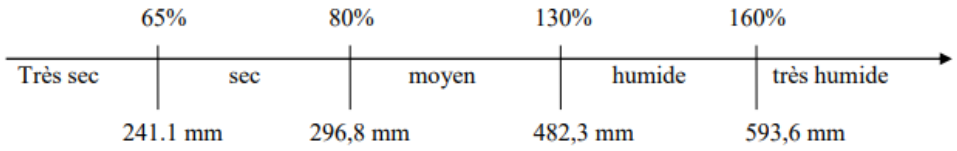


Figure I-6 : Précipitations sur la période : 1900 – 2010

Avec une précipitation moyenne annuelle de 371 mm entre 1900 et 2010, l'évolution des régimes pluviométriques peut être illustrée sur l'axe suivant :



Une comparaison du nombre d'années correspondant à chaque régime pluviométrique a été réalisée pour les périodes 1900-2010 et 1975-2005, donnant les résultats suivants :

Tableau I-3 : Évolution des régimes pluviométriques de la wilaya d'Oran (1900-2010)

		Très sec	Sec	Moyen	Humide	Très Humide	Total années
1900-2010	nombre d'années	13	15	67	10	6	111
	%	12%	14%	61%	9%	5%	100%
1975-2005	nombre d'années	5	7	18	1	0	**31**
	%	16%	23%	58%	3%	0%	100%

On observe que la proportion d'années classées comme "Très sèches" et "Sèches" est nettement plus élevée durant la période 1975-2005 par rapport à la période de référence 1900-2010. À l'inverse, la fréquence des années caractérisées par des conditions "Humides" et "Très humides" a diminué au cours de cette même période. Cette évolution traduit une tendance générale à la baisse de la pluviométrie jusqu'en 2005, témoignant ainsi d'un climat de plus en plus aride sur la période récente.

I.4.2.2. La pluviométrie sur la période récente

L'étude se concentre sur la répartition des précipitations dans la wilaya d'Oran sur la période 1986-2006**.** Faute de données communales directes, l'analyse repose sur les relevés **de** huit stations météorologiques régionales.

Tableau I-4 : Répartition de la pluviométrie par station climatique (1986-2010)

STATION	CODE STATION	X	Y	Pluviométrie moyenne 1986-2006 (mm/an)
Bousfer	40301	182,5	272,5	305,44
Es-Senia	40402	200,8	266,1	316,35
Boutlelis nord	40311	174,1	264,3	305,63
Misserghine	40413	184,7	260,0	303,47
Oran ANRH	40438	198,7	272,6	334,77
El Braya	40504	208,7	263,6	249,28
Boufatis	40518	218,6	268,6	280,18
Gdyel	40527	217,9	281,0	256,66

Les données analysées correspondent à des moyennes sur 20 ans (1986-2006), à l'exception de la station de Gdyel, dont les relevés s'arrêtent en 2004 en raison d'une panne technique.

Pour estimer la pluviométrie à l'échelle communale, la méthode de décomposition de Thiessen a été appliquée. Cette approche consiste à diviser le territoire de la wilaya en plusieurs polygones, chacun étant associé à une station météorologique de référence.

Généralement utilisée pour calculer la pluviométrie moyenne d'une région, cette méthode repose sur le principe de pondération des valeurs enregistrées dans les stations par la fraction de la surface couverte par chaque polygone de Thiessen par rapport à la surface totale du territoire :

$$\boldsymbol{Pluviométrie\ estimée\ sur\ le\ territoire} = \sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{Pluviométrie}_i * \frac{S_i}{S} \quad \text{Eq II-1}$$

Où i est le nombre de stations et S_i la surface du polygone de Thyssen associé à la station i et S la surface totale du territoire.

Dans cette optique, la Wilaya d'Oran a été subdivisée en polygones de Thiessen, chacun étant associé à la pluviométrie de la station météorologique correspondante. La figure I-7 illustre cette décomposition appliquée à la Wilaya, en prenant en compte les données de huit stations climatiques : Oran, Es-Sénia, Boutlelis, Misserghin, Braya, Boufatis, Bousfer et Gdyel.

Par la suite, l'estimation de la pluviométrie pour chaque commune a été réalisée en calculant la somme des précipitations enregistrées dans les polygones de Thiessen la recouvrant, en les pondérant selon la surface de chaque polygone.

La pluviométrie obtenue pour les différentes communes par cette méthode est regroupée dans le Tableau I-**5**.

Tableau I-**5** : Estimation de la pluviométrie par commune dans la wilaya d'Oran

Commune	Précipitations (mm/an)	Commune	Précipitations (mm/an)
Ain kerma	305,62	Hassi ben okba	256,36
El ancer	305,62	Hassi bounif	258,55
Boutlelis	305,30	El braya	255,46
Messerghin	305,67	Oued tlelat	261,64
Bousfer	305,44	Ben freha	275,48
Ain turk	305,44	Boufatis	280,18
Mers el kbir	317,18	Hassi mefsoukh	256,66
Oran	333,88	Ain bia	259,01
Es senia	320,04	Gdyel	256,66
Bir el djir	293,55	Sidi ben yabka	256,66
Sidi chami	265,78	Arzew	256,66
El karma	269,40	Bethioua	266,07
Tafraoui	255,99	Marsat ej hadjaj	271,95

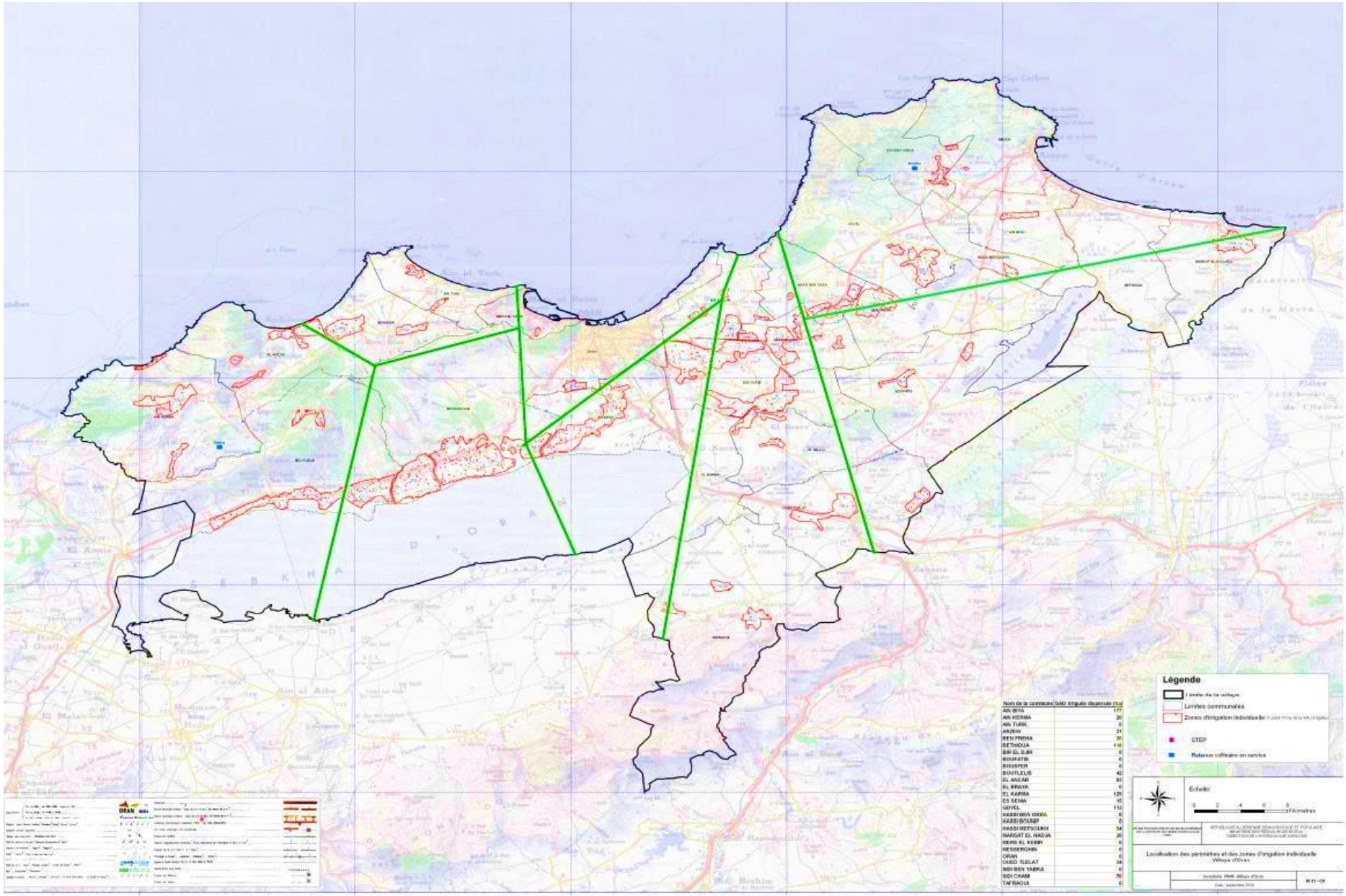


Figure I-7 : Subdivision de la wilaya d'Oran selon les polygones de Thiessen. (ANRH), 2010.

I.5. Conclusion

Ce chapitre a permis de dresser un aperçu général de la wilaya d'Oran, en mettant en évidence ses caractéristiques géographiques, climatiques et hydrologiques. La diversité géologique et la répartition des ressources en eau soulignent les défis liés à la gestion durable de ces ressources, particulièrement dans un contexte de stress hydrique croissant. L'analyse des précipitations et des sous-bassins versants a mis en évidence des disparités significatives dans la répartition des eaux de surface et souterraines, ce qui impacte directement l'approvisionnement en eau et les stratégies d'adaptation locales.
Le prochain chapitre approfondira ces aspects en étudiant les dynamiques hydrologiques et les implications pour la gestion des ressources en eau dans la région.

CHAPITRE II :

DISPONIBILITÉ ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS LA WILAYA D'ORAN

CHAPITRE II : DISPONIBILITÉ ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS LA WILAYA D'ORAN

II.1. INTRODUCTION

La wilaya d'Oran présente un réseau hydrographique limité, en grande partie influencé par la Sebkha d'Oran, où l'eau est fortement salée et peu exploitable (Benabdellah, T. 2005). De plus, la région subit un déficit hydrique chronique dû à la variabilité des précipitations et aux épisodes de sécheresse récurrents (Bouderba, H., Bougherira, N., & Kettab, A. 2012). L'alimentation en eau repose sur des ressources importées de barrages situés hors du territoire de la wilaya, notamment via les adductions de Beni Bahdel et de la Tafna à l'Ouest, ainsi que celles de Gargar et de Fergoug à l'Est (Meddour, R. 2019).

II.2. LES RESSOURCES EN EAU TRADITIONNELLES

L'Ouest de la wilaya est desservi par deux principales adductions : Beni-Bahdel, mise en service en 1952 pour alimenter Oran et Mers-el-Kébir, et Tafna, opérationnelle depuis 1992, jouant un rôle complémentaire dans la sécurisation de l'approvisionnement en eau potable. Ces infrastructures permettent de répondre à la demande croissante induite par l'urbanisation et l'industrialisation.

II.2.1. Adductions de la région Ouest

Adduction de Beni-Bahdel

Le transfert Béni Bahdel-Oran assure l'approvisionnement en eau potable des wilayas de Tlemcen, Ain Témouchent et Oran grâce aux eaux du barrage de Béni Bahdel. Ce système comprend une station de traitement à Bouhallou (120 000 m³/j) et un réseau de 156 km avec des brise-charges régulant la pression. Il joue un rôle essentiel dans la distribution et l'adaptation aux besoins croissants (Meddour, R. 2017).

Adduction de la Tafna

L'adduction de la Tafna complète le réseau Béni Bahdel et renforce l'approvisionnement en eau des agglomérations de la wilaya d'Ain Témouchent. Elle repose sur une station de pompage (260 000 m³/j), une conduite de 21,5 km, ainsi qu'une station de traitement à Dzioua

(250 000 m³/j). Ces infrastructures garantissent une distribution continue et efficace (Bouderba, H., Bougherira, N., & Kettab, A. 2015).

II.2.2. Adductions de la région Est

L'alimentation en eau potable de la région Est d'Oran repose principalement sur les transferts en provenance des barrages de Gargar et de Fergoug. Ces infrastructures stratégiques renforcent la capacité de stockage régionale et assurent l'acheminement de l'eau vers les réservoirs d'Oran à travers un réseau interconnecté. Le transfert Gargar-Oran assure un débit de 110 000 m³/j, tandis que le système MAO (Mostaganem-Arzew-Oran) permet un transfert annuel de 115 Mm³ (Benhamza, M., Toumi, S., & Kettab, A. 2017).

II.3. LES RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE

II.3.1. Les formations hydrogéologiques de la wilaya

Les eaux souterraines constituent une source d'appoint essentielle à Oran, bien que leur surexploitation entraîne des risques de dégradation. Elles sont principalement prélevées via des puits (94 % des prélèvements) et des forages (6 %). Les principales nappes exploitées sont celles de Brédéah, du complexe jurassique des monts d'Arzew et du Djebel Murdjadjo (Étude PMH, 2008) (SOGREAH (2009).

La figure II-1 illustre la superposition des unités hydrogéologiques de la wilaya d'Oran avec les trois sous-bassins versants, et une présentation détaillée de ces unités est disponible dans le Tableau II-1.

Tableau II-1 : Superficie des unités hydrogéologiques

Code de l'unité hydrogéologique	31_3_1	31_4_1	31_4_2	31_2_2
Nom	Nappe du Murdjadjo	Versant Nord du Murdjadjo	Nappe du Quaternaire	
Description géographique	Complexe kartisque de Murdjadjo	Nappe de la Plaine côtière d'Ain Turk	Nappe de la Plaine de Brédéah	Partie nord de la Nappe d'Arbal
Superficie de l'unité (Ha)	88562	20363	36395	7044

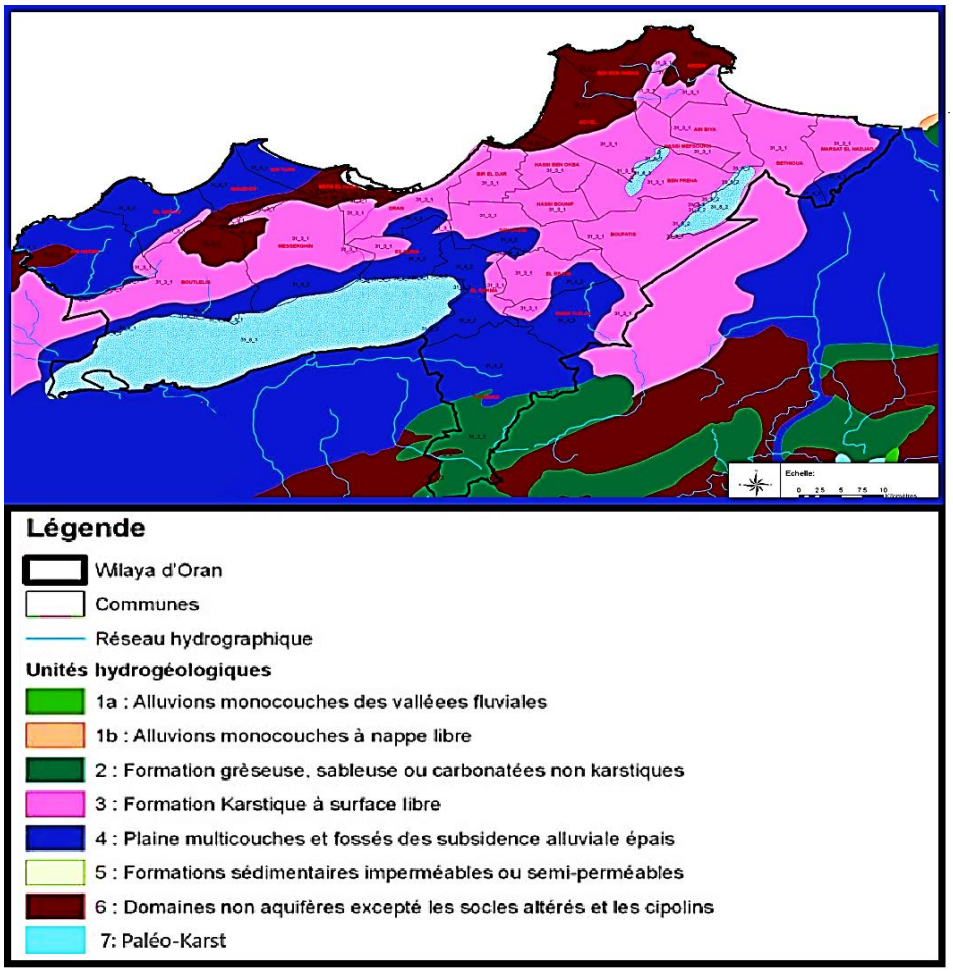


Figure II-1 Localisation des Unités Hydrogéologiques de la Wilaya d'Oran. (PMH, 2008)

II.3.2. Les principales méthodes d'exploitation des eaux souterraines

L'exploitation des eaux souterraines repose sur deux principaux moyens :

- **Les puits**, majoritairement concentrés à Misserghine (260), Boutlelis (173), Sidi Chami (205), Hassi Bounif (195), Gdyel (96), et Aïn Kerma (113).

- **Les forages**, plus rares, se trouvent principalement à Misserghine (50) et Boutlelis (35), où ils exploitent une nappe profonde faiblement minéralisée. (PMH, 2008).

Une synthèse détaillée des modes de prélèvement par région agricole est présentée dans le Tableau II-2.

Tableau II-2 : Mode de prélèvement sur aquifères

Région agricole	Nombre de communes	Nombre de forages		Nombre de puits	Nombre de sources
PIEMONTS DU MURDJADJO SEBHA D'ORAN	4	89		518	0
PLAINES DE HASSI BOUNIF -GDYEL	15	14		1 076	2
COTES LITTORALES DU TLEMCANAIS-ORANAIS	5	9		291	14
PLAINE DE LA M'LETA	2	6		118	
TOTAL WILAYA	26	118		2 003	16

II.4. CONCLUSION ET RECOMMANDATION :

La wilaya d'Oran fait face à des défis hydriques majeurs en raison de la rareté des ressources naturelles et de la pression croissante sur la demande. L'approvisionnement repose principalement sur les transferts d'eau extérieurs, le dessalement et, dans une moindre mesure, la réutilisation des eaux usées. Toutefois, ces alternatives sont encore limitées par des contraintes techniques, économiques et environnementales.

Par ailleurs, la surexploitation des nappes souterraines soulève des risques de détérioration de la qualité de l'eau, notamment par l'intrusion saline et l'épuisement des ressources renouvelables. Pour assurer une gestion durable, une approche intégrée est indispensable, combinant l'optimisation des infrastructures existantes, l'amélioration de l'efficience des systèmes d'irrigation, et une meilleure valorisation des eaux traitées.

Seule une politique de gestion équilibrée et proactive permettra de garantir la sécurité hydrique de la région sur le long terme.

CHAPITRE III :

APPROCHE DE MODÉLISATION ET SIMULATION DE LA DEMANDE EN EAU URBAINE ET INDUSTRIELLE :

RÉPARTITION DES RESSOURCES

CHAPITRE III : APPROCHE DE MODÉLISATION ET SIMULATION DE LA DEMANDE EN EAU URBAINE ET INDUSTRIELLE : RÉPARTITION DES RESSOURCES

III.1. INTRODUCTION

Ce chapitre analyse la demande en eau potable des ménages, des services collectifs et du secteur industriel, en intégrant l'impact des risques géologiques sur la disponibilité et la gestion des ressources hydriques.

Une simulation évaluera l'utilisation des eaux des STEP par l'agriculture en tenant compte des contraintes géologiques.

III.2. ANALYSE DU MODELE DE DEMANDE EN EAU HORS SECTEUR AGRICOLE

III.2.1. Modélisation de la demande en eau

La demande en eau urbaine et industrielle est modélisée en tenant compte de plusieurs paramètres tels que la population, l'évolution des besoins domestiques et la consommation des secteurs économiques. Le modèle prend en charge la croissance démographique et les variations saisonnières afin d'optimiser la distribution et d'éviter les pénuries. Une approche basée sur l'analyse des tendances historiques permet de mieux anticiper les fluctuations de la demande. Un récapitulatif des capacités de production de ces infrastructures est présenté en Tableau III-1.

Tableau III-1 : Principaux paramètres du modèle

Variables du modèle	Données de base	Paramètres de structure
Besoins des ménages en AEP	Volume de Production	taux d'efficience du réseau
Besoins des services collectifs en AEP	taille de la population	taux de raccordement
Besoins de l'industrie	taille du secteur industriel	consommation unitaire des ménages
Demande totale d'eau		taux de consommation des services collectifs
Prélèvement		consommation unitaire de l'industrie
Production totale d'eau		
Demande satisfaite		
Déficit en eau		

III.2.2. Informations sur les variables du modèle

Cette étude s'appuie sur des données issues de diverses sources, notamment le Bulletin du Relevé Quotidien (2010), le Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH, 2008) et les taux de raccordement par commune fournis par l'Office National des Statistiques (ONS).

III.2.2.1. Taille de la population de la Wilaya d'Oran

Selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) de 2008, la population totale de la Wilaya d'Oran, qui compte 26 communes, a été estimée à 1 454 078 habitants.

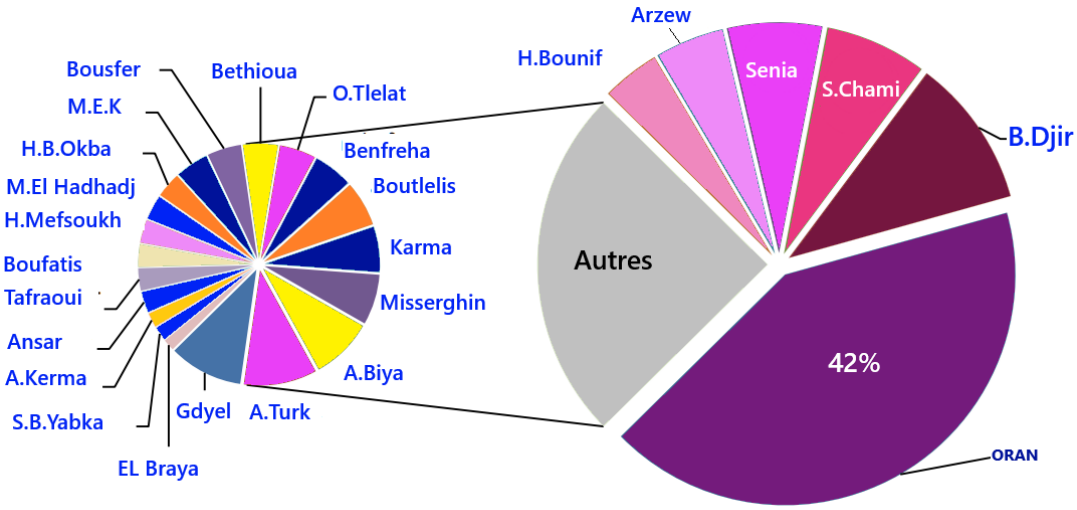


Figure III-1 : Distribution de la population par commune dans la Wilaya d'Oran – 2008 (RGPH 2008)

En 2008, la commune d'Oran comptait 601 000 habitants, soit près de 42 % de la population totale de la wilaya. Les six communes les plus peuplées regroupent à elles seules les trois quarts de la population, illustrant ainsi une forte concentration démographique au sein de la Wilaya d'Oran.

III.2.2.2. La taille des zones industrielles

L'évaluation de la consommation d'eau industrielle repose sur l'étendue des zones industrielles. La Wilaya d'Oran dispose de cinq zones dédiées à l'industrie, incluant le pôle d'Arzew. L'ensemble de ces espaces industriels couvre une superficie totale de 3 248 hectares, selon les données de la Direction de la Planification de la Wilaya d'Oran (2010).

III.2.2.3. Les ressource en eaux (Figure III-2)

On estime des ressources annuelles de la wilaya d'ORAN à 114 769 324 m³. Ces volumes proviennent de différentes sources, (D, SD, T). (DPO. 2010)

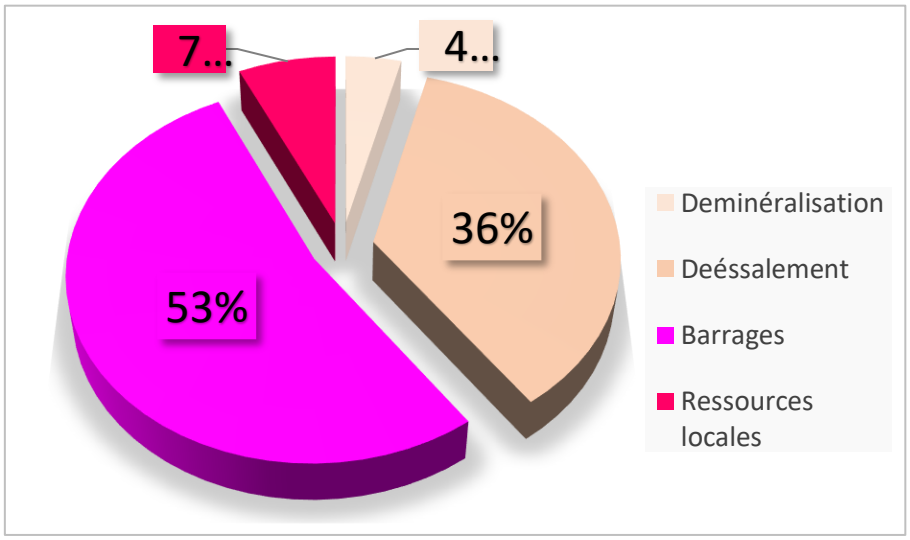


Figure III-2 : Répartition de la production d'eau dans la Wilaya d'Oran par source – Premier semestre 2010. (DPO. 2010).

III.2.2.4. Taux de raccordement dans la Wilaya

Selon le recensement de 2008 portant sur l'habitat, l'Office National des Statistiques (ONS) fournit les données relatives aux taux de raccordement des logements par commune au sein de la Wilaya d'Oran. Ce taux moyen a été estimé en utilisant une moyenne pondérée selon le nombre de logements occupés. Afin de garantir un accès optimal à l'eau potable pour ces logements, les infrastructures d'adduction jouent un rôle essentiel en assurant le transport et la distribution de l'eau vers les principaux centres urbains. Une description détaillée de leurs caractéristiques techniques est disponible dans le Tableau III-2.

III.2.3. Optimisation des paramètres du modèle

L'ajustement du modèle vise à estimer les paramètres non directement observables, tels que la consommation unitaire des ménages et de l'industrie, les pertes du réseau de distribution et la part de la demande en AEP des services collectifs. L'objectif est d'obtenir un modèle capable de reproduire fidèlement la situation hydrique constatée pour l'année de référence 2010 en utilisant les paramètres déterminés.

Tableau III-2 : Connexion des communes au réseau d'alimentation en eau potable

Communes	Réseau AEP (%)	Logements habitées	Logements avec réseau AEP	Communes	Réseau AEP (%)	Logements habitées	Logements avec réseau AEP
Oran	95.4	112288	107123	Boufatis	64.9	2052	1332
Gdyel	82.9	5764	4778	Mers El Kebir	80.6	2670	2152
Bir El Djir	50.1	25690	12871	Bousfer	70.8	2717	1924
Hassi Bounif	59.8	8668	5183	El Karma	72	3981	2866
Es Senia	84.6	16090	13612	El Braya	79.9	795	635
Arzew	88.8	13256	11771	Hassi Ben Okba	81	1854	1502
Bethioua	88.2	2857	2520	Benfreha	86.5	3012	2605
Marsat El Hadjadj	96.1	1816	1745	Hassi Mefsoukh	79.5	1799	1430
Ain Turk	78	6582	5134	Sidi Ben Yabka	68.9	1183	815
El Ancar	88.3	2044	1805	Misserghin	72.3	3530	2552
Oued Tlelat	93.1	2754	2564	Boutlelis	86.6	3572	3093
Tafraoui	81	1431	1159	Ain Kerma	88.6	969	859
Sidi Chami	43.1	17488	7537	Ain Biya	97.6	5164	5040
				Total	81.7	250026	204608
				Taux de raccordement moyen au réseau d'AEP de la Wilaya.			81.8%

III.2.3.1. Consommation unitaire de l'industrie

En raison du manque de données précises sur le secteur industriel, l'évaluation de la consommation unitaire en eau de l'industrie sera exprimée en m³/ha. Cette estimation repose sur la superficie des zones industrielles ainsi que sur la consommation unitaire d'eau par hectare.

La détermination de cette consommation unitaire s'appuie sur la dotation en eau allouée à l'industrie, qui est estimée à 18.250.000 m³/an (soit 50.000 m³/j) selon la Direction de l'Hydraulique de la Wilaya (DHW). Ce calcul prend également en compte un taux d'efficience

de la distribution évalué à 80 % ainsi que la superficie totale des zones industrielles de la Wilaya d'Oran, qui s'élève à 3.248 ha. Le tableau III-3 présente les résultats obtenus :

Tableau III-3 : Consommation spécifique en eau du secteur industriel. (DHW. 2010).

Dotation en eau de l'industrie	18.250.000 m^3/an
Efficience du réseau	80%
Consommation en eau de l'industrie	14.600.000 m^3/an
Superficie des zones industrielles	3248 ha
Consommation unitaire en eau de l'industrie	4495,07 m^3/ha

III.2.3.2. Consommation unitaire en AEP des ménages

L'évaluation de la consommation unitaire des ménages s'exprime en mètres cubes par personne raccordée. Selon le Bulletin des Relevés Quotidiens (BRQ) de 2010, la production d'eau dans la Wilaya d'Oran s'élève à 114.769.324 m³ (DHW, 2010). En soustrayant la dotation en eau allouée à l'industrie (voir section précédente), on obtient une production destinée aux ménages et aux services collectifs estimée à 96.519.324 m³ par an.

En prenant en compte le taux de consommation des services collectifs (α), le taux de raccordement ($txrac$) ainsi que la population totale (N), la consommation unitaire des ménages ($Bunitmen$) est déterminée à l'aide de l'équation (III.1).

$$\boldsymbol{Bunit_{men} = \frac{B_{men} + B_{SC}}{(1+\alpha) * (N * tx_{rac})}} \qquad \text{Eq III.1}$$

Le tableau Tableau III-4 regroupe les résultats obtenus :

Tableau III-4 : Consommation spécifique des ménages en eau. (DHW. 2010).

Dotation en AEP des ménages et collectivités (m^3/an)	96.519.324
Taux d'efficience	80%
Consommation AEP des ménages et collectivités (m^3/an)(+ B_{SC})	77.215.459
Taux d'affectation d'AEP aux services collectifs	20%
Taille de la population en 2010 (N)	1.502.670
Taux de raccordement (tx_{rac})	0.818
Consommation unitaire (m^3/an) (Eq IV.9)	52,349

Ainsi, la consommation spécifique d'AEP s'établit à environ 143,4 litres par jour et par habitant.

III.2.3.3. Autre paramètres du modèle

Les paramètres du modèle qui ne peuvent être directement observés, tels que l'efficacité du réseau de distribution et le taux de consommation des services collectifs, sont établis sur la base d'hypothèses spécifiques.

Ainsi, l'efficacité du réseau de distribution a été estimée à 80 %, une valeur déterminée à la suite de concertations avec les cadres de la SEOR (2010). Quant à la consommation des services collectifs, il a été supposé qu'elle représente 20 % de la consommation totale des ménages.

Le tableau III-5 ci-après présente une synthèse des valeurs de paramétrage du modèle pour l'année de référence 2010. Ces paramètres permettent d'analyser l'évolution de la consommation en eau potable des ménages, des industries et des services collectifs entre 2010 et 2030, illustrant ainsi l'augmentation progressive des besoins. Les données complètes sont présentées dans le Tableau III-5.

Tableau III-5 : Paramétrage du modèle

Variables	Valeur	Sources
Ressources annuelles (m^3)	114.769.324	SEOR
Taille de la population en 2008 (hbts)	1454078	RGPH 2008
Population en 2010 (hbts)	1.502.669	Hypothèse sur le taux de croissance 2009 et 2010
Taille du secteur industriel (ha)	3248	Monographie de la W. d'Oran
Taux de raccordement moyen au réseau d'AEP	81,8%	Calculé à partir des données de communes de l'ONS
Taux d'efficience du réseau	80%	Hypothèse
Taux de consommation des services collectifs	20%	Hypothèse
Consommation unitaire des ménages (m^3/an	52.412	Calibrage
Consommation unitaire de l'industrie (m^3/an)	4495	Calibrage

Grâce à ces paramètres, le modèle parvient à reproduire fidèlement le bilan d'AEP de la Wilaya d'Oran pour l'année 2010, comme l'illustre la figure III-3. Celle-ci représente le bilan d'AEP simulé à l'aide du modèle WEAP après calibration.

L'équilibre est assuré entre les flux entrants dans les réservoirs, estimés à 114,7 millions de m³, et les flux sortants vers les différents secteurs, y compris les pertes de distribution. La répartition des volumes d'eau consommés en 2010 se décline ainsi : 80,4 millions de m³ pour les ménages, 16,1 millions de m³ pour les services collectifs et 18,25 millions de m³ pour le secteur industriel. Ce modèle reflète avec précision la situation hydrique de la Wilaya, en tenant compte des besoins des ménages, des services publics et des industries.

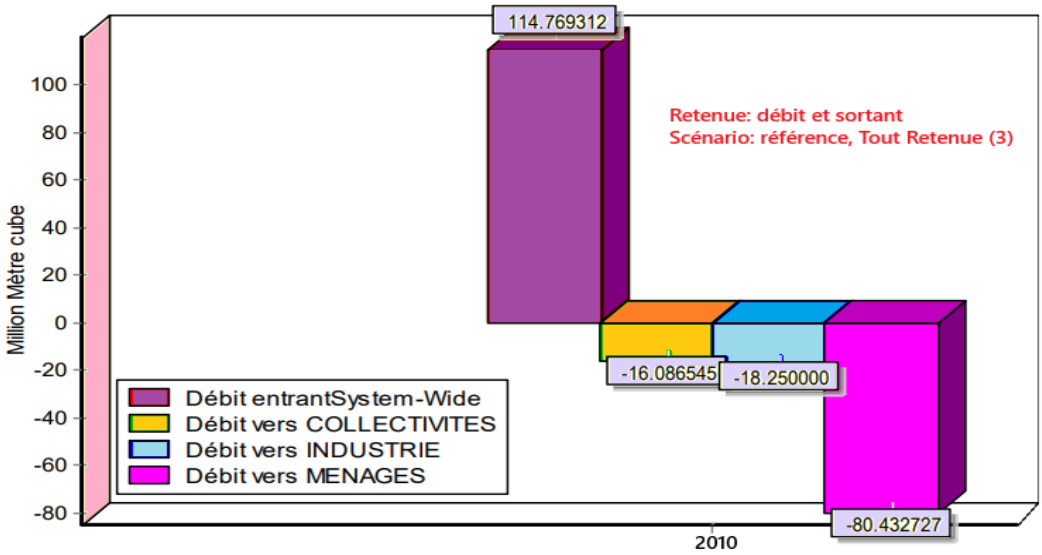


Figure III-3 : Apport et distribution des ressources en eau dans la Wilaya d'Oran

III.3. ÉTUDE DES DIFFERENTES SIMULATIONS

Le processus de calibrage du modèle permet d'établir le Compte de l'année de base (Current Account), reflétant la situation de 2010. Une fois cette étape réalisée, la modélisation des scénarios se déroule en deux phases. D'abord, un scénario de référence est élaboré à partir du compte de base afin de simuler l'évolution du système sans modification. Ensuite, des scénarios exploratoires de type **« que se passe-t-il si ? »** sont créés pour analyser l'impact des changements dans la demande, la production ou la gestion des ressources en eau.

III.3.1. Simulation de base

Le scénario de référence sert de base de comparaison pour les autres scénarios en projetant les tendances actuelles sans modifications majeures.

Dans le scénario de référence 2010-2030 utilisé, seules les variables de niveau, à savoir la taille de la population et celle du secteur industriel, évoluent, tandis que les paramètres structurels restent constants. Cela entraîne :

- une augmentation des besoins en eau industrielle en fonction du taux de croissance des zones industrielles,

- une hausse de la demande en AEP des ménages et collectivités, proportionnelle à la croissance démographique entre 2010 et 2030, conformément à l'équation (III.1) du modèle.

III.3.1.1. La projection de l'évolution de la superficie des zones industrielles

Le schéma directeur des zones industrielles (Ministère de l'Industrie, 2008) prévoyait la création de 30 nouvelles zones industrielles en 2020, en plus des 52 existantes, sans précision de leur localisation. Cela correspond à un taux de croissance moyen de 4,7 % par an à l'échelle nationale. En se basant sur cette hypothèse, la croissance des besoins en eau industrielle pour la Wilaya d'Oran est estimée à 5 % par an entre 2010 et 2030, un taux légèrement supérieur à la moyenne nationale afin de compenser le retard de la région.

III.3.1.2 La projection de la croissance de la population de la wilaya

La méthodologie adoptée repose sur l'hypothèse que la Wilaya d'Oran suit la tendance nationale en matière de croissance démographique. Ainsi, les taux de croissance observés à l'échelle du pays sont appliqués à la Wilaya. À titre de référence, la population algérienne a connu une croissance moyenne de 1,64 % entre 1998 et 2008, passant de 29,5 millions à 34,5 millions d'habitants (RGPH 2008).

Tableau III-6 : Evolution de la croissance démographique en Algérie : (RGPN. 1966-2008)

Année	1966-1977	77-87	87-98	8	99	0	1	2	3	4	5	6	7	08
Population (en milliers)	/	/	/	9,5	0,0	0,4	0,9	1,4	1,8	2,4	2,9	3,5	4,1	34,7
Taux de Cce démograph	2,6%	3,7%	2,8%	1,6%	1,6%	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,6 %	1,6 %	1,7 %	1,8%	1,8%	1,8%

Depuis 1987, une diminution du rythme de croissance démographique a été observée, malgré une légère reprise ces dernières années. En appliquant cette tendance à la Wilaya d'Oran, le scénario de référence retient une croissance annuelle positive mais légèrement décroissante entre 2010 et 2030, en cohérence avec celle des pays similaires à l'Algérie. Cette évolution démographique a un impact direct sur les besoins en eau et souligne l'importance des différentes sources d'approvisionnement. En particulier, la dépendance croissante de la wilaya d'Oran aux ressources non conventionnelles est mise en évidence (**Tableau III-7).**

Tableau III-7 : Projection de la population totale de la Wilaya d'Oran : 2010-2030

Année	2009	2010	2015	2020	2025	2030
Taux de croissance de la pop.	1.8%	1.9%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%
Population projetée	1.480.251	1.508.376	1.657.222	1.802.957	1.942.297	2.061.665

III.3.1.3. Les résultats du scenario de référence

Dans le scénario de référence, l'approvisionnement en eau de la Wilaya d'Oran repose sur quatre sources principales : les stations de dessalement, les transferts externes des barrages, la déminéralisation de Brédéah et les sources locales.

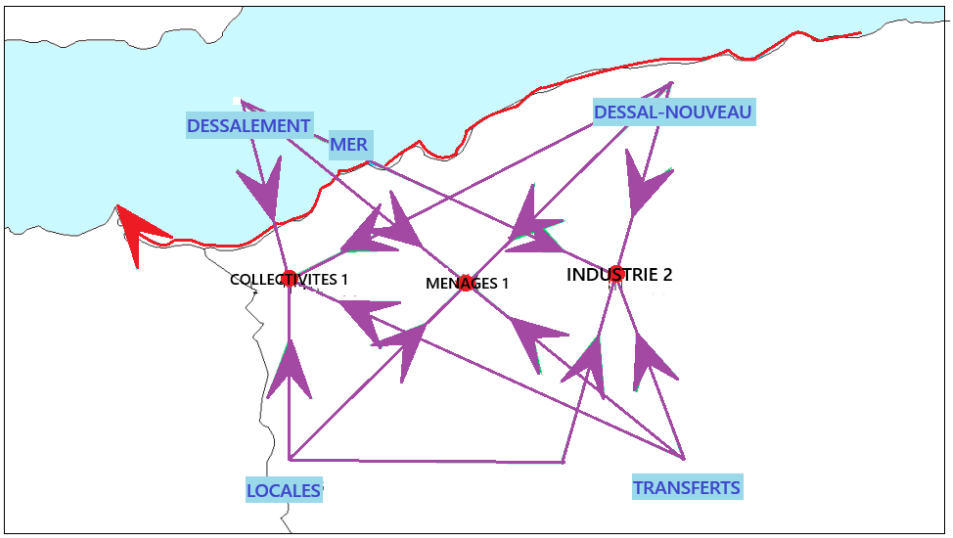


Figure III-4 : Schéma hydraulique de la wilaya d'Oran.Scénario de référence (2010-2030).

La gestion des ressources en eau suit trois niveaux de priorités :

- **Priorités de demande** : L'approvisionnement en eau est d'abord destiné aux ménages et aux services collectifs, avant l'industrie.

- **Préférences d'approvisionnement** : L'eau provient en priorité des stations de dessalement (contrats "take or pay"), suivies des ressources locales (Brédéah), puis des transferts inter-wilayas.

- **Priorités entre alimentation du système et stockage** : Étant donné la capacité limitée des réservoirs, cette contrainte reste négligeable.

Le modèle répartit ainsi les ressources en eau en respectant ces priorités. Les résultats montrent une augmentation régulière de la demande entre 2010 et 2030, atteignant 145,32 millions de m^3 en 2030, dont 88,82 millions destinés aux ménages.

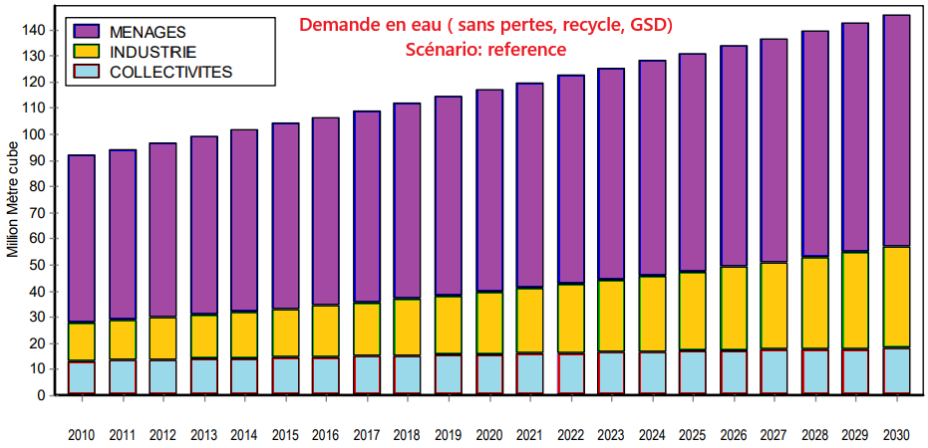


Figure III-5 : évolution de la demande en eau de la wilaya d'Oran. Scénario de référence (2010-2030).

Étant donné les pertes de distribution estimées à 20 %, le volume d'eau nécessaire doit dépasser la demande pour assurer l'approvisionnement des secteurs. Sans intervention, un déficit de 54 millions de m³ par an est prévu en 2030, dont 15 millions pour les ménages et collectivités et 39 millions pour l'industrie, menaçant ainsi le développement de la Wilaya (figure III-6)

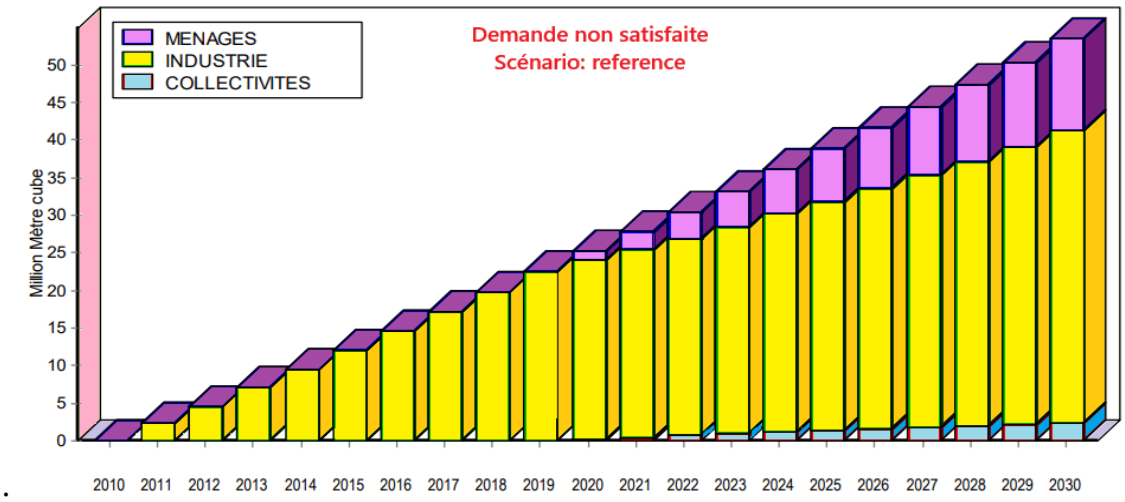


Figure III-6 : demande non satisfaite de la wilaya d'Oran. Scénario de référence (2010-2030).

Le taux de recouvrement par secteur diminue rapidement pour l'industrie en raison de la priorité accordée aux ménages et aux collectivités. Cela rend le secteur industriel plus vulnérable aux pénuries d'eau, au point que son approvisionnement est totalement interrompu en 2019 (figure III-7).

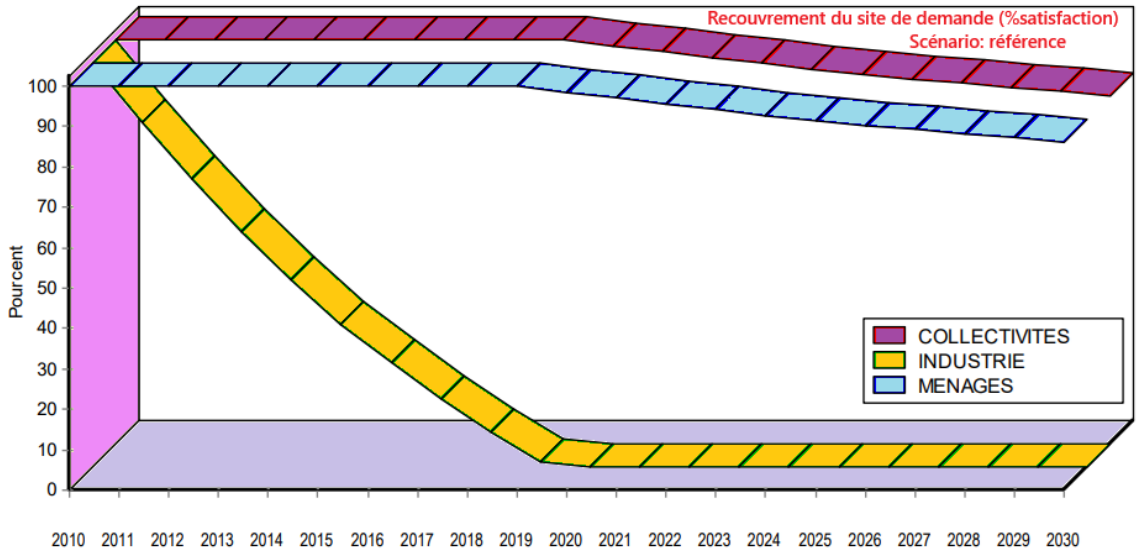


Figure III-7 : taux de satisfaction par secteur de la wilaya d'Oran

Scénario de référence (2010-2030).

Sans intervention, les ménages et collectivités commenceront à subir des pénuries dès 2019, avec un taux de satisfaction des besoins en eau de seulement 86,1 % en 2030. Globalement, la demande non couverte atteindra 63,2 %.

Le scénario de référence est un scénario passif, supposant l'absence d'actions pour répondre à la croissance démographique et économique. Cependant, des projets sont en cours, tels que l'extension du dessalement et du traitement des eaux usées. De plus, ce scénario considère des besoins unitaires constants, alors qu'en réalité, l'amélioration du niveau de vie et l'urbanisation accrue entraîneront une demande en eau plus élevée.

Pour mieux anticiper ces évolutions, trois catégories de scénarios alternatifs seront étudiées :

1. Variation des besoins unitaires en eau selon les sites de demande.
2. Accroissement des ressources en eau par de nouveaux projets.
3. Optimisation de la gestion des ressources pour une utilisation plus efficace.

III.3.2. Simulation de croissance des besoins en eau

Un premier scénario alternatif explore l'évolution des besoins unitaires des ménages, collectivités et industries sous l'influence de divers facteurs entre 2011 et 2030.

III.3.2.1. La demande unitaire d'AEP des ménages

Le scénario de référence suppose un besoin en eau constant par habitant entre 2010 et 2030, une hypothèse peu réaliste sur une période aussi longue. En réalité, plusieurs facteurs influencent cette demande, notamment le taux d'occupation des logements, l'extension du raccordement au réseau d'AEP et l'amélioration du niveau de vie.

Le **taux d'occupation des logements (TOL)** joue un rôle clé : un ménage plus grand partage les mêmes équipements, réduisant ainsi la consommation individuelle d'eau. À l'inverse, un faible TOL entraîne une consommation unitaire plus élevée et limite les économies d'eau possibles. En 2008, la Wilaya d'Oran enregistrait un TOL moyen de 5,7 personnes par logement, variant selon les communes, avec des valeurs plus élevées à Hassi Bounif et Tafraoui.

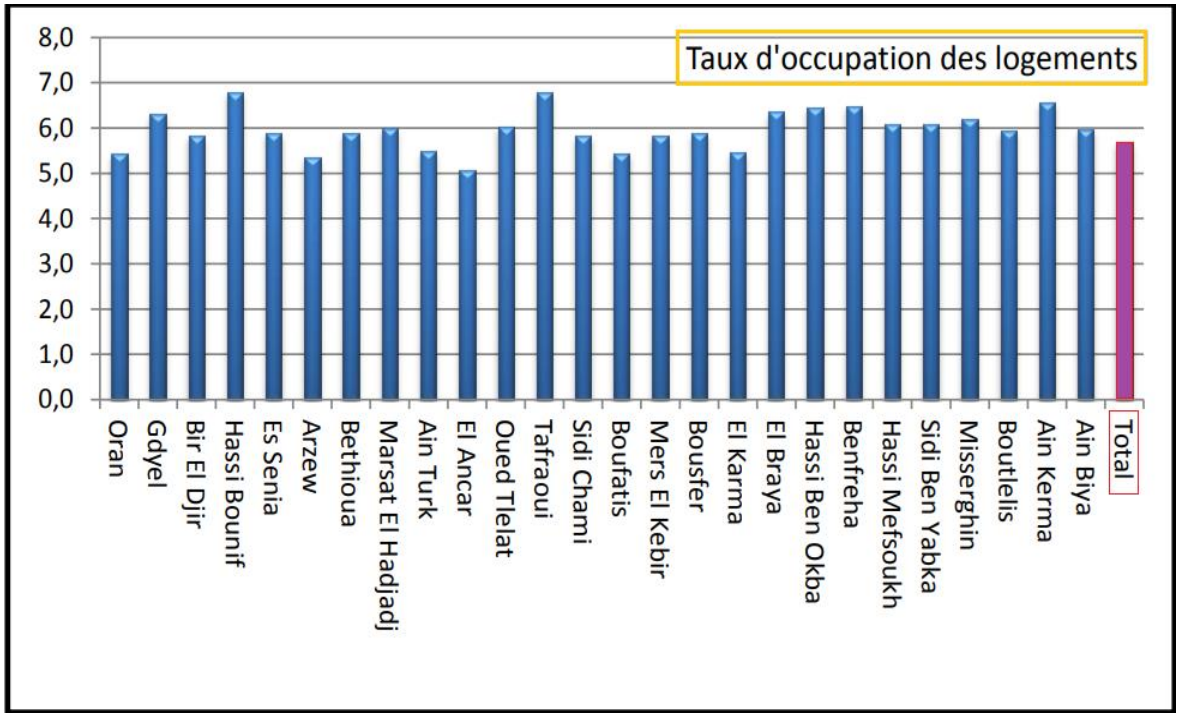


Figure III-8 : taux d'occupation des logements par commune. (RGPH.2008).

À l'échelle nationale, le **taux d'occupation des logements (TOL)** connaît une baisse progressive, passant de 5,5 personnes par logement en 2003 à 5,1 en 2008 (RGPH, 2008). Toutefois, ce rythme de diminution (0,4 personne en cinq ans) reste insuffisant pour combler le déficit estimé à 1,1 million de logements.

Pour y remédier, les autorités ont lancé un **vaste programme de construction** entre 2005 et 2009. Selon les prévisions du **Ministère de l'Habitat (2010)**, le TOL poursuivra sa baisse d'ici 2030, contribuant ainsi à une hausse progressive de la consommation unitaire d'eau.

Tableau III-8 : Evolution du TOL au niveau national : 2003-2030

	2003	2008	2014	2020	2030
Taux d'occupation des logements (personnes)	5.5	5.1	4.6	4.1	3.3

En appliquant les tendances nationales à la Wilaya d'Oran, plusieurs facteurs influencent la demande en eau potable (AEP) :

- **Impact du taux d'occupation des logements (TOL)** : Une baisse du TOL entraîne une hausse de la consommation unitaire d'eau. On estime qu'une diminution d'une personne dans un logement augmente la consommation unitaire de 15%. Ainsi, avec une baisse prévue de 1,5 personne d'ici 2030, la consommation unitaire augmentera de 22,5%, soit une croissance annuelle de 1,02%.

- **Taux de raccordement au réseau AEP** : La politique nationale vise à raccorder un maximum de foyers à l'eau potable. Le taux de raccordement dans la Wilaya passera de 81,8% actuellement à 95% en 2030, entraînant une augmentation annuelle de la demande de 0,76%.

- **Niveau de développement** : Les besoins en eau varient selon le revenu. Un revenu plus élevé favorise une consommation plus importante. Faute de données locales, on suppose que la progression du revenu par habitant à Oran suit la tendance nationale.

Tableau III-9 : Evolution du revenu par habitant. (RGPH. 2000-2009).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Revenu par habitant en dollars (constant)/an	1796	1816	1873,6	1973,2	2045,0	2117,4	2127,5	2158,6	2177,2	2189,7

Entre 2000 et 2009, le revenu par habitant en Algérie a augmenté en moyenne de 2,2% par an.

Toutefois, la consommation d'eau ne suit pas exactement cette croissance. Une augmentation de 1% du revenu entraîne une hausse de 0,33% de la consommation d'eau, ce qui signifie que la croissance prévue du revenu aboutira à une augmentation de 0,7% par an de la demande en eau.

Évolution consolidée de la consommation unitaire des ménages

L'impact global des trois facteurs — baisse du taux d'occupation des logements (1,02%)**,** augmentation du taux de raccordement (0,76%) et **croissance du niveau de vie (0,7%)** — entraîne une hausse annuelle estimée de 2,48% de la consommation d'eau par habitant dans la Wilaya d'Oran.

Cependant, cette évolution n'est pas linéaire : au-delà d'un certain seuil, la demande en eau tend à se stabiliser, voire diminuer, en raison de la saturation des besoins**.**

Tableau III-10 : Consommation unitaire des ménages dans différents pays (en litre/j/habitant) (AQUASTAT Database – FAO).

	1982	1987	1992	1997	2002	2007
Usa			637.0	615.1	595.9	580.8
Germany				193.9	180.2	171.7
Belgium	277.3				198.8	189.4
France					268.9	256.4
Italy	380.8	345.5	311.8		433.4	413.2
Tunisia			83.9	93.6	103.9	
Algeria	90.0		115.6		121.0	127.9
Egypt			0.0	154.1	199.2	
Morocco			57.9		114.2	142.8
Cameroon		44.1	38.9		26.5	36.2

Dans les pays développés, la consommation d'eau par habitant tend à diminuer après un certain seuil, tandis que dans les pays en développement, elle reste en croissance continue. Pour refléter cette dynamique, l'évolution de la consommation d'eau dans la Wilaya d'Oran est divisée en trois phases :

1. 2010 - 2020 : Augmentation rapide de 2,48% par an.
2. 2020 - 2025 : Ralentissement de la croissance à 1,24% par an.
3. 2025 - 2030 : Phase de saturation, où la consommation par habitant devient stable à environ 200 litres/jour en 2030.

Cette évolution progressive permet d'anticiper les besoins futurs et d'adapter la gestion des ressources en eau en conséquence.

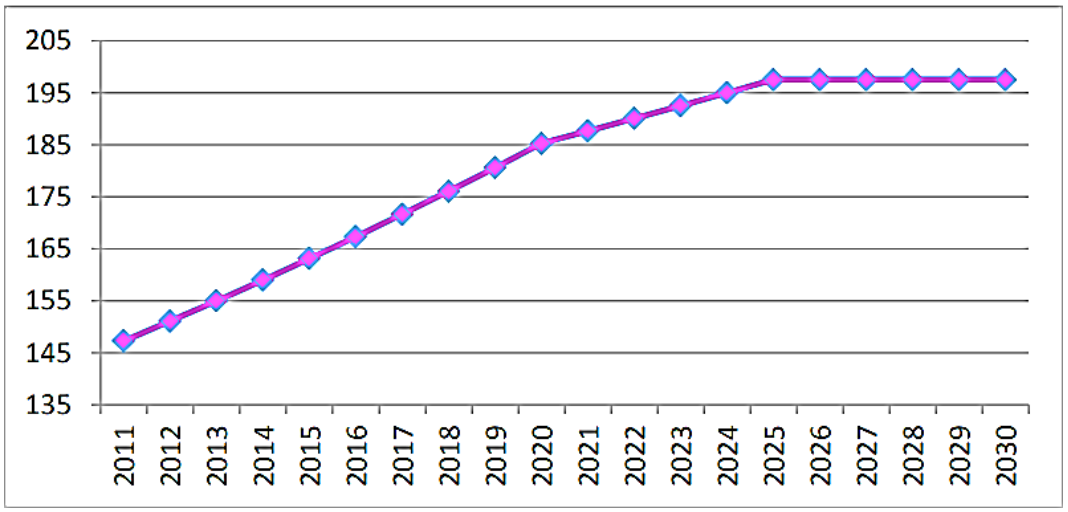


Figure III-9 : Consommation des ménages en AEP (en litre/jour/personne).

Scénario 'Demande'

III.3.2.2. La consommation des services publics

Dans cette hypothèse, l'amélioration du niveau de vie conduit à une hausse de la consommation d'eau des services publics. Leur part dans la consommation domestique totale (ménages + collectivités) augmente de 20 % en 2010 à 25 % en 2030, avec un taux de croissance annuel moyen de 1,1 %**.** Cette progression reflète **u**ne demande croissante en infrastructures et services publics**,** nécessitant une gestion efficace des ressources en eau.

III.3.2.3. La consommation unitaire de l'industrie

Dans cette projection, les avancées technologiques favoriseront une réduction de la consommation d'eau dans l'industrie**.** Ainsi, la consommation unitaire par hectare dans ce secteur diminuera progressivement, passant de 4495 m³/ha en 2010 à 4000 m³/ha en 2030**.** Cette tendance traduit une amélioration de l'efficacité des processus industriels et une meilleure gestion des ressources hydriques**.**

III.3.2.4. Les résultats des simulations

L'analyse du scénario de référence avait déjà mis en évidence un déséquilibre hydrique dû à **l'**essor démographique et à l'expansion industrielle**.** L'augmentation des besoins en eau des ménages et des collectivités viendra aggraver cette situation. Le graphique ci-dessous illustre l'évolution de cette demande supplémentaire comparée au scénario de référence.

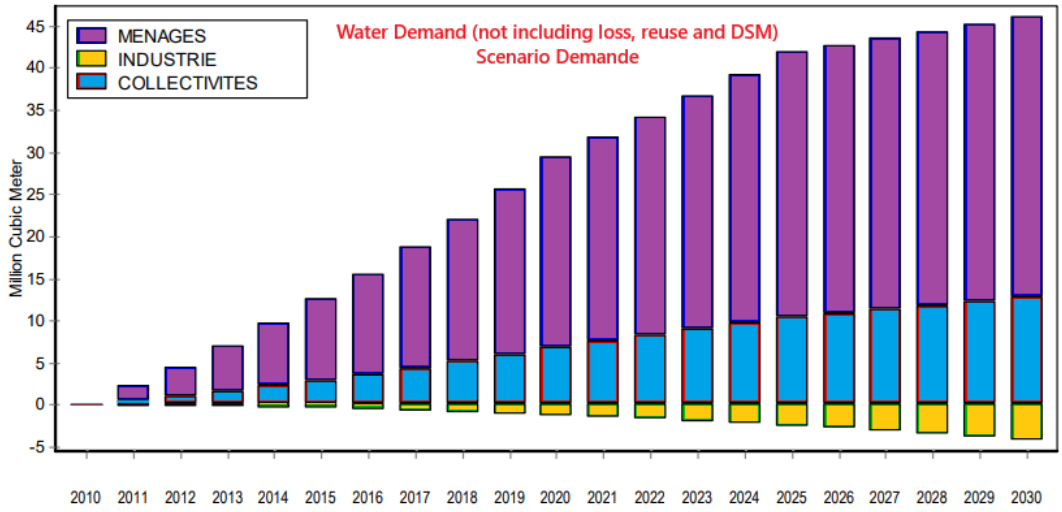


Figure III-10 : Evolution de la demande en eau de la wilaya d'Oran. Scénario de demande 2010-2030

Le graphique illustre que d'ici 2030, la demande en eau des ménage**s** dépassera celle du scénario de référence de 33,35 millions de m³/an**,** tandis que celle des collectivités augmentera de 12,67 millions de m³/an. En revanche, le secteur industriel affichera une baisse de consommation, grâce à **l'**adoption de technologies plus économes en eau. De plus, une comparaison du taux de recouvrement des besoins en eau par secteur est présentée dans la Figure III-11**.**

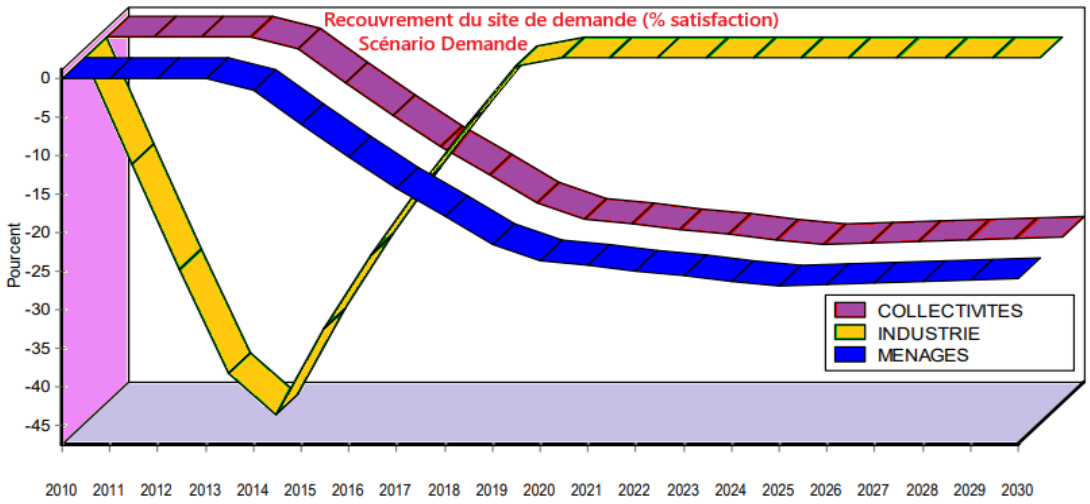


Figure III-11 : évolution du taux de recouvrement des différents secteurs de la wilaya d'Oran. Scénario de demande par rapport au Scénario de référence.

Le taux de recouvrement diminue par rapport au scénario de référence pour tous les secteurs en raison de **l'**augmentation de la demande des ménages et des collectivités**.** Toutefois, **l'**industrie est soumise à deux effets opposés : d'un côté**,** les technologies économes en eau améliorent le taux de recouvrement, mais de l'autre, sa priorité plus faible en approvisionnement réduit ce taux. À partir de 2019, le taux de recouvrement devient nul pour l'industrie dans les deux scénarios, annulant toute différence entre eux.

L'approvisionnement en eau des différents secteurs suit un ordre de priorité : il privilégie les ménages et les collectivités, tandis que l'industrie reste secondaire. En termes de sources**,** la hiérarchie suit la logique suivante : dessalement, puis ressources locales, et enfin transferts**.**

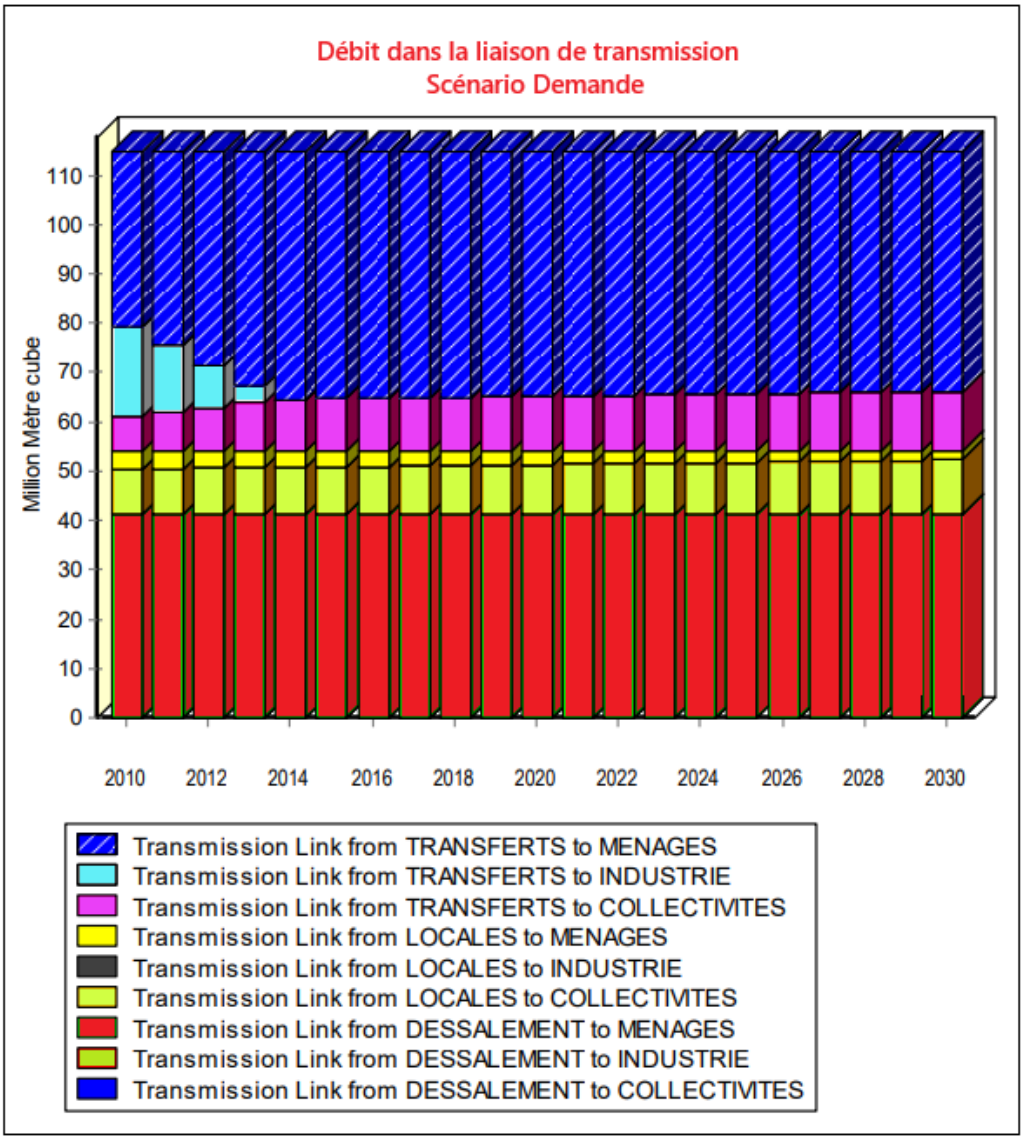


Figure III-12 : évolution de l'origine des sources d'approvisionnement.

Scénario de demande.

En 2030, le dessalement sera exclusivement destiné aux ménages, leur fournissant 41.45 millions de m³/an, incluant les pertes de distribution. Les besoins restants seront couverts principalement par les transferts (barrages) avec 48.6 millions de m³/an**,** tandis que les sources locales contribueront modestement avec 1.8 million de m³/an**.**

D'une manière générale, la répartition des ressources en 2030 entre les différents secteurs se fera selon cette logique, garantissant la priorité aux ménages tout en intégrant les autres besoins.

Tableau III-11 : Affectation des ressources en 2030 – priorité ménages et collectivités

Débit dans les liaisons de transmission (Mètre Cube)				
Scenario Demande				
	COLLECTIVITES	INDUSTRIE	MENAGES	TOTAL
DESSALEMENT	0	0	41 450 310	41 450 310
LOCALES	10 788 193	0	1 840 509	12 628 702
TRANSFERTS	12102307	0	48588005	60 690 312
Somme	22 890 499	0	91 878 825	114 769 324

Si tous les sites de demande bénéficient de la même priorité, la distribution des ressources en eau s'effectuera selon la répartition suivante :

Tableau III-12 : Affectation des ressources en 2030 – sans priorité

	COLLECTIVITES	INDUSTRIE	MENAGES	TOTAL
DESSALEMENT	0	6 139 448	35 310 862	41 450 310
LOCALES	8 800 266	3 828 436	0	12 628 702
TRANSFERTS	9 872 495	11 182 376	39 635 442	60 690 312
Somme	18 672 761	21 150 260	74 946 303	114 769 324

Dans cette situation, l'industrie recevra une part d'approvisionnement, mais cela se fera au détriment d'une réduction de l'alimentation en eau des ménages.

III.3.3. Simulation de renforcement de l'offre en eau

Dans cette projection, la production d'eau est initialement maintenue au niveau de l'année de référence, bien que cela ne reflète pas la réalité des projets de la DHW visant à accroître les capacités d'approvisionnement. Le scénario simulé prendra en compte les évolutions des besoins unitaires tout en ajustant la production grâce à l'installation d'une station de dessalement (SDEM) et d'une station d'épuration (STEP), augmentant ainsi les ressources en eau non conventionnelles de la Wilaya.

III.3.3.1. L'installation d'une station de dessalement de l'eau de mer

Les projets prévus dans la Wilaya incluent l'installation d'une station de dessalement, opérationnelle dès 2012 avec une capacité initiale de 50 000 m³/j, atteignant 250 000 m³/j en régime maximal. Cette initiative s'inscrit dans la stratégie nationale de l'Algérie visant à renforcer la production d'AEP à partir de l'eau de mer.

Concernant ses caractéristiques, la station augmentera progressivement sa capacité : 0,5 m³/s (43 200 m³/j) en 2012, 1 m³/s (86 400 m³/j) en 2013, 1,7 m³/s (146 800 m³/j) en 2014, pour atteindre 2,89 m³/s (250 000 m³/j) en 2030, suivant une courbe de croissance logistique.

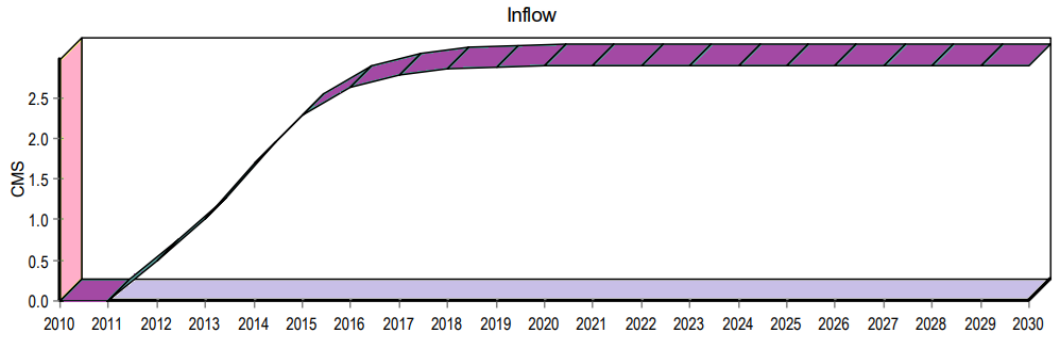


Figure III-13 : évolution de la production de la SDEM .Scénario Ressources

Selon notre schéma, la station de dessalement (SDEM) atteindra 78,8% de sa capacité totale d'ici **2015**, soit après trois années d'exploitation**.**

III.3.3.2. Installation d'une nouvelle STEP

Le scénario prévoit également la mise en service de stations d'épuration des eaux usées (STEP) dès 2012**,** dans le cadre du programme de développement des ressources en eau de la Wilaya. Actuellement, plusieurs stations de faible capacité sont déjà en activité, mais l'eau traitée est rejetée sans être réutilisée, ce qui améliore uniquement la qualité de l'environnement sans impacter l'offre en eau.

Dans cette projection, la nouvelle STEP alimentera d'abord le secteur industriel, avec une capacité cible de 300.000 m³/j (3,47 m³/s) en 2030, atteinte progressivement selon une courbe logistique, en partant d'un débit initial de 1 m³/s en 2012**.** Une variante future pourrait orienter une partie de l'eau traitée vers l'irrigation agricole.

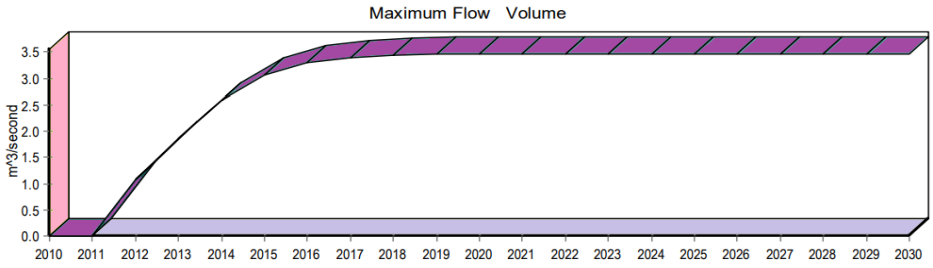


Figure III-14 : évolution de la capacité de la STEP, Scénario Ressources

Dans ce scénario, 60% des eaux consommées par les ménages, collectivités et industries sont acheminées vers la STEP pour traitement, tandis que le reste est évacué vers des réceptacles naturels (Sebkha, mer, etc.). L'eau traitée est ensuite redistribuée au secteur industriel**,** avec un éventuel excédent rejeté en mer**.**

Le schéma de distribution des ressources en eau doit être réajusté pour intégrer ces nouvelles infrastructures, comme illustré dans la figure ci-après.

Les liaisons jaunes indiquent les transmissions d'eau, tandis que les liaisons mauves représentent les débits de retour**.** Les nouvelles infrastructures**,** notamment la STEP et la SDEM, sont représentées par des cercles mauves dans le schéma.

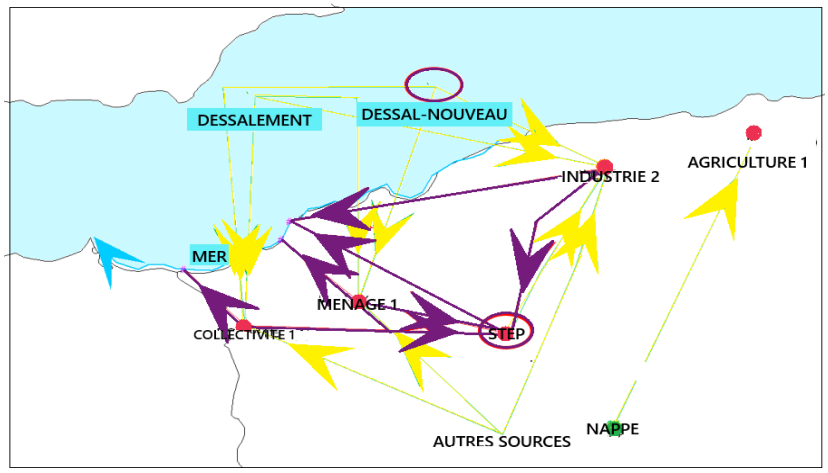


Figure III-15 : schéma hydraulique de la wilaya d'Oran projeté. (Scénario Ressource 2010-2030.)

III.3.3.3. Les priorités des demandes et d'approvisionnement

La priorité d'approvisionnement en eau reste inchangée : les ménages et collectivités sont servis avant l'industrie.

L’ordre des sources varie selon les secteurs :

Ménages et collectivités : dessalement (priorité 1), ressources locales (2), puis transferts externes (3).

Industrie : STEP (1), dessalement (2), ressources locales (3), transferts externes (4).

Les autres paramètres du scénario de référence restent constants. L’objectif est de limiter progressivement les transferts d’eau externes en misant sur les ressources locales et le dessalement.

III.3.3.4. Les résultats des simulations

L’installation de la nouvelle station de dessalement augmente immédiatement la production d’eau dès 2012. En revanche, la STEP ne génère pas un apport supplémentaire, mais optimise l’utilisation des ressources en réduisant la demande en eau de l’industrie grâce au recyclage.

La station de dessalement, surdimensionnée par rapport aux besoins initiaux, produit un excédent dès son entrée en service. La courbe rouge de la figure (III-16) illustre ce débit inutilisé. Malgré cela, tous les secteurs bénéficient d’un approvisionnement intégral avec un taux de satisfaction de 100 %.

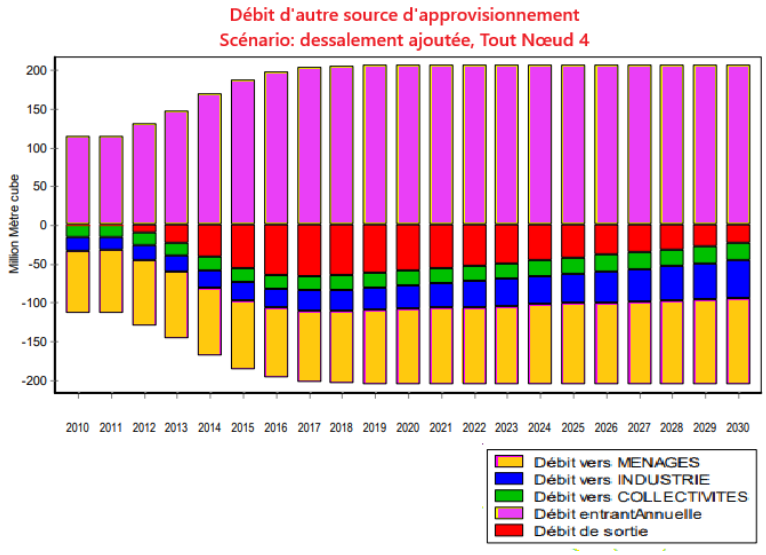


Figure III-16 : Affectation de la ressource dans la wilaya d’Oran. Scénario ressource 2010-2030.

Toutefois, avec l'augmentation progressive de la demande unitaire, la station de dessalement devient insuffisante dès 2025. À ce moment-là, l'ensemble du débit produit est entièrement consommé par le système. La figure III-17 illustre la répartition des ressources en eau dans la wilaya d'Oran en tenant compte de cette évolution des besoins dans le scénario ressource.

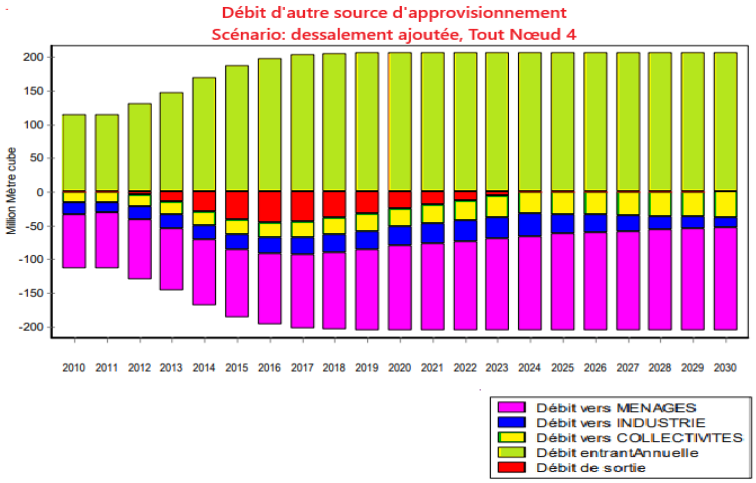


Figure III-17 : affectation de la ressource dans la wilaya d'Oran avec prise en compte de l'augmentation de la demande. (Scénario ressource 2010-2030).

À partir de 2025, le secteur industriel subit une pénurie d'eau en raison de sa priorité plus faible dans l'allocation des ressources. Dans ce scénario, les ménages et les collectivités continuent d'être approvisionnés à 100%, tandis que le taux de recouvrement de l'industrie, initialement complet jusqu'en 2025, diminue progressivement pour atteindre seulement 35% en 2030.

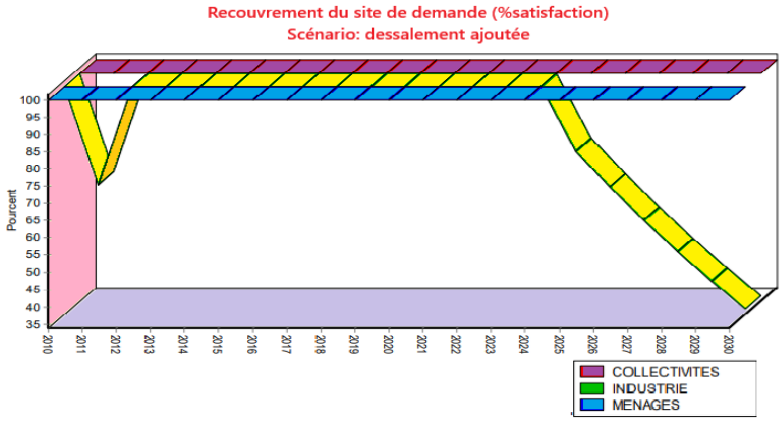


Figure III-18 : évolution du taux de recouvrement des différents secteurs utilisateurs de la wilaya d'Oran. (Scénario ressources 2010-2030).

L'intégration de la STEP permet de couvrir l'ensemble des besoins en eau du système, assurant un taux de recouvrement de 100% pour les ménages, les collectivités et l'industrie. La figure III-19 illustre les connexions entre les différentes sources d'eau et les sites de demande, en rappelant que la STEP est destinée à l'alimentation du secteur industriel.

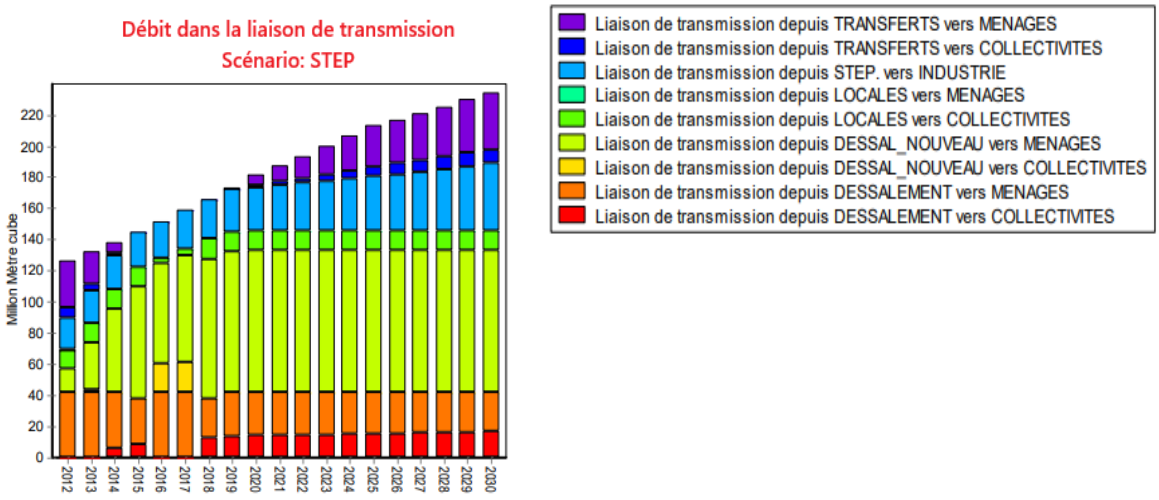


Figure III-19 : origine de la ressource d'approvisionnement des utilisateurs de la wilaya d'Oran

Cependant, bien que les différents utilisateurs puissent être approvisionnés sans recourir aux transferts entre 2015 et 2018, ces derniers redeviennent nécessaires à partir de 2019 jusqu'en 2030 (Figure III-20). Par conséquent, la wilaya d'Oran ne parvient pas à atteindre une autosuffisance hydrique, même dans ce scénario d'augmentation des ressources.

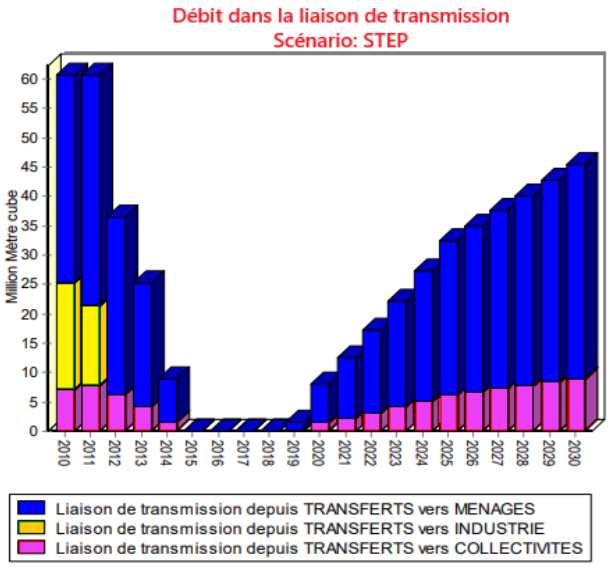


Figure III-20 : évolution de l'approvisionnement des utilisateurs à partir des transferts de la wilaya d'Oran dans le scénario ressource 2010-2030.

La figure III-21 représente l'évolution des volumes d'eau excédentaires fournis par la STEP au secteur industriel. Dans ce scénario, ces surplus sont rejetés en mer, mais ils pourraient être réaffectés à d'autres usages, notamment l'irrigation agricole. Cette alternative sera examinée en détail dans le chapitre suivant.

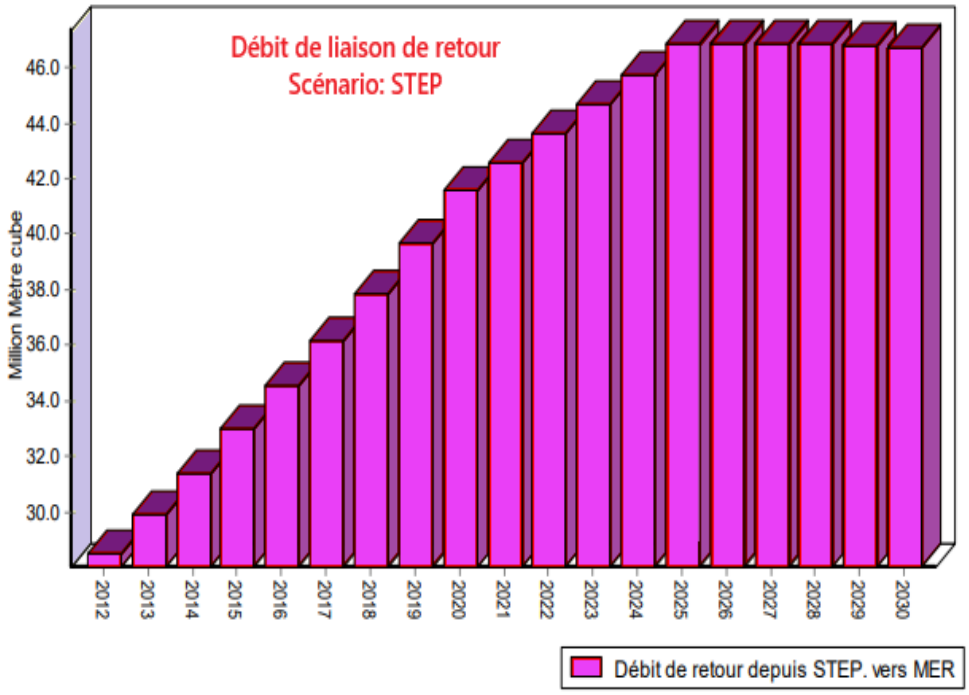


Figure III-21 : évolution des débits de retour de la STEP vers la mer dans le scénario ressource 2012-2030.

III.3.4. Simulation d'une gestion optimisée des ressources en eau de la wilaya (figure III-22 et figure III-23)

La simulation des scénarios de gestion optimisée révèle que la réduction des pertes dans le réseau, combinée à une augmentation du recyclage des eaux usées traitées, permettrait d'améliorer la sécurité hydrique de la Wilaya d'Oran. En optimisant les infrastructures et en intégrant des technologies de traitement avancées, il est possible de réduire la pression sur les nappes souterraines et de stabiliser l'approvisionnement en eau à long terme.

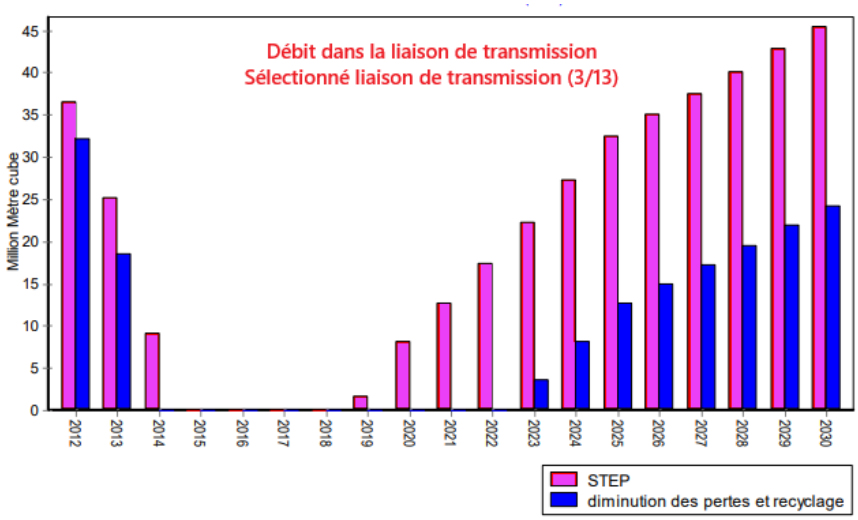


Figure III-22 : évolution du débit des transferts avec et sans réduction des pertes et recyclage : 2012-2030.

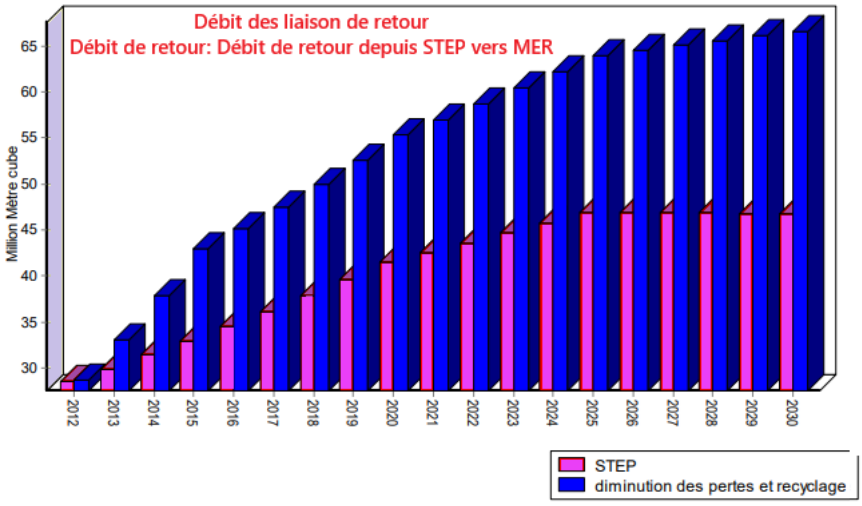


Figure III-23 : évolution des débits de retour de la STEP vers la mer dans le scénario ‘réduction des pertes et recyclage’ 2012-2030.

III.4. CONCLUSION :

L’analyse de la demande en eau urbaine et industrielle met en évidence des déséquilibres croissants entre l’offre et la consommation. Les résultats des simulations montrent que la mise en place de solutions de gestion intégrée, combinant optimisation des infrastructures et réutilisation des eaux usées, peut considérablement réduire la vulnérabilité du système hydrique. Ces ajustements sont essentiels pour anticiper les besoins futurs et garantir une distribution équilibrée de l’eau.

CHAPITRE IV :

SCÉNARIOS DE LA DEMANDE EN EAU DU SECTEUR AGRICOLE ET DES RESSOURCES DE LA WILAYA D'ORAN

CHAPITRE IV : SCÉNARIOS DE LA DEMANDE EN EAU DU SECTEUR AGRICOLE ET DES RESSOURCES DE LA WILAYA D'ORAN

IV.1. INTRODUCTION

Ce chapitre examine le secteur agricole en lien avec la satisfaction des besoins en eau d'irrigation dans la Wilaya d'Oran, un enjeu majeur pour le développement régional. On analysera d'abord ces besoins, puis les ressources hydriques mobilisables à travers le bilan hydrique de la Wilaya. Enfin, l'étude portera sur l'intensité d'exploitation des ressources en confrontant les prélèvements du secteur aux ressources renouvelables disponibles, tout en considérant l'impact des risques géologiques sur leur durabilité.

IV.2. LES EXIGENCES EN EAU D'IRRIGATION DU SECTEUR AGRICOLE

IV.2.1. Le phénomène d'évapotranspiration

L'évapotranspiration, qui regroupe l'évaporation et la transpiration des plantes, joue un rôle clé dans l'évaluation des besoins en eau agricole. Son estimation permet d'optimiser les apports hydriques et d'adapter les systèmes d'irrigation aux réalités climatiques locales.

On distingue plusieurs types d'évapotranspiration, dont l'évapotranspiration de référence (ET0) et l'évapotranspiration potentielle (ETc). L'ET0 représente l'évaporation indépendante des caractéristiques des plantes et des sols et est calculée en référence à une surface végétale standard (herbe verte de 8 à 15 cm de hauteur, FAO 1986).

Pour estimer l'ET0, la méthode de Penman-Monteith est souvent privilégiée, bien qu'exigeante en données. En l'absence de données complètes, la méthode simplifiée de Blaney-Criddle (1950), basée uniquement sur la température, est recommandée ;

$$ET_0 = p * (0,46 * T_{moy} + 8) \qquad \text{Eq IV-1}$$

Où

- ET_0 est l'évapotranspiration de référence en mm par jour calculé pour un mois donné ;
- T moyen est la température journalière moyenne durant le mois ;

- p est un coefficient représentant le pourcentage d'heures du jour (daytime hours) par opposition à la nuit dépendant de la latitude de la région. Par exemple, pour Oran, dont la latitude est de 36° nord, le coefficient p est égal à 0.27 au mois de mars.

Suivant la formule de Blaney-Criddle, l'évapotranspiration de référence pour la commune d'Oran sera :

$$ET_0=0.27*(0.46*20+8)=4.6mm/jour.$$

Il convient néanmoins de souligner que l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) a réalisé en 2003 une étude hydrologique visant à évaluer l'évapotranspiration sur l'ensemble du nord de l'Algérie. Pour ce faire, l'ANRH a appliqué la méthode de Penman-Monteith, aboutissant aux résultats suivants :

Tableau IV-1 : Evapotranspiration de référence par commune (en mm/j). (ANRH. 2003).

COMMUNES	ET_0	COMMUNES	ET_0
TAFRAOUI	3.41	MESSERGHIN	3.68
SIDI BEN YABKA	3.44	SIDI CHAMI	3.68
MERS EL KEBIR	3.49	HASSI BOUNIF	3.68
AIN KERMA	3.51	EL BRAYA	3.69
EL ANCAR	3.54	AIN TURK	3.71
BOUTLELIS	3.57	EL KARMA	3.73
BOUSFER	3.61	BOUFATIS	3.75
GDYEL	3.61	OUED TLELAT	3.75
ORAN	3.62	BETHIOUA	3.75
HASSI BEN OKBA	3.64	HASSI MEFSOUKH	3.76
ARZEW	3.66	BEN FREHA	3.77
BIR EL DJIR	3.66	AIN BIYA	3.78
ES SENIA	3.68	MARSAT EL HADJADJ	3.81

Les résultats obtenus indiquent que le cumul annuel moyen d'évapotranspiration varie entre 1391 mm dans la commune de Marsat El Hadjadj, située à l'Est, et 1245 mm à Tafraoui, au Sud.

IV.2.2. L'évaluation des exigences en eau d'irrigation par commune de la wilaya

L'estimation de l'évapotranspiration de référence ne tient pas compte des caractéristiques propres à chaque type de végétation ni des différentes phases du cycle annuel des plantes. Par conséquent, plus une culture diffère de la végétation de référence, plus l'évapotranspiration effective ne s'en écarte.

Dans ce contexte, l'évapotranspiration potentielle (ETc) est exprimée par une relation proportionnelle :

$$ET_C = ET_0 * K_C \qquad \text{Eq IV-2}$$

Où K_C : est le coefficient cultural et ET_C et ET_0 sont l'évapotranspiration potentielle et de référence respectivement.

Certaines cultures, comme le maïs dont les feuilles sont larges, favorisent davantage la transpiration par rapport à la végétation de référence, ce qui se traduit par un coefficient KCKCKC supérieur à 1.

Il est important de souligner que le coefficient cultural évolue au fil des différentes étapes de croissance des plantes. Son évolution, illustrée par la figure (IV-1), est définie par trois paramètres clés : KCiniKC_{ini}KCini, KCmidKC_{mid}KCmid et KCendKC_{end}KCend , qui correspondent aux principales phases du développement végétatif.

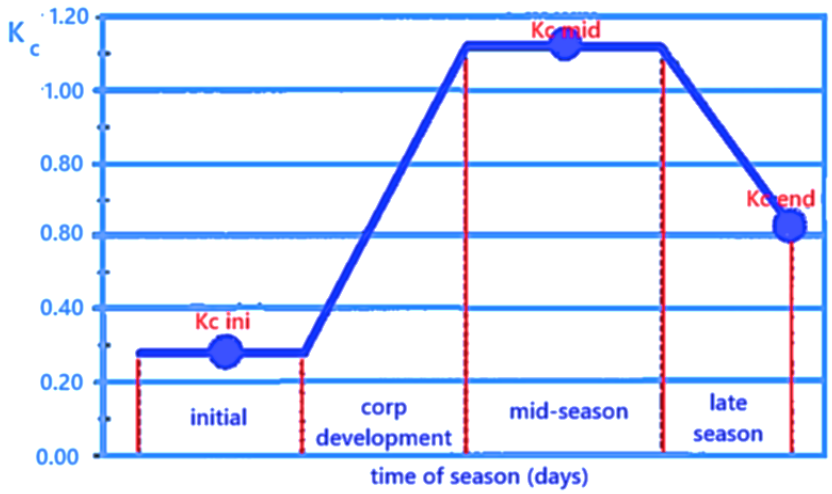


Figure IV-1 : Variation du coefficient cultural (Image inspirée de (Allen, 2006), refaite pour une meilleure qualité par ZEBIDA Imene, 2025).

Au cours du développement de la plante, le coefficient cultural suit une progression avant d'atteindre un pic, puis diminue en fin de cycle de croissance.

En adoptant le découpage agricole de la Wilaya d'Oran établi par la Sogreah (SOGREAH, 2008), les coefficients culturaux des principales cultures dans chaque région agricole sont présentés dans le tableau (IV-2). Ces valeurs correspondent à une moyenne des coefficients calculés mensuellement.

Tableau IV-2 : coefficient cultural des principales cultures par régions agricoles (SOGREAH, 2009).

	COTES LITTORALES DU TLEMCANAIS-ORANAIS	PIEMONTS DU MURDJADJO SEBKHA D'ORAN	PLAINE DE LA M'LETA	PLAINES DE HASSI BOUNIF - GDYEL
Céréales irriguées	0,35	0,35	0,35	0,35
Fourrage irrigué	0,43	0,43	0,43	0,43
Maraichage primeur	0,36	0,31	0,33	0,31
Maraichage saison	0,37	0,32	0,38	0,31
Maraichage arrière-saison	0,37	0,32	0,38	0,31
Maraichage sous serres -1	0,35	0,38	0,37	0,38
Maraichage sous serres -2	0,65	0,67	0,66	0,67
Agrumes – jeunes plantations	0,34	0,34	0,34	0,34
Agrumes - en production	0,68	0,68	0,68	0,68
Rosacées – jeunes plantations	0,38	0,38	0,38	0,38
Rosacées - en production	0,77	0,77	0,77	0,77
Oliviers – jeunes plantations	0,34	0,34	0,34	0,34
Oliviers - en production	0,68	0,68	0,68	0,68
Viticulture – jeunes plantations	0,24	0,24	0,24	0,24
Viticulture – en production	0,48	0,48	0,48	0,48

Le coefficient cultural de chaque commune correspond à celui de sa région agricole.

À partir de l'évapotranspiration de référence tableau IV-1, on calcule le taux d'évapotranspiration standard par commune et type de culture selon la relation (IV-2).

L'évapotranspiration standard varie selon les cultures et les communes, influençant directement les besoins en irrigation. Les détails de ces variations sont présentés en Tableau IV-3.

Tableau IV-3 : Evapotranspiration standard ET_C par type de culture et par commune (en mm/j)

	Fourrage irrigué	Maraich. (1ère cult.)	Maraich (2ème cult.)	Maraich. s/serr 1C	Maraich. s/serr 2C	Agrumes Jeune plant.	Agrume prod.	Rosacée J. plant.	Rosacée Prod.	Oliviers/Rustiques J. plant.	Oliviers/Rustiques prod.	Viticultur J. plant.	Viticultur Prod.
ORAN	1,55	1,13	1,14	1,38	2,43	1,22	2,45	1,39	2,78	1,23	2,47	0,88	1,75
GDYEL	1,54	1,11	1,10	1,37	2,42	1,22	2,44	1,38	2,77	1,23	2,46	0,88	1,74
BIR EL DJIR	1,57	1,13	1,12	1,39	2,45	1,23	2,47	1,40	2,81	1,25	2,50	0,89	1,77
H. BOUNIF	1,58	1,13	1,12	1,40	2,47	1,24	2,49	1,41	2,83	1,25	2,51	0,89	1,78
ES SENIA	1,57	1,15	1,16	1,40	2,46	1,24	2,48	1,41	2,82	1,25	2,51	0,89	1,78
ARZEW	1,56	1,13	1,12	1,39	2,45	1,23	2,47	1,40	2,81	1,24	2,50	0,89	1,77
BETHIOUA	1,60	1,15	1,14	1,43	2,51	1,26	2,53	1,44	2,88	1,28	2,56	0,91	1,81
M. HADJADJ	1,63	1,17	1,16	1,45	2,55	1,28	2,57	1,46	2,92	1,30	2,60	0,92	1,84
AIN TURK	1,59	1,33	1,36	1,30	2,42	1,25	2,50	1,42	2,84	1,26	2,53	0,90	1,79
EL ANCAR	1,51	1,27	1,29	1,23	2,31	1,19	2,39	1,36	2,71	1,20	2,41	0,86	1,71
O. TLELAT	1,60	1,23	1,43	1,39	2,49	1,26	2,53	1,44	2,87	1,27	2,56	0,91	1,81
TAFRAOUI	1,46	1,12	1,30	1,26	2,26	1,15	2,30	1,31	2,62	1,16	2,33	0,83	1,65
SIDI CHAMI	1,57	1,13	1,12	1,40	2,46	1,24	2,49	1,41	2,82	1,25	2,51	0,89	1,78
BOUFATIS	1,60	1,15	1,14	1,42	2,51	1,26	2,53	1,44	2,87	1,27	2,56	0,91	1,81
M.E.KEBIR	1,49	1,25	1,28	1,22	2,28	1,18	2,36	1,34	2,68	1,19	2,38	0,85	1,69
BOUSFER	1,54	1,29	1,32	1,26	2,35	1,21	2,43	1,38	2,76	1,23	2,46	0,87	1,74
EL KARMA	1,59	1,15	1,14	1,42	2,49	1,25	2,52	1,43	2,86	1,27	2,54	0,90	1,80
EL BRAYA	1,58	1,13	1,12	1,40	2,47	1,24	2,49	1,41	2,83	1,25	2,52	0,89	1,78
H. BEN OKBA	1,56	1,12	1,11	1,38	2,44	1,23	2,46	1,40	2,79	1,24	2,49	0,88	1,76
BEN FREHA	1,61	1,16	1,15	1,43	2,52	1,27	2,54	1,44	2,89	1,28	2,57	0,91	1,82
H.MEFSOUKH	1,61	1,16	1,15	1,43	2,51	1,26	2,54	1,44	2,88	1,28	2,56	0,91	1,81
S. B. YABKA	1,47	1,06	1,05	1,31	2,30	1,16	2,32	1,32	2,64	1,17	2,35	0,83	1,66
MESSERGIN	1,57	1,15	1,16	1,40	2,46	1,24	2,48	1,41	2,82	1,25	2,51	0,89	1,78
BOUTLELIS	1,52	1,11	1,13	1,36	2,39	1,20	2,41	1,37	2,73	1,21	2,43	0,87	1,72
AIN KERMA	1,50	1,26	1,28	1,23	2,29	1,18	2,37	1,35	2,69	1,19	2,40	0,85	1,69
AIN BIYA	1,62	1,16	1,15	1,44	2,53	1,27	2,55	1,45	2,90	1,29	2,58	0,92	1,83

Les besoins annuels en eau varient considérablement selon les communes, en fonction des surfaces irriguées et des cultures pratiquées. Une analyse détaillée de ces besoins est fournie en Tableau IV-4.

Tableau IV-4 : Besoin annuel en eau pour l'irrigation par commune de la Wilaya d'Oran

COMMUNES	Superficie irriguée (ha)	ETc (mm/an)	BESOIN D'EAU ANNUEL (en m^3)	BESOIN D'EAU ANNUEL A Le HA (en m^3)
ORAN	115	523	601.326	5.229
GDYEL	313	432	1.350.862	4.316
BIR EL DJIR	247	569	1.406.624	5.695
HASSI BOUNIF	393	566	2.223.632	5.658
ES SENIA	389	558	2.172.123	5.584
ARZEW	34	668	227.020	6.677
BETHIOUA	118	721	850.302	7.206
MARSAT EL HADJADJ	116	521	604.343	5.210
AIN TURK	105	586	615.495	5.862
EL ANCAR	219	523	1.144.891	5.228
OUED TLELAT	171	447	764.108	4.468
TAFRAOUI	97	531	515.326	5.313
SIDI CHAMI	441	591	2.606.509	5.910
BOUFATIS	74	702	519.517	7.020
MERS EL KEBIR	10	458	45.794	4.579
BOUSFER	156	673	1.049.938	6.730
EL KARMA	122	496	605 030	4.959
EL BRAYA	42	598	251 321	5.984
HASSI BEN OKBA	151	770	1 162 453	7.698
BEN FREHA	139	509	707 334	5.089
HASSI MEFSOUKH	75	407	305 048	4.067
SIDI BEN YABKA	153	485	741 846	4.849
MESSERGHIN	1148	628	7 213 768	6.284
BOUTLELIS	840	574	4 824 572	5.744
AIN KERMA	209	510	1 066 123	5.101
AIN BIYA	208	745	1 550 564	7.455
WILAYA D'ORAN	6085		35.125.868	5772,5

L'irrigation dans la Wilaya nécessite un volume annuel de 35,1 millions de m³. Plus de la moitié de cette demande (55 %) est concentrée dans cinq communes : Misserghine, Boutlelis, Sidi Chami, Hassi Bounif et Es Sénia. À l'inverse, Hassi Mefsoukh, El Braya, Arzew et Mers El Kebir affichent une consommation inférieure à 1 % chacune.

IV.3. L'EVALUATION DU BILAN HYDRIQUE DE LA WILAYA

L'approvisionnement en eau pour l'irrigation doit être analysé en fonction des ressources disponibles dans la Wilaya. Il repose à la fois sur les précipitations effectives et sur les prélèvements effectués sur les ressources en eau, qu'elles soient superficielles ou souterraines.

IV.3.1. Les équations fondamentales du bilan hydrique

Le bilan hydrique repose sur une évaluation des entrées et des sorties d'eau au sein des unités agricoles. Les précipitations, l'évapotranspiration et l'irrigation sont les principaux facteurs influençant cet équilibre. Une gestion optimisée des ressources repose sur une modélisation précise de ces paramètres pour minimiser les déficits hydriques.

IV.3.2. Le bilan hydrique par unité hydrogéologique de la wilaya d'Oran

En appliquant l'équation (IV-3) à un système hydrologiquement clos, où la variation du stockage est nulle, pour obtenue l'équation (IV-4)

L'équation du bilan hydrique se simplifie pour s'écrire comme suit :

$$P - Ec - ET_c = 0 \qquad \text{Eq IV-3}$$

Où :

P = Précipitation ;

ET_c : Évapotranspiration ;

Ec : Écoulement ;

D : Déficit d'écoulement.

On obtient :

$$P- R - Ec - ETc = 0 \qquad \text{Eq IV-4}$$

Où l'écoulement a été décomposé en :

R = Ruissellement de surface (hortonien et sur surface saturée) et

Ec = écoulement vers l′exutoire (nette des écoulements latéraux de la nappe vers d′autres aquifères).

Cette relation met en évidence l'équilibre entre les ressources en eau et leur utilisation. Son application à la Wilaya d'Oran requiert une évaluation détaillée de chacun de ses éléments pour les différentes unités hydrogéologiques du territoire.

IV.3.2.1. Les précipitations par unité hydrogéologique

L'évaluation des précipitations communales, réalisée à l'aide de la méthode des polygones de Thyssen (figure I-5), permet d'analyser leur répartition au sein des unités hydrogéologiques. Cette distribution joue un rôle clé dans la recharge des nappes et l'écoulement de surface. Les valeurs détaillées pour chaque unité hydrogéologique disponibles dans le Tableau IV-5.

Tableau IV-5 Précipitations par unité hydrogéologique

UNITE HYDROGEOLOGIQUES	PRECIPITATIONS (mm/an)
Côtière Ain Turck	305,6
Nappe de Bredeha	285,9
Complexe du Murdjajo	278,9
Partie nord d'Arbal	249,3
WILAYA	282,5

IV.3.2.2. Le ruissellement / infiltration par unité hydrogéologique

L'analyse de l'écoulement des eaux repose sur l'étude de la pluie effective et du taux d'infiltration :

1. **Pluies effectives** : Elles représentent la part des précipitations disponibles pour l'évapotranspiration. Selon Destane (1978), ce taux varie par région (70 % en Inde, 80-90 % en Thaïlande). En Algérie, le Plan National de l'Eau (2006) retient une valeur de 80 %.

2. **Taux d'infiltration** : Son estimation repose sur les coefficients d'infiltration par commune, issus de l'étude Sogreah (2008), ajustés par unité hydrogéologique pour une meilleure précision.

Le taux d'infiltration des précipitations varie selon la nature des sols et des formations hydrogéologiques. Pour une analyse détaillée des coefficients d'infiltration par unité hydrogéologique (Tableau IV-6).

Tableau IV-6 : Taux d'infiltration par unité hydrogéologique

UNITES HYDROGEOLOGIQUES	TAUX D'INFILTRATION
Cotiere Ain Turck	27%
Nappe de Bredeha	18%
Complexe du Murdjajo	11%
Partie nord d'Arbal	24%
WILAYA	15%

Une méthode alternative consiste à fixer un taux d'infiltration constant, équivalent à la moyenne de la Wilaya, soit 15 % des précipitations totales. Cette approche, plus simple, a été privilégiée.

3. Les débits entrant et sortant en l'absence d'irrigation

Sans prélèvements destinés à l'irrigation, le cycle hydrique suit le schéma suivant :

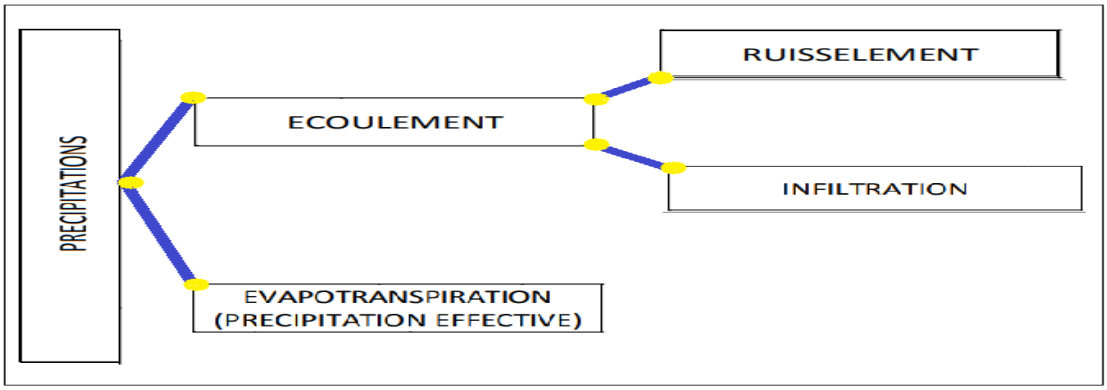


Figure IV-2 : Schéma du bilan hydrique – Cas sans irrigation

En se basant sur les précipitations calculées, les coefficients de pluie effective et les taux d'infiltration adoptés, il est possible de déterminer les débits entrants (précipitations) et sortants de la Wilaya en l'absence de toute activité d'irrigation.

Tableau IV-7 : Débit entrant et sortant - Cas sans irrigation (mm/an). (ANRH).

Unités Hydrologiques	Précipitations (mm/an)	(Pluie effective en mm/an)	Ruissellement (lame d'eau en mm/an)	Ecoulement (recharge mm/an)
cotiere Ain Turck	306	244	15	46
nappe de Bredeha	286	229	14	43
Complexe du Murdjajo	279	223	14	42
Partie nord d'Arbal	249	199	12	37
TOTAL	283	226	14	42

En prenant en compte la superficie des différentes unités hydrogéologiques et en supposant l'absence de prélèvements pour l'irrigation, il est possible d'établir le bilan hydrique de la Wilaya par unité hydrogéologique comme suit :

Tableau IV-8 : Bilan hydrique - Cas sans irrigation (ANRH).

Unités Hydrologiques	Superficie (ha)	Précipitations (10^3m^3/an)	Volume Evapotranspiré (10^3m^3/an)	Volume Ruisselé (10^3m^3/an)	Volume Infiltré (Recharge) (10^3m^3/an)
Cotière Ain Turck	23 599	72 112	57 689	3 606	10 817
nappe de Bredeha	40 112	114 669	91 735	5 733	17 200
Complexe du Murdjajo	117 189	326 787	261 430	16 339	49 018
Partie nord d'Arbal	7 492	18 676	14 941	934	2 801
TOTAL	188 392	532 243	425 795	26 612	79 836

IV.4. L'ANALYSE COMPARATIVE ENTRE LES PRELEVEMENTS D'EAU POUR L'IRRIGATION ET LES RESSOURCES MOBILISABLES DANS LA WILAYA D'ORAN

L'évaluation des ressources en eau dans la wilaya d'Oran doit intégrer les besoins agricoles, notamment ceux liés à l'irrigation. La demande en eau d'irrigation (Dirr) est calculée en soustrayant les précipitations effectives (Peff) des besoins bruts en irrigation (Birr), selon l'équation :

Dirr = Birr – Peff

Cependant ،les volumes réellement prélevés dépassent souvent cette demande en raison des pertes dans les réseaux d'irrigation (infiltration, évaporation), ce qui alimente partiellement l'écoulement de surface et la recharge souterraine.

L'objectif est de déterminer les volumes nécessaires pour satisfaire l'agriculture et d'analyser leur compatibilité avec les ressources disponibles, tout en évaluant le niveau de pression sur les nappes phréatiques à travers la comparaison entre prélèvements et recharge naturelle.

IV.4.1. L'évaluation globale de la demande en eau du secteur agricole et sa répartition par unités hydrogéologiques et par type de ressource mobilisée

IV.4.1.1. La demande en eau d'irrigation et sa répartition par unités hydrogéologiques

La différence entre les besoins en irrigation du secteur agricole et les précipitations effectivement utilisables par les plantes pour l'évapotranspiration définit la demande en eau d'irrigation par bassin hydrogéologique :

$$Dem_{irr} = ET_C - P_{eff} \qquad \text{Eq IV-6}$$

D'après les résultats obtenus, les besoins en eau atteignent 35,1 millions de m³ par an, tandis que les précipitations effectives sur les terres irriguées s'élèvent à 13,86 millions de m³. Ainsi, le volume global d'eau requis pour l'irrigation est estimé à 21,2 millions de m³ annuellement. La répartition des terres irriguées (figure IV-3) permet d'établir la répartition de cette demande en eau par unités hydrogéologiques (tableau IV-9)

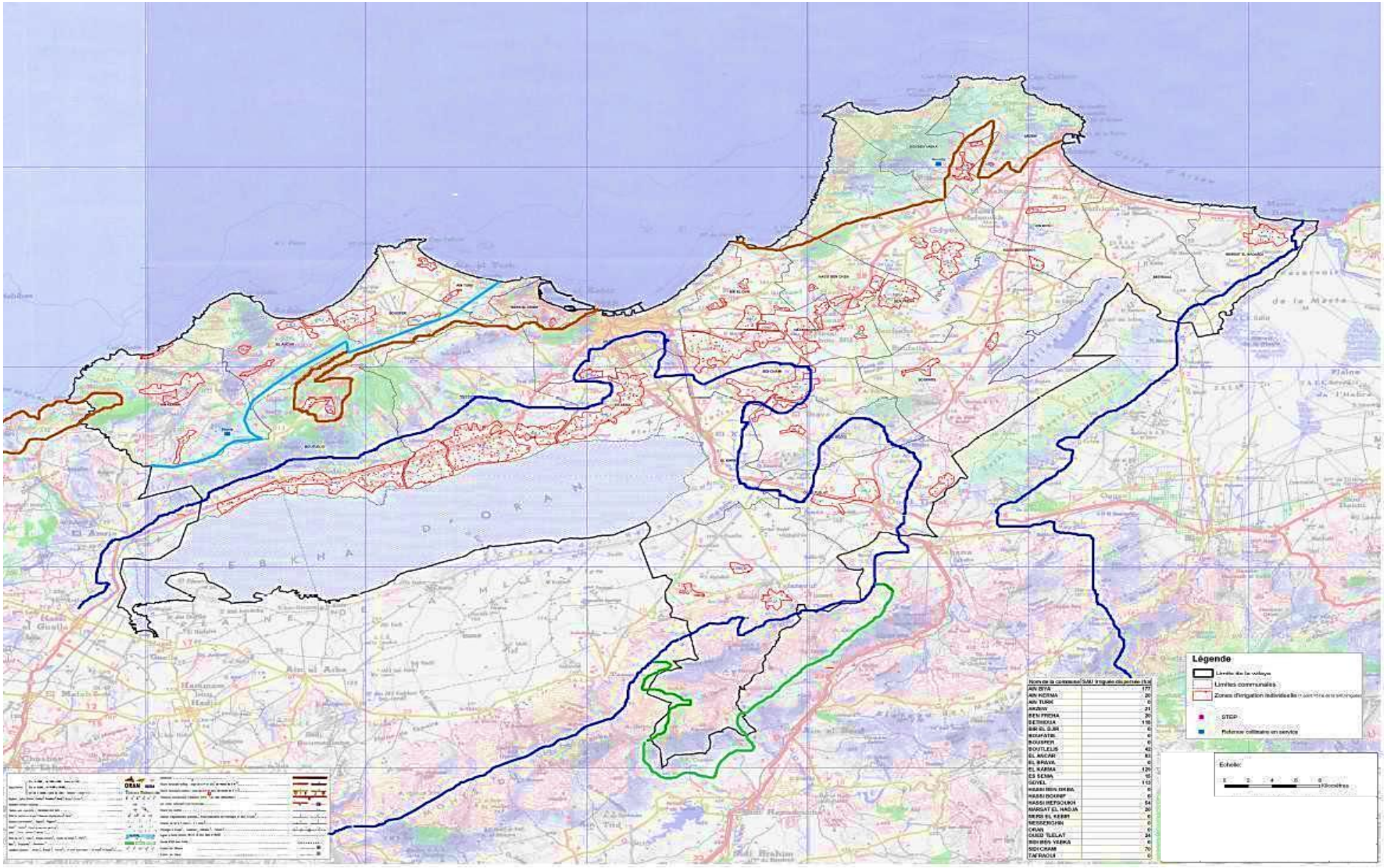


Figure IV-3 : répartition des terres irriguées par communes et unités hydrogéologiques (Ministère des ressources en eau/DRH)

IV.4.1.2. La demande en eau d'irrigation par nature de la ressource mobilisée

Cette section examine la répartition de la demande en eau selon les sources mobilisées. À Oran, l'irrigation repose à 98 % sur les eaux souterraines, tandis que les eaux de ruissellement ne couvrent que 2 % des besoins, en raison du faible régime pluviométrique, de l'absence de réseau hydrographique développé et de la mauvaise qualité des plans d'eau.

Seules Aïn-Kerma et El-Ançor utilisent des ressources de surface (20 % et 30 % respectivement), alors que les autres communes dépendent exclusivement des forages. L'irrigation par eaux de surface est surtout concentrée sur la côte, notamment à Aïn Turk, où elle représente 14 % des prélèvements.

Le tableau suivant présente la répartition de la demande en eau agricole selon les unités hydrogéologiques et les types de prélèvements.

Tableau IV-9 : demande en eau d'irrigation par unité hydrogéologique et nature des prélèvements. (DRH).

BASSINS HYDROGEOLOGIQUES	SURFACE IRRIGUE E (ha)	BESOINS 10^3 m^3	PLUIE EFFECTIVE (en surface irriguée) $10^3 m^3$	DEMANDE EN EAU 10^3 m^3		
				TOTAL	EAU DE SURFACE	EAU SOUTERRAINE
cotière Ain Turck	689	3876	1684	2 192	308	1 884
nappe de Bredeha	2 889	16840	6563	10 277	0	10 277
Complexe du Murdjajo	2 497	14306	5592	8 690	0	8 690
Partie nord d'Arbal	0	103	39	64	0	64
TOTAL	6 075	35126	13878	21 224	308	20 916

A/ Les prélèvements par aquifères

Il est important de noter que l'efficacité de chaque système hydraulique dépend des conditions techniques d'irrigation, influencées par des coefficients de perte à différents niveaux : mobilisation, adduction, stockage, distribution et mode d'arrosage.

Afin d'intégrer ces pertes, un coefficient d'efficience de 70 % a été appliqué, nécessitant un ajustement des résultats.

La consommation d'eau pour l'irrigation varie selon les unités hydrogéologiques de la wilaya. Les volumes prélevés et les demandes estimées sont détaillés dan le Tableau IV-10.

Tableau IV-10 : prélèvements d'eau pour irrigation par unité hydrogéologique et par nature de la ressource

UH	PRELEVEMENT TOTAL (1000 m3)		PRELEVEMENTS DE SURFACE		PRELEVEMENT SUR AQUIFERE	
	Demande	Prélèvement	Demande	Prélèvement	Demande	Prélèvement
cotiere Ain Turck	2192	3132	308	440	1 884	2691
nappe de Bredeha	10277	14681	0	0	10 277	14681
Complexe du Murdjajo	690	12415	0	0	8 690	12415
Partie nord d'Arbal	64	92	0	0	64	92
TOTAL	*21 224*	*30 320*	*308*	*440*	*20 916*	*29 880*

B/ Le bilan hydrique de la Wilaya d'Oran

Le bilan hydrique de la Wilaya peut ainsi être représenté graphiquement dans la figure (IV-4), qui prolonge l'analyse de la figure (IV-2) en intégrant l'impact des prélèvements agricoles. Cette modélisation suppose que l'eau destinée à l'AEP et à l'industrie provient majoritairement de sources externes, constituant les principaux prélèvements.

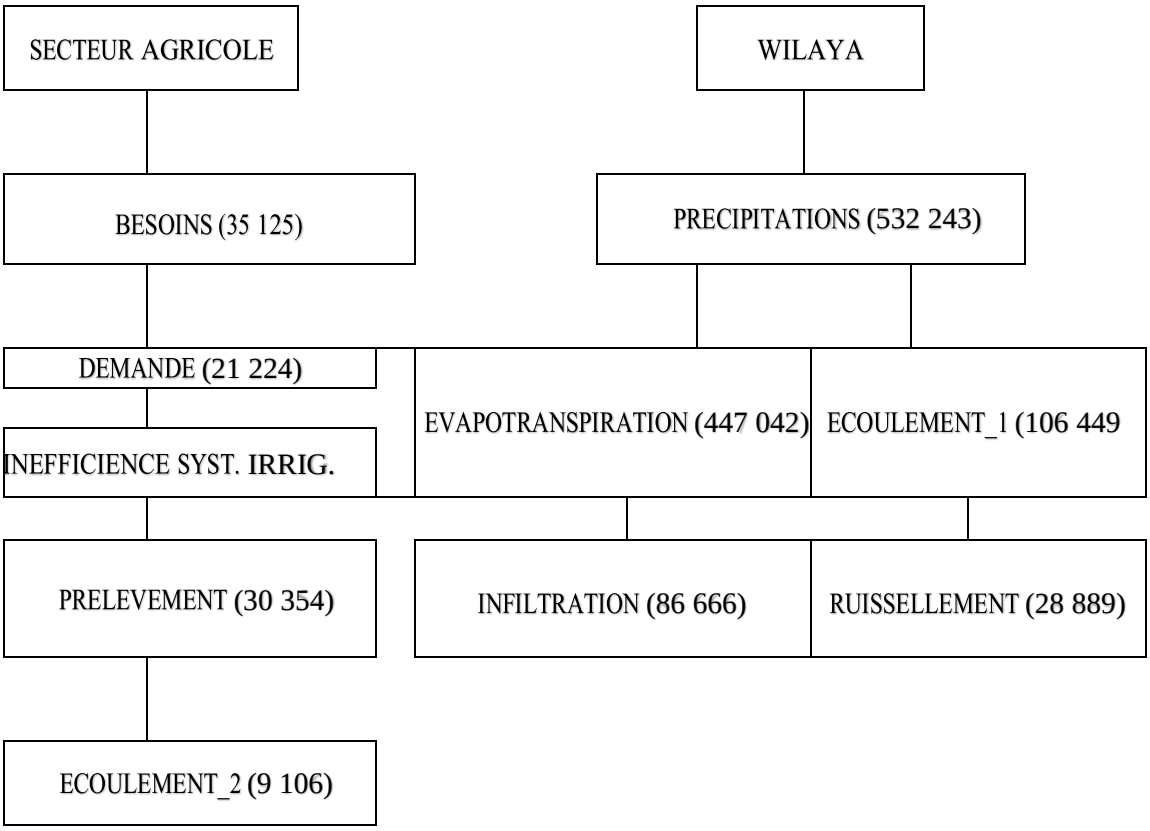


Figure IV-4 : Bilan hydrique de la Wilaya d'Oran (10^3 m^3)

IV.4.2. Comparaison entre les prélèvements d'eau agricole et les ressources mobilisables (Tableau IV-11)

La gestion des ressources en eau agricole repose sur une distinction entre ressources mobilisables, accessibles grâce aux infrastructures existantes, et ressources non mobilisables, dont l'exploitation nécessite des investissements conséquents. L'optimisation des prélèvements doit tenir compte de cette distinction pour éviter une surexploitation des nappes phréatiques et garantir la pérennité des ressources.

L'aquifère fonctionne comme un réservoir avec une quantité d'eau pouvant être extraite sans affecter les niveaux. Tant que les prélèvements restent inférieurs à la recharge, les réserves non renouvelables sont préservées. Ainsi, une comparaison entre la recharge des nappes et les volumes prélevés par unité hydrogéologique permet d'évaluer l'équilibre entre l'irrigation et la disponibilité des ressources renouvelables de la Wilaya**.**

Tableau IV-11 : Confrontation des ressources mobilisables avec les prélèvements par unité hydrogéologique. (ABH, 2010).

Unités hydrogéologique	Ressource de surface mobilisable (10^3 m^3)	Prélèvement (10^3 m^3)	Taux d'exploitation des ressources de surface	Ressource aquifère mobilisable (10^3 m^3)	Prélèvement (10^3 m^3)	Taux d'exploitation des nappes
Cotiere Ain Turck	1 803	440	24%	5408	3132	58%
Nappe de Bredeha	2 867	0	0%	8600	14681	171%
Complexe du Murdjajo	8 170	0	0%	24509	12448	51%
Partie Nord d'Arbal	467	0	0%	1401	92	7%
Total Wilaya	13 306	440	3%	39918	30354	76%

Ces résultats restent approximatifs, car ils reposent sur des estimations de nombreux paramètres.

Une première observation est la faible exploitation des ressources de surface, due à une infrastructure hydraulique limitée, avec une seule retenue collinaire fonctionnelle. Cela suggère un potentiel de mobilisation supplémentaire.

Concernant les ressources souterraines, l'exploitation des nappes des Côtes de Aïn Turck, du Complexe du Murdjajo et du Nord d'Arbal semble équilibrée. En revanche, la nappe de Brédéah, qui alimente principalement Misserghine et Boutlelis, subit une surexploitation alarmante, avec un taux d'exploitation dépassant 171 %. Cette nappe alimente près de 50 % des terres irriguées de la Wilaya.

Cette surexploitation entraîne également une détérioration de la qualité de l'eau, notamment une salinisation accrue en raison de la proximité de la Sebkha. Selon les normes de la FAO, la conductivité électrique de l'eau d'irrigation ne doit pas dépasser 6 ds/m (ABH, 2010).

IV.5. LES SIMULATIONS

L'analyse des scénarios à long terme nécessite un modèle permettant d'anticiper l'évolution des ressources en eau et des besoins en irrigation. Le logiciel WEAP est utilisé à cet effet, en intégrant un modèle pluie-ruissellement pour simuler la disponibilité hydrique.

IV.5.1. Le modèle de transformation de la pluie en écoulement (rainfall-runoff)

Le modèle 'pluie-ruissellement' de la FAO intégré dans WEAP évalue simultanément les besoins et l'offre en eau, ainsi que la répartition des flux hydriques dans le bassin. Il estime l'évapotranspiration à partir des coefficients culturaux et des précipitations effectives, puis calcule l'irrigation nécessaire. L'eau non évaporée est ensuite répartie entre ruissellement de surface et infiltration profonde.

Les équations du modèle se présentent sous la forme suivante :

$$P_{eff,uh} = P_{t,uh} * T_{P,eff} \quad \text{Eq IV-7}$$

$$V_{Peff,uh} = P_{eff,uh} * S_{uh} \quad \text{Eq IV-8}$$

$$V_{Peff,uh,ir} = P_{eff,uh} * S_{uh,ir} \quad \text{Eq IV-9}$$

$$ETc_{uh,ir} = ET_{0,uh,ir} * Kc_{uh,ir} * S_{UH} * Ts_{ir} \quad \text{Eq IV-10}$$

$$ETc_{uh,nir} = ET_{0,uh,nir} * Kc_{uh,nir} * S_{UH} * (1 - Ts_{ir}) \quad \text{Eq IV-11}$$

$$Dirr_{uh,ir} = ETc_{uh,ir} - V\,P_{eff,uh,ir} \quad \text{Eq IV-12}$$

$$Pr_{uh} = \sum uh \left(\frac{Dirr_{uh,ir}}{T_{effi,ir}}\right) \quad \text{Eq IV-13}$$

$$Ec_{uh} = P_{t,uh} * (1 - Tp_{eff}) + (1 - T_{effi,irr}) * Pr_{ir} \quad \text{Eq IV-14}$$

$$RUIS_{uh} = Ec_{uh} * T_{ruis} \quad \text{Eq IV-15}$$

$$INF_{UH} = Ec_{uh} * (1 - T_{ruis}) \quad \text{Eq IV-16}$$

Où :

$P_{eff,uh}$ = *Précipitation effectives par unité hydrologique*

$P_{t,uh}$ =*Précipitations totales par unité hydrologique*

$T_{P,eff}$ = *Taux de précipitation effective*

$V_{Peff,uh}$ =*Volume des récipitation effectives par unité hydrologique*

S_{uh} =*Surface des unités hydrologiques*

$ETc_{uh,ir}$=
Evapotranspiration potentiel par unité hydrologique sur surface irriguée

$ET_{0,uh,ir}$=
Evapotranspiration référence par unité hydrologique et superficie irriguée

$Kc_{uh,ir}$=*coeff cultural par unité hydrologique et sur surface irriguée*

Ts_{ir}= *Taux de Surface Irrigué*

$D_{uh,ir}$=*Demande d'irrigation par unité hydrologique et sur surface irriguée*

Pr_{uh}=*Prélévement par unité hydrologique*

$T_{effi,ir}$= *Taux d'efficience irrigation*

Ec_{uh}=*Ecoulemrnt par unité hydrologique*

$RUIS_{uh}$=*Ruissellement de surface par unité hydrologique*

T_{ruis}= *Taux de ruissellement*

INF_{UH}=$Infiltration_{UH}$

Le modèle Rainfall-Runoff repose sur plusieurs paramètres essentiels pour simuler la dynamique hydrologique. Une synthèse de ces paramètres est disponible dans le Tableau IV-12.

Le modèle contient 11 équations indépendantes à 11 inconnues et possède donc une solution unique.

Notons que pour la préservation des nappes, la priorité d'approvisionnement sera toujours donnée aux eaux de ruissellement.

Tableau IV-12 : Les paramètres du modèle Rainfall-Runoff

Variables du modèle	Les données	Paramètres De fonctionnement
Précipitations effectives (mm/j)	Surface de l'unité hydrogéologique	Taux de précipitation effective
Volumes effectives des précipitations	Précipitations totales (Rainfall)	Fraction de surface irriguée
Volumes des précipitations effectives en zones irriguées	Evapotranspiration de référence	Taux d'efficience d'irrigation
Evapotranspiration potentielle (volume) en surface irriguée		Taux de ruissellement de surface
Evapotranspiration potentielle (volume) en surface non irrigué		Coefficient cultural (Kc)
Demande d'irrigation par UH		
Prélèvement d'eau dans l'unité hydrologique		
Prélèvement d'eau totale		
Ecoulement (Run-Off)		
Ruissellement de surface		
Infiltration		

IV.5.2. La détermination du bilan de base

La configuration de la situation hydrologique de la Wilaya d'Oran a été schématisée dans le logiciel WEAP de la façon suivante :

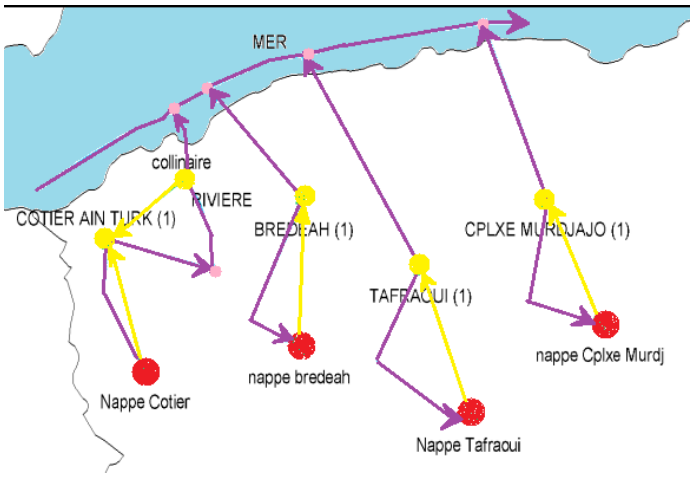


Figure IV-5 : Configuration hydraulique de l'irrigation dans la wilaya d'Oran

Les tracés mauves en pointillés illustrent l'écoulement de l'eau, indiquant un ruissellement lorsqu'ils se dirigent vers la mer ou une rivière, et une infiltration lorsqu'ils alimentent une nappe. Quant aux tracés jaunes, ils représentent des liaisons de transmission où le débit entrant diffère du débit sortant en raison d'une efficience d'irrigation inférieure à 100 % (estimée à 70 % dans le scénario de référence).
Le modèle doit refléter fidèlement la situation hydrologique actuelle afin d'assurer un calibrage précis. Dans ce contexte, les coefficients culturaux par unité hydrologique restent la seule inconnue et doivent être ajustés pour correspondre à l'évapotranspiration de chaque unité hydrogéologique. Les valeurs obtenues après calibrage sont présentées dans le tableau IV-13.

Tableau IV-13 : valeurs calibrés des coefficients culturaux moyen par unité hydrogéologique

Unité Hydrogéologique	Coefficient cultural
Cotiere Ain Turck	0,43
nappe de Bredeha	0,45
Complexe du Murdjajo	0,42
partie Nord d'Arbal	0,43

Les graphiques suivants montrent que le modèle, une fois configuré et ajusté, reflète avec précision la situation hydrologique de la Wilaya d'Oran :

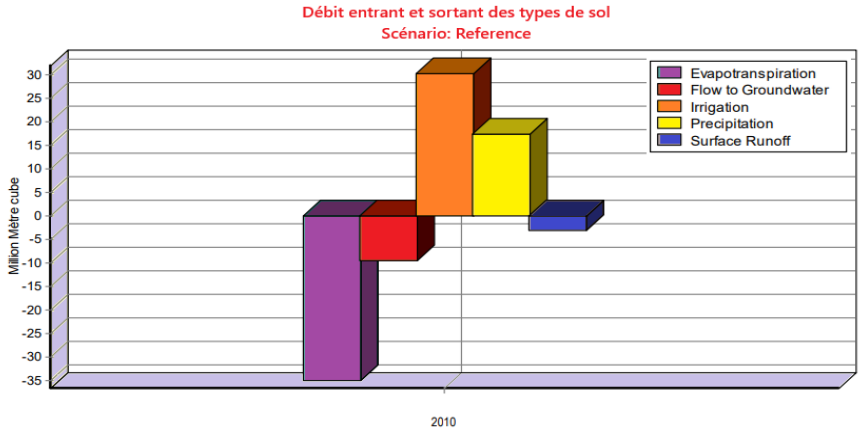


Figure IV-6 : Bilan hydrique des surfaces irriguées de la wilaya d'Oran dans le compte de base (2010)

Le graphique ci-dessous illustre la reconstitution du compte de base pour l'ensemble de la Wilaya, couvrant à la fois les zones irriguées et non irriguées :

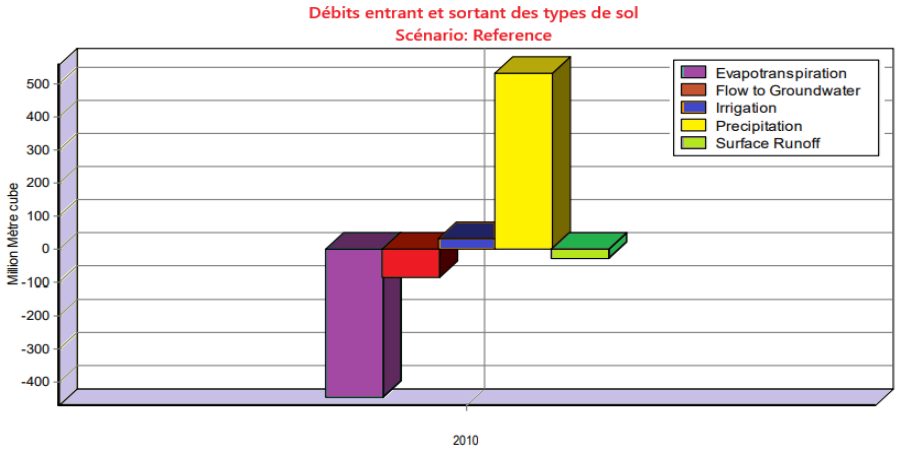


Figure IV-7 : Compte de base du secteur agricole de la wilaya d'Oran (2010)

Les résultats du modèle concordent avec les observations du bilan hydrique. La Figure IV-8 illustre les flux d'eau, montrant que dans l'unité hydrogéologique du Côtier de Aïn Turk, la priorité est donnée aux prélèvements de surface pour réduire la pression sur les nappes et limiter les risques géologiques comme la surexploitation et la salinisation. Le tableau IV-14 présente l'équilibre des flux hydriques.

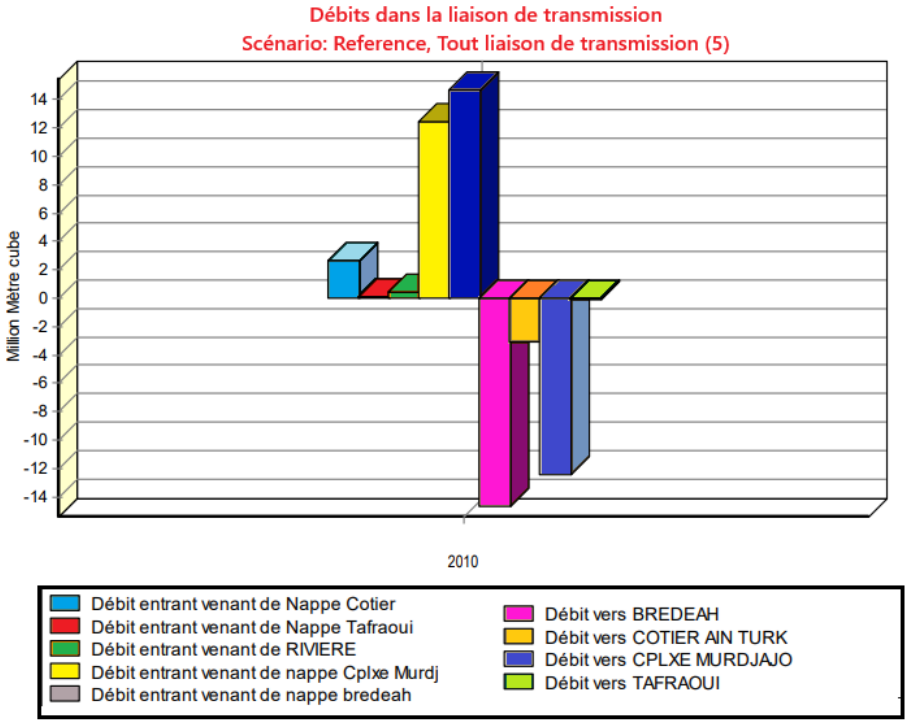


Figure IV-8 : les débits des liaisons de transmissions dans le compte courant (2010)

L'analyse des flux hydrologiques dans la Wilaya repose sur des données de prélèvements et de rejets au niveau des différentes unités hydrogéologiques. Les valeurs détaillées de ces débits figurent dans le Tableau IV-14.

Tableau IV-14 : débits entrants et sortants des différentes unités hydrogéologiques dans le compte courant (2010) en m^3

Débit entrant venant de					Débit vers				
Nappe Cotier	Nappe Tafraoui	RIVIERE	Nappe Cplxe Murdj	nappe bredeah	BREDEAH	COTIER AIN TURK	CPLXE MURDJAJO	TAFRAOUI	Somme
2 691 218	91 952	440 485	12 448 321	14 681 399	-14 681 399	-3 131 703	-12 448 321	-91 952	1,11E-10

IV.5.3. La simulation de référence

Dans le scénario 2010-2030, tous les paramètres du modèle restent constants, sauf l'extension des surfaces irriguées, qui augmente de 3 % par an, passant de 6 085 hectares en 2010 à 10 990 hectares en 2030, selon les prévisions de la DPAT.

Cette expansion accentuera la pression sur les ressources en eau, avec une hausse des prélèvements sans augmentation des disponibilités, aggravant ainsi la surexploitation des nappes vulnérables et les risques associés, tels que la salinisation et l'affaissement des sols. Une gestion durable sera donc nécessaire pour limiter ces impacts.

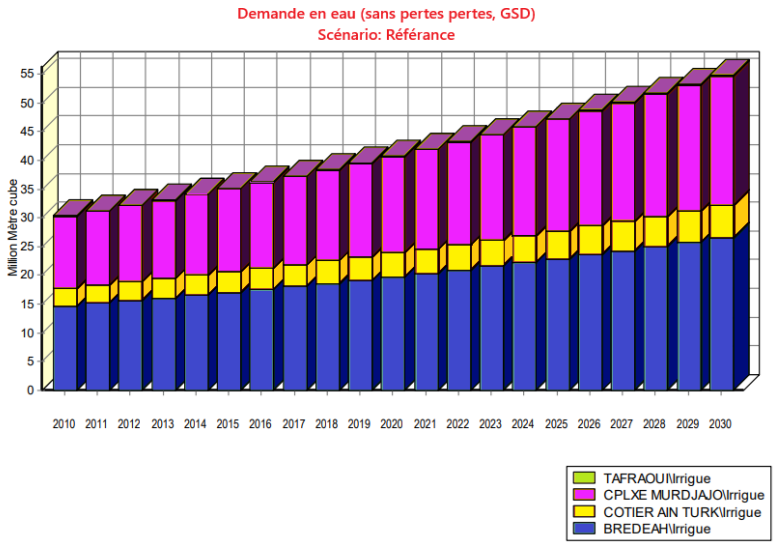


Figure IV-9 : Demande en eau d'irrigation de la wilaya d'Oran. (Scénario de référence 2010-2011)

L'expansion du secteur agricole intensifiera la pression sur les ressources en eau, notamment les nappes vulnérables. La surexploitation de la nappe de Brédéah (taux >130 %) et sa salinisation imposent une gestion optimisée. Une stratégie combinant efficience de l'irrigation et infrastructures hydrauliques est essentielle pour préserver l'équilibre hydrogéologique. Les projections détaillées figurent dans le Tableau IV-15**.**

Tableau IV-15 : ressources hydriques et prélèvements en 2030. Scénario de référence 2010-2030.

Unités Hydrogéologique	Ressource de surface mobilisable (m)	Prélèvement	taux d'exploitation des ressources de surface	Ressource aquifère mobilisable	Prélèvement	Taux d'exploitation des nappes
Cotiere Ain Turck	1 803000	440 485	24%	5 408 000	5 215 719	96%
Nappe de Bredeha	2 867000	0	0%	8 600 000	26 516 240	308%
Complexe du Murdjajo	8 170000	0	0%	24 509 000	22 483 052	92%
Parie Nord d'Arbal	467000	0	0%	1 401 000	166 075	12%
Total Wilaya	13 306000	440 485	3%	39 918 000	54 821 572	137%

IV.5.4. Simulation de demande

L'irrigation gravitaire (57 % des surfaces irriguées) demeure inefficace, avec des pertes importantes. À l'inverse, le goutte-à-goutte (36 %) affiche une meilleure efficience (90 %). Une transition progressive vers des systèmes performants vise à atteindre 85 % d'efficience d'ici 2030, réduisant les prélèvements de 9,38 millions de m³ et limitant la surexploitation des nappes.

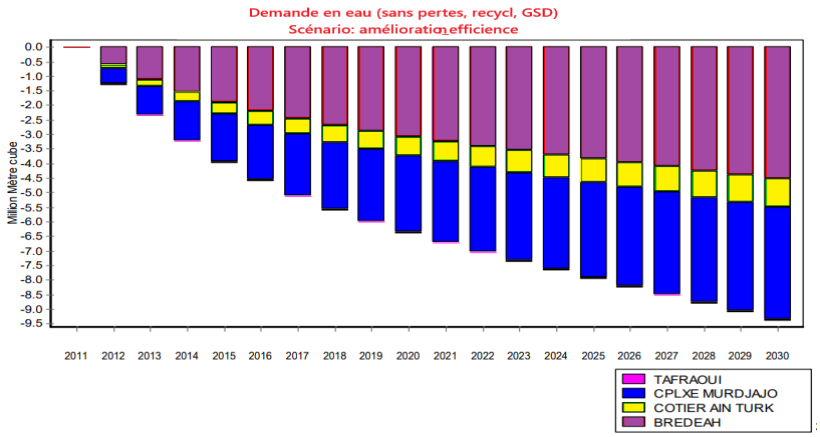


Figure IV-10 : Diminution de la demande en eau par amélioration de l'efficience .Scénario de demande 2011-2030.

Bien que l'optimisation des systèmes d'irrigation ait permis des gains significatifs en efficience, la pression sur les ressources hydriques demeure élevée.

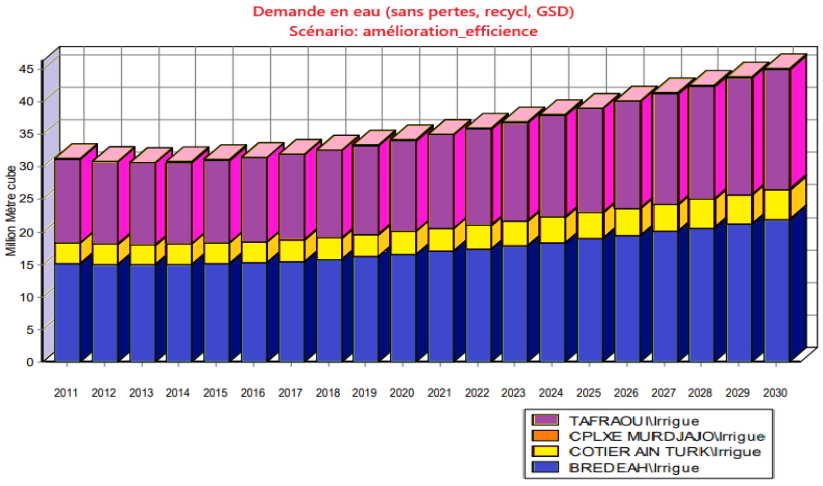


Figure IV-11 : demande en eau avec amélioration de l'efficience. Scénario de demande 2011-2030.

Malgré des gains d'efficience, la demande en eau continue d'excéder les ressources renouvelables. Après une baisse temporaire jusqu'en 2013, elle repart à la hausse dès 2014 avec l'extension des surfaces irriguées. En 2030, l'exploitation des nappes atteint 113 %, et la nappe de Brédéah subit une surexploitation critique (255 %), accentuant les risques d'affaissement et de salinisation.

IV.5.5. Simulation de mobilisation des ressources

L'amélioration de l'efficience de l'irrigation ne suffit pas à compenser l'augmentation des besoins en eau, nécessitant ainsi des solutions complémentaires. Deux scénarios sont envisagés : la construction de retenues collinaires et l'intégration de l'AEP et de l'agriculture via la réutilisation des eaux traitées de la STEP. Ces stratégies visent à :

- Optimiser l'exploitation des eaux traitées, actuellement sous-utilisées.
- Augmenter l'usage des ressources de surface (seulement 3,5 % des prélèvements agricoles) grâce à 12 retenues collinaires.
- Réduire la surexploitation des nappes en prévenant les risques géologiques menaçant les infrastructures hydrauliques.

IV.5.5.1. Scenario de construction de retenues collinaires

La construction de 12 retenues collinaires vise à optimiser l'exploitation du ruissellement pour l'irrigation, notamment dans les zones à forte densité hydrographique. Les sites prioritaires incluent l'Oued Beggoug (Côtier de Ain Turck) et l'Oued Guessiba (Complexe du Murdjadjo). Ces infrastructures permettront d'augmenter la part des eaux de surface utilisées :

- Côtier de Ain Turck **:** de 24 % à 50 %**.**
- Complexe du Murdjadjo **:** de 0 % à 10 %**.**
- À l'échelle de la Wilaya **:** de 3,3 % à 13 %**.**

Par rapport à l'optimisation des techniques d'irrigation, ces retenues capteront 1,718 million de m^3/an**,** contribuant à réduire la pression sur les nappes phréatiques.

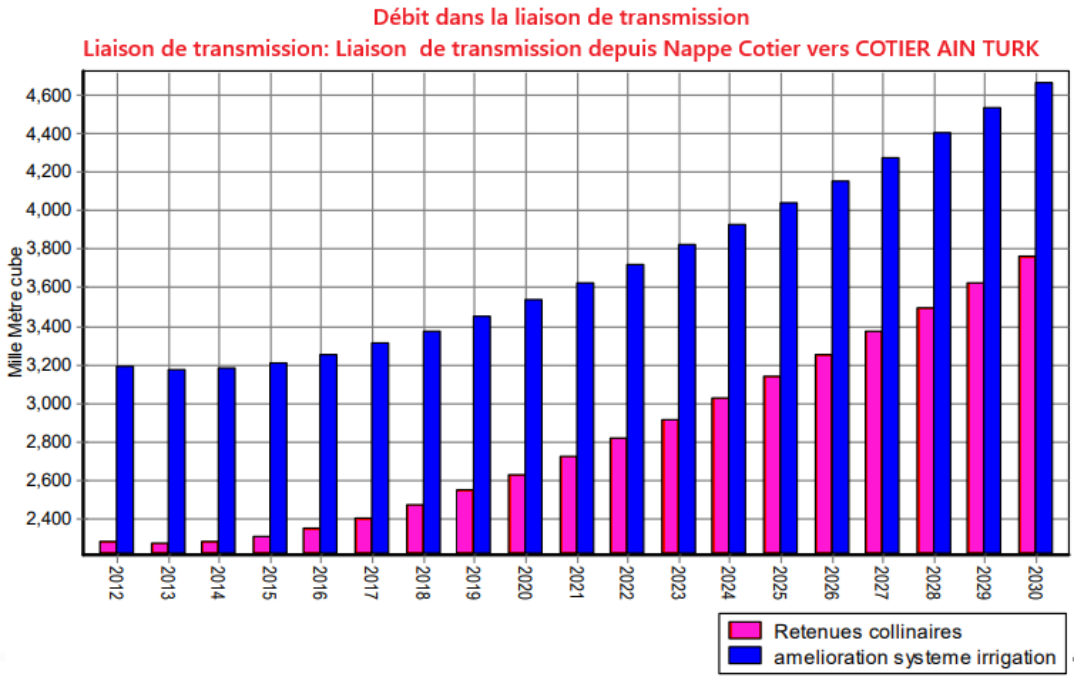


Figure IV-12 : Comparaison de l'exploitation de la nappe du Côtier Ain Türck dans les scénarios avec et sans retenues collinaires

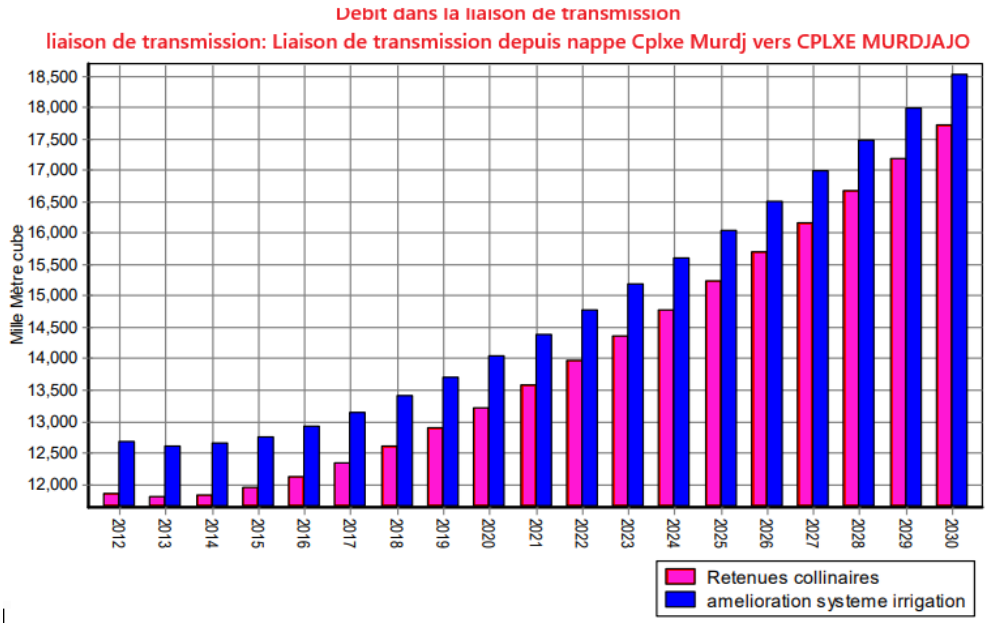


Figure IV-13 : Comparaison de l'exploitation de la nappe du complexe du Murdjajo dans les scénarios avec et sans retenues collinaires

L’exploitation des nappes souterraines connaîtra une amélioration avec la mise en place des retenues collinaires :

- Le taux d’exploitation de la nappe côtière d’Ain-Turck passera de 86,2 % à 69,5 % en 2030.

- Celui du Complexe du Murdjadjo diminuera légèrement de 75,6 % à 72,2 %.

Cependant, ces volumes restent insuffisants pour satisfaire durablement les besoins en irrigation, même avec une croissance agricole modérée de 3 % par an. Cette limite est due à la faible densité du réseau hydrographique et aux précipitations réduites dans la Wilaya d’Oran, rendant insuffisante une approche reposant uniquement sur les ressources conventionnelles. Par ailleurs, la surexploitation des nappes risque d’amplifier les phénomènes de subsidence et de salinisation des sols, soulignant l’urgence d’une gestion intégrée des ressources en eau.

IV.5.5.2. Scenario d’irrigation par les STEP

L’usage conjoint des ressources de l’AEP et de l’agriculture est indispensable pour une gestion efficace de l’irrigation. À l’horizon 2030, les rejets domestiques atteindront 66 millions de m³/an, et l’exploitation des eaux traitées contribuera à alléger la pression sur les aquifères surexploités. Toutefois, cette alternative nécessite une gestion stricte pour prévenir les déséquilibres hydrogéologiques, tels que l’affaissement des terrains ou la salinisation des sols. Il est donc primordial d’adapter les prélèvements au rythme de recharge naturelle des nappes afin d’assurer la pérennité des ressources et la stabilité des équilibres géologiques.

Tableau IV-16 : Recharge naturelle des nappes de la wilaya d’Oran

	Cotiere Ain Turck	Nappe de Bredéah	Complexe du Murdjajo	Partie nord d'Arbal	Total Wilaya
Contraintes aux ressources mobilisables (m3/an)	5 408 000	8 600 000	24 509 000	1 401 000	39 918 000

L’utilisation des eaux traitées de la STEP pour l’irrigation contribuera à l’extension des terres agricoles dans la Wilaya, avec une augmentation projetée de 4 600 ha d’ici 2030. La Direction de l’Hydraulique prévoit également l’aménagement de Grands Périmètres d’Irrigation sur 8 000 ha, principalement à Tafraoui et Brédéah. Toutefois, cette expansion doit être encadrée afin de préserver les nappes souterraines, en limitant les prélèvements à leur recharge naturelle. Les eaux traitées continueront de desservir l’industrie, tandis que 60 % des rejets domestiques seront recyclés. Une gestion rigoureuse est indispensable pour prévenir les risques géologiques tels que l’affaissement des sols, la pollution des nappes et la perturbation des écosystèmes.

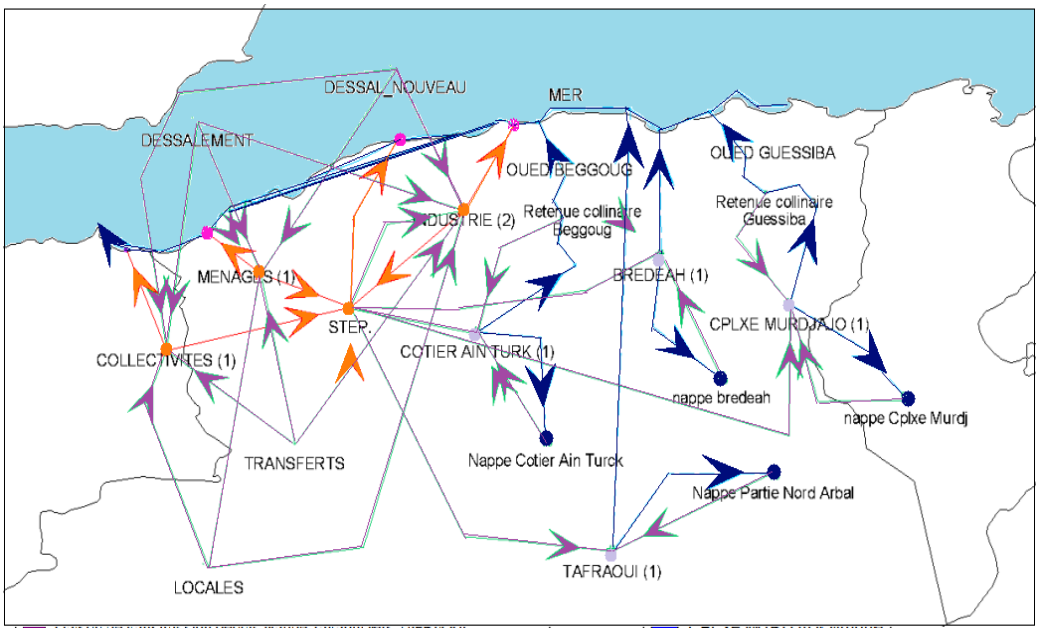


Figure IV-14 : Fonctionnement hydraulique générale de la wilaya dans le modèle WEAP.

Sans la mise en place d’un GPI et avec une croissance modérée des surfaces irriguées (3 % par an), la STEP deviendrait largement surdimensionnée par rapport aux besoins. Dans ce cas, les nappes de Brédéah et de Tafraoui ne seraient plus exploitées, remplacées entièrement par les eaux traitées. Toutefois, cette substitution pourrait perturber l’équilibre hydrogéologique, entraînant des risques tels qu’une recharge insuffisante, une compaction des sols et des déséquilibres dans le régime des eaux souterraines.

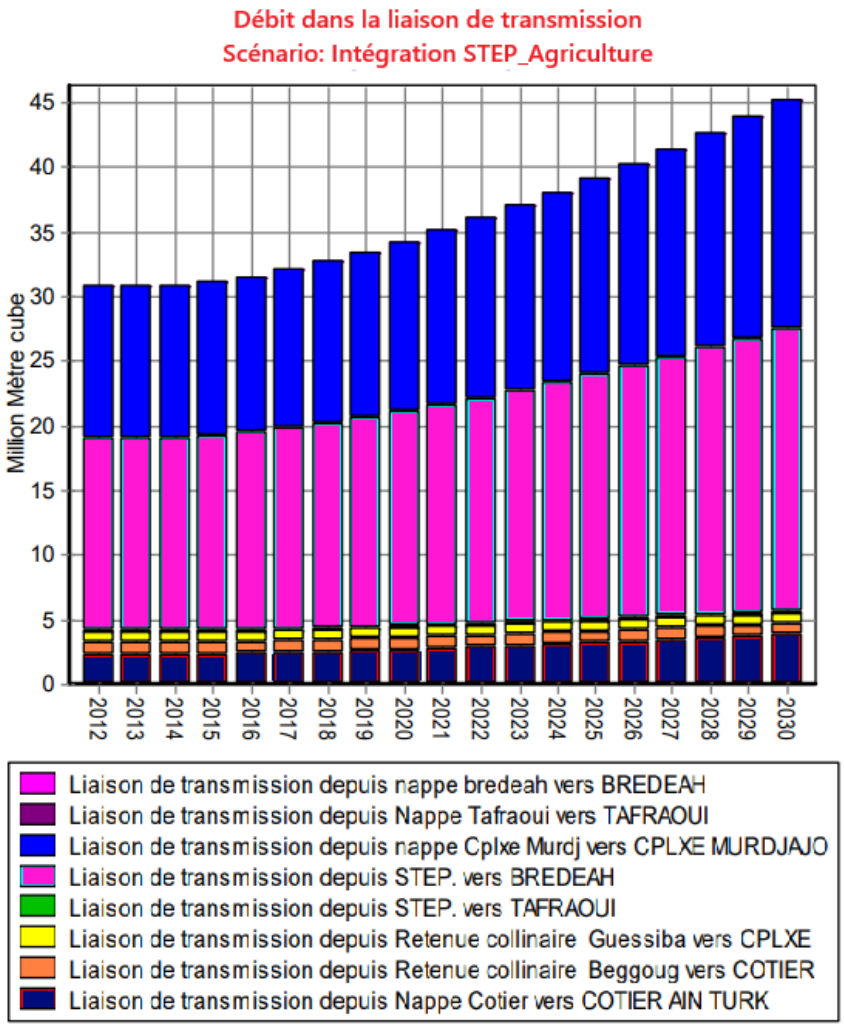


Figure IV-15 : Approvisionnement de l'irrigation dans la wilaya d'Oran. Scénario irrigation par la STEP (2012-2030).

La STEP, grâce à sa capacité importante, doit être considérée comme un projet complémentaire à la mise en place d'un GPI, favorisant la spécialisation de la plaine de la M'leta dans l'agriculture irriguée. L'extension des surfaces irriguées dans cette région, combinée à un GPI de 1000 ha à Brédéah, entraînera une forte augmentation de la demande en eau, atteignant 77,2 millions de m^3/an en 2030. Cependant, cette expansion nécessite une analyse approfondie des risques géologiques liés aux prélèvements sur les nappes, à la stabilité des sols et aux changements hydrogéologiques résultant d'une irrigation intensive.

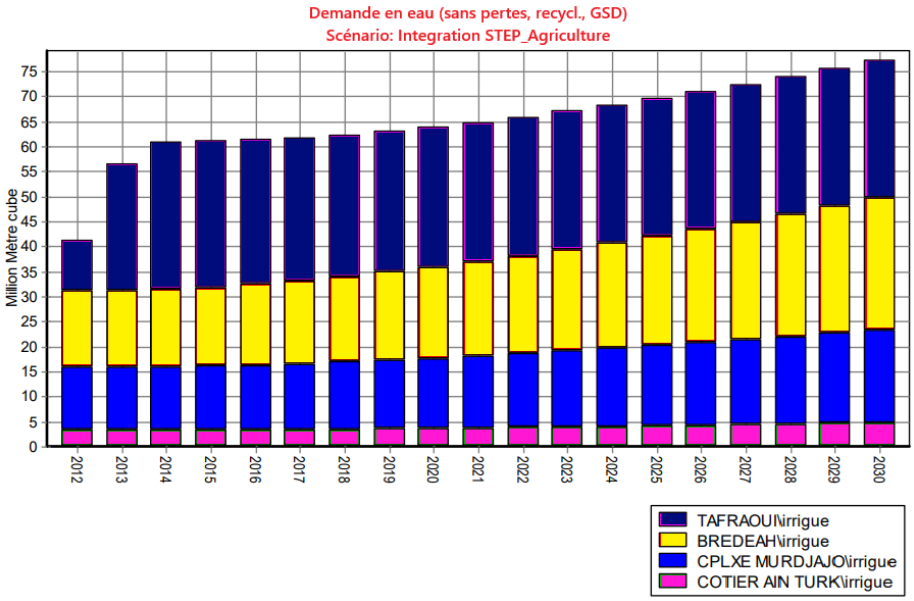


Figure IV-16 : Demande en eau agricole de la wilaya d'Oran. Scénario irrigation par la STEP 2012-2030.

Grâce à l'augmentation des superficies irriguées, le taux de recouvrement pour tous les sites, soutenu par la production de la STEP, atteindra à terme 100 %, répondant ainsi aux besoins des ménages, des collectivités, de l'industrie et des quatre régions agricoles (Figure IV-16). De plus, les rejets de la STEP vers la mer connaîtront une diminution significative, passant de 66,6 millions de m^3/an en 2030 si elle n'était pas intégrée au secteur agricole, à seulement 12,6 millions de m^3/an dans le scénario actuel (Figure IV-17).

Cette diminution reflète une valorisation optimisée des eaux usées traitées, réduisant le gaspillage et l'impact environnemental des rejets marins. Cependant, une surveillance continue des risques géologiques reste essentielle, notamment pour la qualité des sols, la recharge des nappes et les effets hydrogéologiques d'un usage intensif des eaux traitées.

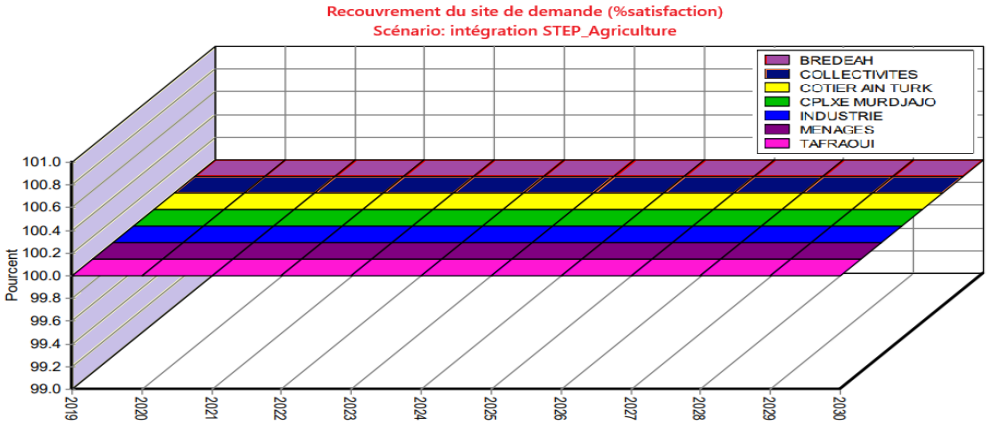


Figure IV-17 : Taux de recouvrement de la demande en eau. Scénario irrigation par la STEP

De plus, l'intégration de la STEP au secteur agricole a permis de réduire considérablement les rejets en mer, passant de 66,6 millions de m³/an en 2030 à seulement 12,6 millions de m³/an (Figure IV-18). Cette optimisation favorise une meilleure valorisation des eaux usées traitées, limitant le gaspillage et l'impact environnemental. Néanmoins, une surveillance continue des risques géologiques demeure nécessaire, notamment en ce qui concerne la qualité des sols agricoles, la recharge des nappes souterraines et les éventuelles modifications hydrogéologiques liées à l'utilisation accrue des eaux traitées.

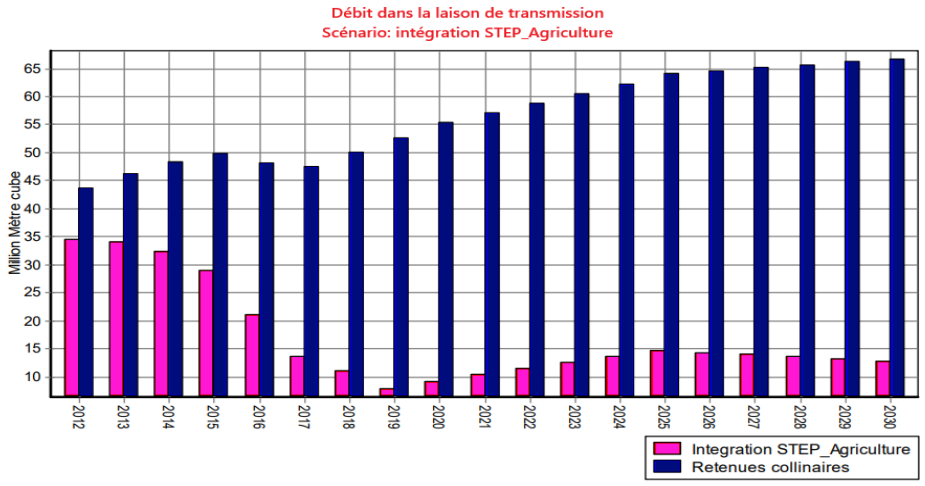


Figure IV-18 : volumes des rejets vers la mer avec et sans intégration de la STEP à l'irrigation.

Les simulations révèlent que les nappes renouvelables ne seront pas pleinement exploitées en raison des importantes capacités de la STEP, qui est prioritaire pour l'approvisionnement des sites agricoles. Cette situation pose un défi de gestion équilibrée des ressources en eau, où l'optimisation de l'usage des eaux traitées ne doit pas entraîner une sous-utilisation des nappes phréatiques. Il est également crucial d'évaluer les risques géologiques associés, tels que l'évolution des niveaux piézométriques, l'intrusion saline en zones côtières et la subsidence des sols. Une approche intégrée combinant STEP et nappes renouvelables garantirait la durabilité des ressources tout en limitant les impacts environnementaux.

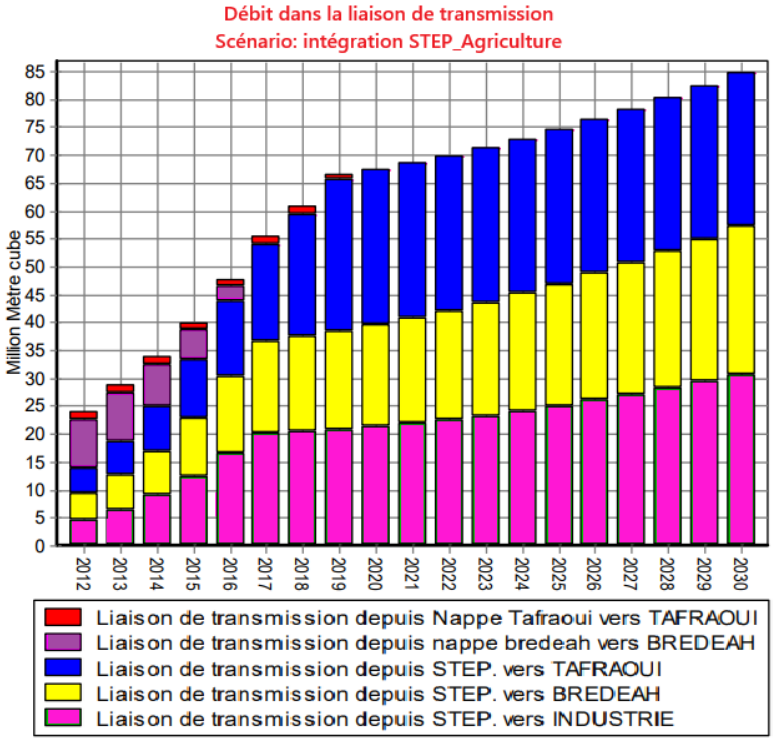


Figure IV-19 : apport de la STEP (prioritaire) dans l'approvisionnement en eau.

Scénario irrigation par la STEP 2012-2030.

À partir de 2017 pour la nappe de Brédéah et de 2020 pour celle de Tafraoui, les prélèvements en eaux souterraines cessent totalement. Toutefois, privilégier l'eau non conventionnelle, plus coûteuse, remet en question le dimensionnement optimal de la STEP. Bien qu'essentielle pour limiter la pollution des nappes, son exploitation doit rester économiquement viable.

Pour optimiser son utilisation, deux étapes ont été suivies : d'abord, privilégier les nappes renouvelables, puis ajuster la croissance des surfaces irriguées pour absorber l'excédent d'eau traitée.

La figure Figure IV-20 montre que, lorsque les priorités d'approvisionnement sont inversées, toutes les ressources souterraines renouvelables sont pleinement exploitées sur la période 2012-2030. Cependant, cette gestion intensive présente des risques géologiques, notamment la baisse des niveaux piézométriques, l'intrusion saline en zones côtières et la subsidence des sols, compromettant la durabilité des ressources en eau et la stabilité des infrastructures.

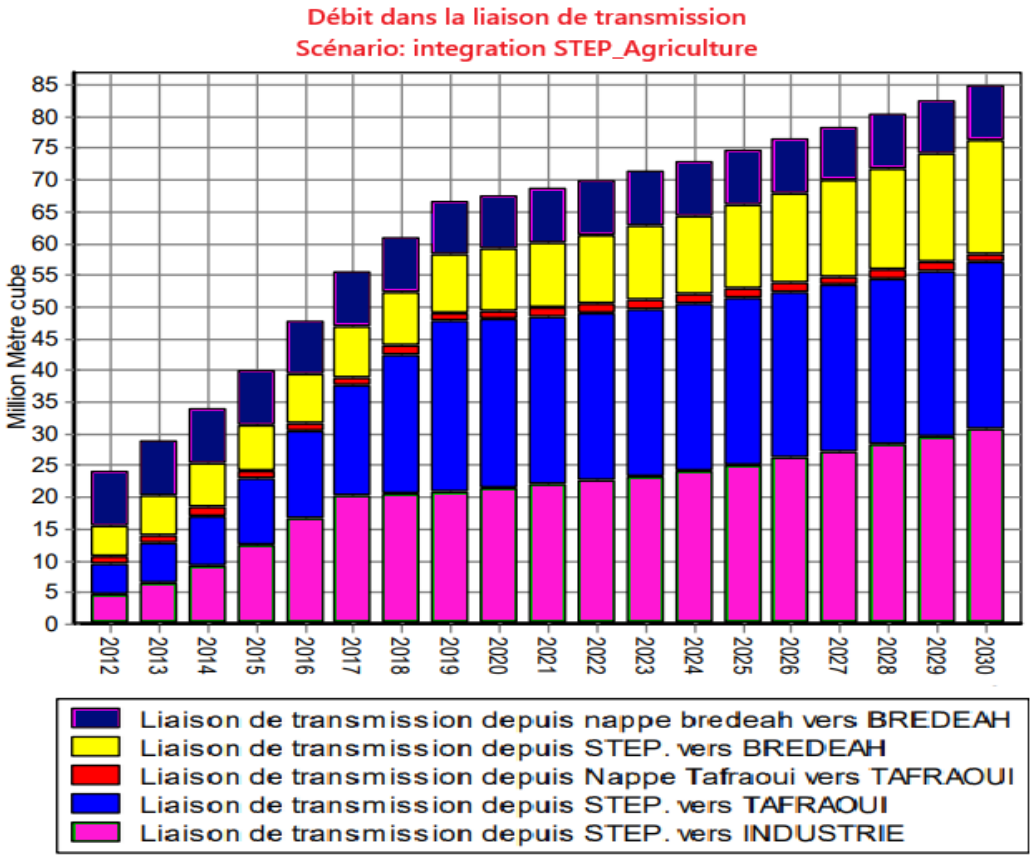


Figure IV-20 : Apport des souterraines (prioritaires) et de la STEP dans l'approvisionnement, Scénario irrigation pas la STEP 2012-2030.

Dans ce scénario, la moindre sollicitation de la STEP entraîne une hausse des rejets d'eau traitée vers la mer, atteignant plus de 22,6 millions de m³/an, soit une augmentation de 10 millions de m³/an (Figure IV-21). Cette situation pourrait accentuer des risques géologiques, tels que l'érosion côtière et les déséquilibres hydrogéologiques, impactant ainsi la stabilité des sols et la qualité des eaux souterraines.

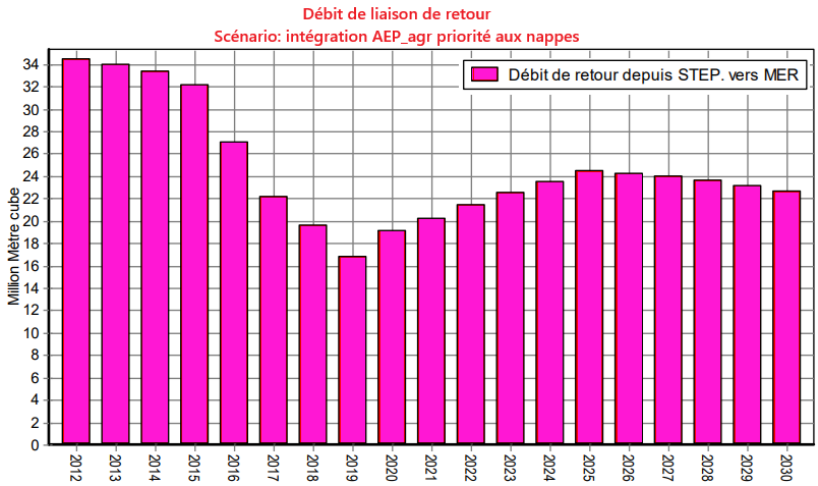


Figure IV-21 : Rejets vers la mer l'lorsque la priorité est donnée aux nappes. Scénario irrigation par la STEP 2012-2030.

Idéalement, ces rejets devraient être réutilisés pour l'irrigation de nouvelles surfaces agricoles. Les simulations montrent qu'avec un taux de croissance de 5,5 % par an des superficies irriguées sur la période 2012-2030, la STEP atteindrait un taux de recouvrement de 100 %, éliminant ainsi les rejets en mer d'ici 2030. Toutefois, cette expansion doit être évaluée en fonction des risques géologiques, notamment l'instabilité des sols, la subsidence et la contamination des nappes phréatiques (Figures IV-22 et IV-23).

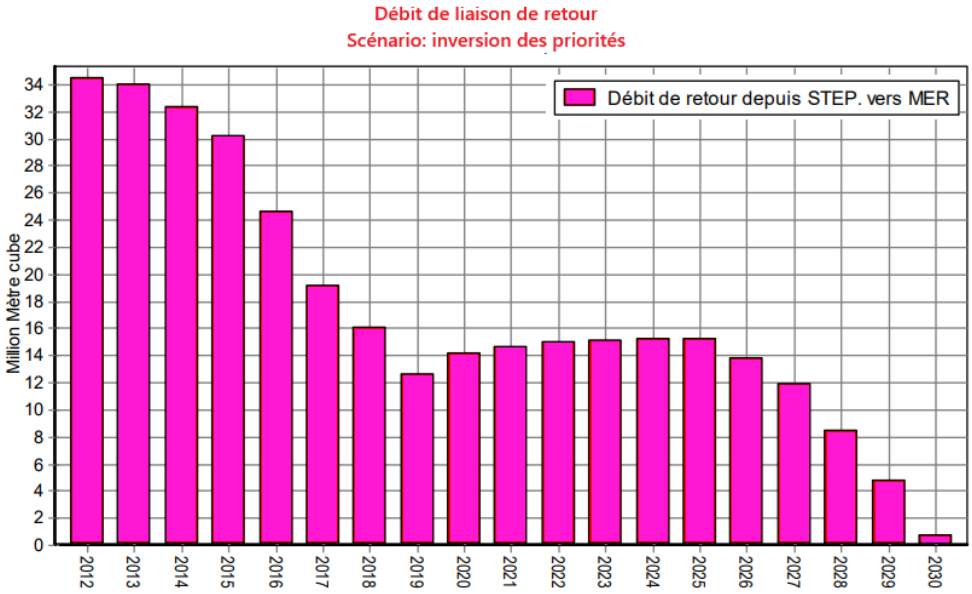


Figure IV-22 : Rejet vers la mer, lorsque la priorité d'irrigation (d'un taux de 5.5 %) est donnée aux nappes, Scénario irrigation par la STEP 2012-2030.

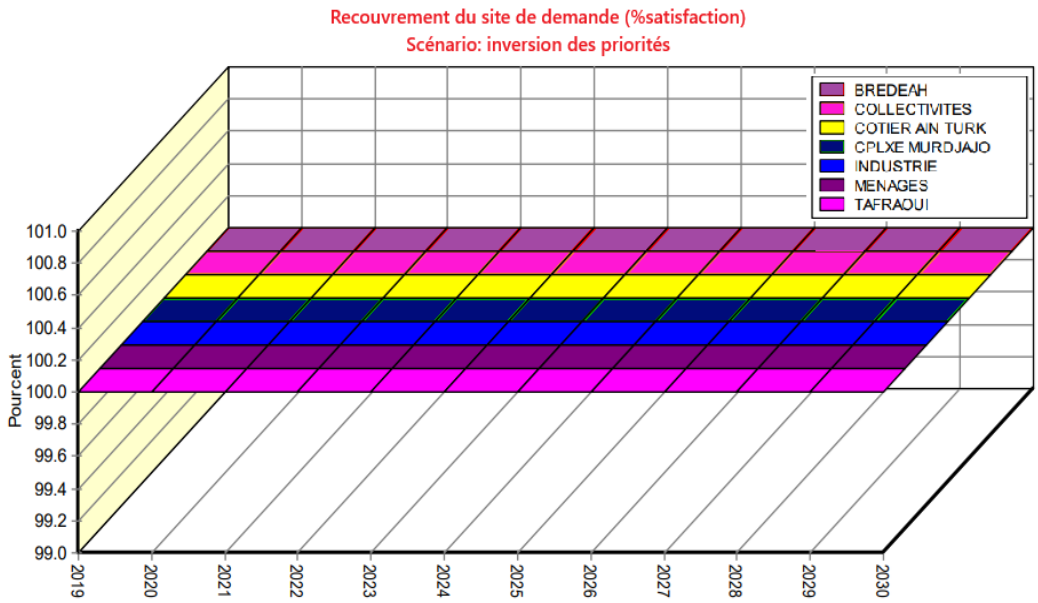


Figure IV-23 : Taux de recouvrement des débits de demandes avec taux de croissance de 5.5% de surfaces irriguées, Scénario irrigation par la STEP2012-2030.

IV.6. CONCLUSION

Les résultats obtenus intègrent tous les scénarios retenus. La figure (IV-24) et le tableau (IV-16) résument les projections pour 2012-2030, en prenant en compte les réalisations physiques prévues et les mesures d'amélioration de l'efficience de la distribution et de l'irrigation. Ces estimations considèrent également l'évolution des besoins des différentes unités de la Wilaya et les risques géologiques pouvant impacter la gestion et la disponibilité des ressources en eau.

Le récapitulatif des volumes d'eau alloués aux différents secteurs sur la période 2012-2030 permet d'évaluer la gestion de la demande. Ces données sont synthétisées en Tableau IV-17.

Tableau IV-17 : Récapitulatif des débits d'approvisionnement des différents sites de demande de la wilaya d'Oran 2012-2030.

Débits dans la liaison de transmission (1000 Mètres cubes)					
Tout Sources et destinations, Tout Liaison de transmission (23)					
	2012	2015	2020	2025	2030
Débit entrant venant de LOCALES	12 628,7	6 887,8	12 628,7	12 628,7	12 628,7
Débit entrant venant de TRANSFERTS	46 431,4	0,0	0,0	12 703,4	24 227,7
Débit entrant venant de DESSALEMENT	41 450,3	41 450,3	41 450,3	41 450,3	41 450,3
Débit entrant venant de DESSAL_NOUVEAU	15 483,6	67 148,8	82 104,6	91 248,4	91 250,0
Débit entrant venant de STEP.	13 790,9	31 851,9	62 307,8	73 764,9	96 592,0
Débit entrant venant de Nappe Cotier	2 440,9	2 716,6	3 585,7	4 879,5	5 408,0
Débit entrant venant de nappe bredeah	8 600,0	8 600,0	8 600,0	8 600,0	8 600,0
Débit entrant venant de nappe Cplxe Murdj	12 468,9	13 564,8	17 019,2	22 162,0	24 509,0
Débit entrant venant de Nappe Tafraoui	1 401,0	1 401,0	1 401,0	1 401,0	1 401,0
Débit entrant venant d'OUED BEGGOUG	901,5	901,5	901,5	901,5	901,5
Débit entrant venant d'OUED GUESSIBA	817,0	817,0	817,0	817,0	817,0
Débit vers MENAGES	-70 444,7	-80 693,2	-100 205,0	-115 094,0	-122 167,3
Débit vers COLLECTIVITES	-14 400,6	-17 046,0	-22 360,2	-27 133,8	-30 433,7
Débit vers INDUSTRIE	-15 649,2	-17 193,1	-19 068,9	-22 445,8	-27 605,6
Débit vers COTIER AIN TURK	-3 342,4	-3 618,1	-4 487,2	-5 781,0	-7 526,6
Débit vers BREDEAH	-13 196,1	-17 780,9	-23 116,9	-31 220,9	-42 611,7
Débit vers CPLXE MURDJAJO	-13 285,9	-14 381,8	-17 836,2	-22 979,0	-29 917,8
Débit vers TAFRAOUI	-5 997,1	-11 856,4	-28 004,2	-27 605,2	-27 499,6
Perte	-20 098,1	-12 770,3	-15 737,1	-18 297,1	-20 023,0
Sum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

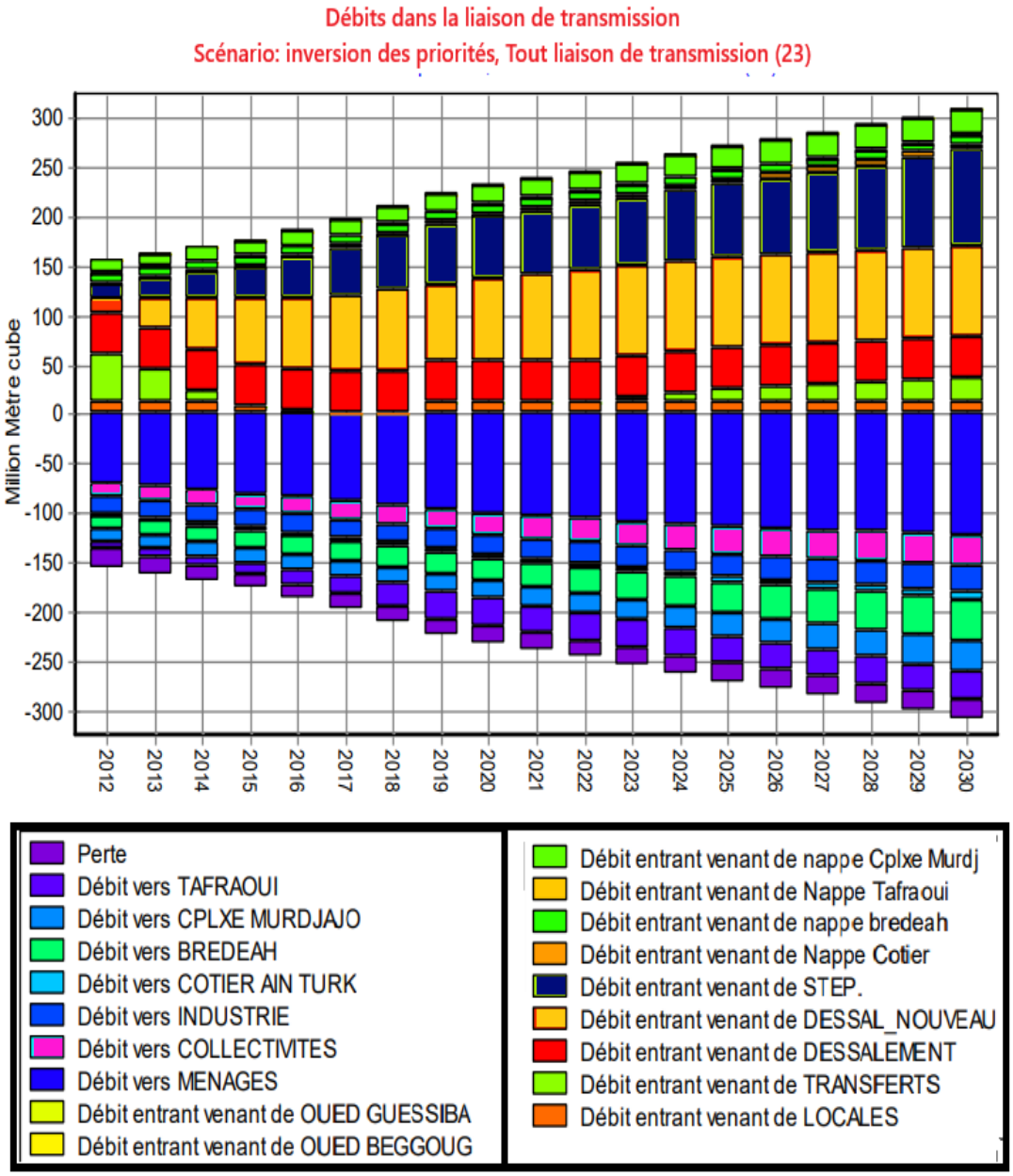


Figure IV-24 : Nature d'approvisionnement des différents sites de demandes.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Cette étude a permis d'analyser la gestion des ressources en eau dans la wilaya d'Oran à travers une approche intégrée, combinant la modélisation hydrologique et l'évaluation des risques géologiques. L'objectif principal était d'évaluer l'adéquation entre les besoins en eau et les ressources disponibles à l'horizon 2030, tout en identifiant les solutions pour assurer une gestion durable de ces ressources.

L'un des axes majeurs de cette étude a été l'utilisation de la modélisation, notamment à travers le logiciel WEAP, afin d'anticiper les évolutions futures et de simuler différents scénarios de gestion. Cette approche a permis d'examiner :

- L'évolution de la demande en eau pour les secteurs domestique, industriel et agricole, en tenant compte de variables socio-économiques et démographiques.
- Les impacts de l'irrigation sur les ressources souterraines, notamment la surexploitation critique de la nappe de Brédéah**.**
- L'interaction entre les risques géologiques et la disponibilité des ressources en eau, mettant en évidence des vulnérabilités importantes.

L'analyse a montré que :

- La demande en eau atteindra 187 millions de m^3 en 2030, entraînant un déficit annuel de 95 millions de m^3**,** nécessitant des solutions alternatives pour combler ce besoin.
- La priorité donnée à l'alimentation en eau potable et aux services collectifs limite la disponibilité pour le secteur industriel, pouvant freiner le développement économique.
- Le secteur agricole repose presque exclusivement sur les nappes souterraines, exacerbant la surexploitation, avec un taux d'exploitation de 140 %, et atteignant un pic critique de 308 % pour la nappe de Brédéah**.**

Face à ces défis, plusieurs scénarios ont été explorés :

- L'amélioration de l'efficience de l'irrigation (passant à 85 % en 2030) permettrait de réduire les prélèvements de 9,38 millions de m^3 et d'atténuer la pression sur les nappes.

- La mise en place de 12 retenues collinaires, augmentant l'utilisation des ressources de surface de 3,3 % à 13 %**,** afin de diversifier les sources d'approvisionnement.

- L'intégration de la STEP dans l'irrigation agricole**,** qui pourrait réduire la dépendance aux nappes souterraines, tout en nécessitant une gestion rigoureuse pour éviter des déséquilibres hydrogéologiques.

Les risques géologiques constituent un facteur critique dans la gestion des ressources en eau, notamment l'affaissement des terrains, la karstification et la contamination des aquifères. La modélisation a permis d'identifier les zones les plus vulnérables et de proposer des mesures d'atténuation, telles que :

- Une surveillance continue des zones à risque pour prévenir les effets de l'exploitation excessive.

- L'adaptation des infrastructures hydrauliques aux contraintes géotechniques afin d'éviter leur endommagement.

- La mise en place de techniques de recharge artificielle des nappes pour limiter leur épuisement.

PERSPECTIVES

Cette étude constitue une base solide pour la gestion future des ressources en eau de la wilaya d'Oran. Toutefois, plusieurs axes d'amélioration doivent être explorés :

1. **Affinement des modèles de simulation** : Intégrer davantage de paramètres liés aux changements climatiques et aux évolutions démographiques pour une prévision plus précise.

2. **Optimisation de la gouvernance de l'eau** : Renforcer la coordination entre les acteurs publics, privés et scientifiques pour une gestion plus intégrée et équilibrée.

3. **Développement de solutions alternatives** : Promouvoir la réutilisation des eaux usées traitées et l'exploitation durable des ressources souterraines.

4. **Utilisation des nouvelles technologies** : L'intelligence artificielle et les systèmes d'information géographique (SIG) peuvent contribuer à une meilleure anticipation des crises hydriques et à une gestion optimisée des ressources.

L'enjeu principal reste l'adoption d'une approche multidisciplinaire et intégrée**,** combinant modélisation hydrologique, gestion des risques géologiques et politiques de gestion durable, afin d'assurer un équilibre entre les besoins en eau et la préservation des ressources pour les générations futures.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABH Oranie-Chott Chergui. (2020). *Plan directeur de gestion intégrée des ressources en eau de la région Oranie*. Agence de Bassin Hydrographique Oranie-Chott Chergui.

ABH Oranie-Chott Chergui. (2021). *Rapport sur l'état des ressources en eau dans la région Oranie*. Agence de Bassin Hydrographique Oranie-Chott Chergui.

Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH). (2009). *Étude hydrogéologique de la région d'Oran*. Ministère des Ressources en Eau, Algérie.

Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH). (2020). État des ressources en eau en Algérie. Rapport technique.

Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. (2009). Réalisation de carte des ressources en eau souterraines du Nord de l'Algérie.

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes et M. Smith. (2006). *Crop Evapotranspiration: Guidelines For Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper n°56.

ANBT (Agence Nationale des Barrages et Transferts). (2015). Rapport annuel sur la gestion des barrages en Algérie.

AQUASTAT Database – FAO : http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html

Banque Mondiale. (2011). *World Development Indicators*, Base de données.

Benabdellah, M. (2017). Analyse de la gestion des ressources en eau dans le Nord-Ouest algérien. *Revue des Sciences de l'Eau.*

Benabdellah, T. (2005). *Gestion des ressources en eau dans les zones semi-arides : Cas de la région oranaise*. Université d'Oran, Faculté des Sciences de la Terre.

Benali, H. (2021). Les infrastructures de transport en Algérie : enjeux et perspectives. *Revue des Transports Maghrébins*.

Benhamza, M., & Zerrouki, M. (2017). Étude sur les infrastructures de traitement et de distribution d'eau potable en Algérie. *Revue Algérienne d'Hydrologie*.

Benhamza, M., Toumi, S., & Kettab, A. (2017). Optimisation des systèmes de transfert d'eau potable en Algérie : cas du complexe MAO. *Revue des Sciences de l'Eau*.

Bessaoud, M. (2017). Rôle des reliefs dans la régulation climatique du littoral oranais. *Revue Méditerranéenne d'Environnement et Climat*.

Blaney, H.F. & Criddle, W.D. (1950). *Determining Water Requirements in Irrigated Areas From Climatological and Irrigation Data*. USDA Soil Conserv. Serv. SCS-TP96.

Bouabdelli, M., Remini, B., & Bourouina, M. (2017). Risques de pollution industrielle dans la région d'Arzew. *Revue des Sciences de l'Environnement*.

Bouderba, H., Bougherira, N., & Kettab, A. (2012). Variabilité des précipitations et impact sur les ressources en eau dans l'ouest algérien. *Revue des Sciences de l'Eau*.

Bouderba, H., Bougherira, N., & Kettab, A. (2015). Transferts inter-bassins et sécurité hydrique dans l'ouest algérien. *Revue Algérienne des Ressources en Eau*.

Bouderba, S., Meddour, R., & Mansouri, A. (2012). Problématiques de l'approvisionnement en eau potable dans la wilaya d'Oran. *Actes du Colloque National sur l'Eau et le Développement Durable*.

Bouderbala, R., Remini, B., & Hani, A. (2010). Gestion intégrée des ressources en eau dans les bassins côtiers oranais. *Revue des Sciences de l'Eau*.

Boudoukha, A., Djemili, L., & Kherbouche, F. (2020). Intrusion marine dans les aquifères côtiers : cas des Salines d'Arzew. *Journal Algérien des Régions Arides*.

Bousnoubra, H. (2015). Évolution des systèmes hydrauliques en Algérie : cas du transfert Fergoug-Oran. *Revue de Géographie et Aménagement.*

Destane, N.G. (1978). *Effective Rainfall in Irrigated Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper.

DHW. *(Direction de l'Hydraulique de la Wilaya d'Oran).* (2010). *Bulletin des Relevés Quotidiens – BRQ*. Oran, Algérie.

Direction de l'Hydraulique de la Wilaya d'Oran. (2010). Réalisation de l'Étude de l'Aménagement Hydroagricole de la Plaine de la M'leta.

Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire de la Wilaya d'Oran. (2010). *Annuaire statistique de la Wilaya d'Oran*.

Direction Générale des Forêts. (2007). *Inventaire national des zones humides d'Algérie*. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Algérie.

Djellouli, N. (2020). Oran, pôle stratégique du développement en Méditerranée occidentale. *Revue Algérienne d'Économie et de Développement*.

Djemili, L., Boudoukha, A., & Kherici, N. (2012). Étude de la salinité des eaux souterraines dans le bassin de la Sebkha d'Oran. *Hydroécologie Appliquée*.

Djidel, M., & Achour, B. (2020). Stratégies de gestion de l'eau en milieu aride : le cas du transfert MAO. *Journal Algérien des Sciences de l'Eau*.

DPO. (2010). *Rapport annuel sur le développement économique et social de la wilaya d'Oran*. Direction de la Planification de la Wilaya d'Oran. Oran, Algérie.

Engref S.T. (2002). *Analyse des Stratégies et Prospectives de l'Eau en Tunisie*, Plan Bleu Sofia Antipolis.

Étude PMH. (2008). *Étude du Plan de Mobilisation des Ressources en Eau Souterraine – Wilaya d'Oran*. Ministère des Ressources en Eau, Algérie.

FAO. (1986). *Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs* (Chapitre III). http://www.fao.org/docrep/S2022E/S2022E00.htm.

Gaume, E. (2000). *Hydrologie, cycle de l'eau et modélisation pluie-débit*.

Institut Hydro-Météo d'Oran. (2011). *Données sur les Températures - Oran*. Bases de données.

Kaci, A., & Mansouri, N. (2021). Gestion des infrastructures hydrauliques à Oran : défis et perspectives. *Revue des Techniques Hydrauliques*.

Kadi, A. (1997). *La gestion de l'eau en Algérie*. Hydrological Sciences.

Kettab, A. (2016). *L'eau en Algérie : entre rareté et mauvaise gouvernance*. Éditions ANPE, Alger.

Kherbouche, F., Boudoukha, A., & Djemili, L. (2018). Influence des conditions géologiques sur la salinisation des eaux dans les zones endoréiques. *African Journal of Environmental Science and Technology*.

Mahiaoui, D. (2015). Étude hydrogéologique du bassin d'Aïn El Turck. *Mémoire de Magistère*, Université d'Oran.

Mahmoudi, A., & **Boudjemaa, S.** (2019). Dynamique spatiale des zones agricoles dans la région oranaise. *Revue Géographie et Développement*.

MATE (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement). (2020). Bilan environnemental et hydrologique en Algérie.

Meddour, R. (2017). *Gestion intégrée des ressources en eau dans l'ouest algérien : diagnostic et perspectives*. Ministère des Ressources en Eau, Direction des Études et de la Planification.

Meddour, R. (2019). L'impact du changement climatique sur la disponibilité des ressources en eau dans l'Ouest algérien. *Revue des Études Environnementales*.

Meddour, R. (2019). *Stratégies de mobilisation de l'eau dans l'Ouest algérien : contraintes et perspectives*. Ministère des Ressources en Eau, Direction des Études Stratégiques.

Ministère de l'Habitat. (2010). *Le Taux d'Occupation des Logements à l'Horizon de 2030*.

Ministère de l'Industrie. (2008). *Schéma directeur des zones industrielles en Algérie*. Direction de l'Aménagement Industriel, Alger, Algérie.

Ministère de l'Intérieur, des Collectivités Locales et de l'Aménagement du Territoire. (2021). *Organisation administrative de la wilaya d'Oran*. Direction Générale des Collectivités Locales.

Ministère des Ressources en Eaux. (2006). *Étude d'actualisation du Plan National de l'Eau en Algérie*.

Mokhtari, M., & Ghenim, A. (2020). Déminéralisation des eaux souterraines : cas de la station de Brédéah. *Revue Scientifique de l'Hydrologie*.

Office National des Statistiques. (2008). *Recensement Général de la Population et de l'Habitat*.

ONA (Office National de l'Assainissement). (2021). *Bilan des stations d'épuration en Algérie*.

ONS, Office National des Statistiques. (2008). *Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH 2008) – Résultats pour la wilaya d'Oran*. ONS Algérie.

ONS, Office National des Statistiques. (2021). *Données démographiques et économiques de la wilaya d'Oran*. Publication annuelle, ONS Algérie.

ONS. (2010). *Bulletin du Relevé Quotidien des Données Météorologiques*. Office National de la Météorologie, Algérie.

ONS. (s.d.). *Taux de raccordement par commune*. Office National des Statistiques, Algérie.

Perrodon, A. (1957). Études géologiques des bassins néogènes sub-littoraux de l'Algérie occidentale.

PMH. (2008). *Étude du Plan de Mobilisation des Ressources en Eau Souterraine – Wilaya d'Oran*. Ministère des Ressources en Eau, Algérie.

Raghunath, H.M. (2006). *Hydrology: Principles, Analysis and Design*. New Age International Publishers.

Remini, B., Achour, B., & Mebarki, A. (2009). Impact de l'évaporation sur les ressources en eau dans les régions côtières. *Revue Larhyss*.

RGPH. (2008). *Étude du Plan de Recensement Général de la Population et de l'Habitat*

SEOR (Société de l'Eau et de l'Assainissement d'Oran). (2010). *Données techniques et estimations sur la performance du réseau de distribution*. Rapport interne, Oran, Algérie.

SEOR. (2010). *Bilan des Relevés Quotidiens de la Production d'Eau dans la Wilaya d'Oran*.

Si Laarbi, A., Zakad, A., & Ayati, A. (2005). *Gestion des ressources en eau en Algérie : défis et perspectives*. Revue des Sciences de l'Eau.

Si Laarbi, Zakad et Ayati. (2005). *Ressources en Eau : Bilan Diagnostic, État des Lieux et Tendances*. Rapport préparatoire au Schéma National d'Aménagement du Territoire (SNAT 2025).

Skoulikaris, C. (2008). *Mathematical Modeling Applied to the Sustainable Management of Water Resources Projects at a River Basin Scale: The Case of the Mesta-Nestos*. École Nationale Supérieure des Mines de Paris.

SOGREAH. (2009). *Inventaire de la Petite et Moyenne Hydraulique de la Wilaya d'Oran*. Ministère des Ressources en Eau.

SOGREAH. (2009). *Schéma Directeur d'Alimentation en Eau Potable – Oran et environs*. Rapport technique, Ministère des Ressources en Eau, Algérie.

Water Evaluation And Planning System. (2011). *User Guide*. Stockholm Environment Institute.

Zerrouki, M. (2020). Évolution du réseau d'adduction de l'eau potable dans l'Ouest algérien. *Revue des Sciences Hydrauliques*.