

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Vision et stratégie du secteur de l'eau pour l'algerie.

The paper document Shelf mark (الشفرة) : P 627 MED

APA Citation (APA توثيق):

Meddi, Mohamed. (2020). *Vision et stratégie du secteur de l'eau pour l'algerie* [polycopie pédagogique]. ENSH.

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

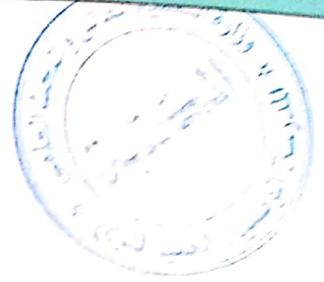
المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتثمين لإنتاج لأساتذة باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (طروحات، مطبوعات، مباحث، مقالات الدوريات، كتب...) بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا .

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.

المدرسة الوطنية العليا للدراسات والبحوث
المكتبة
رقم الجرد: 163/02
التاريخ: 21 نوفمبر 2020



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAUIQUE

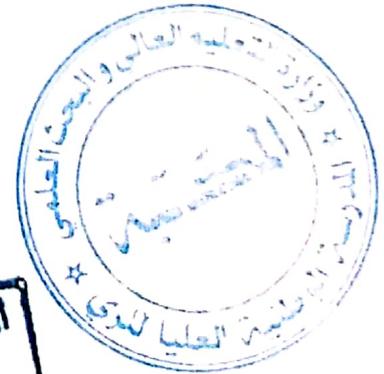
Laboratoire Génie de l'Eau et Environnement



Pr. MEDDI Mohamed

Contenu

Introduction.....	1
1. Les ressources en eau.....	3
1.1 Barrages et retenues collinaires.....	3
1.2 Les Transferts.....	3
1.3 Eaux Souterraines.....	4
1.4 Ressources en eau non conventionnelle.....	4
2. Les Besoins en Eau.....	4
3. Vision et stratégie.....	6
3.1 A court terme :.....	6
3.2 A moyen et Long termes :.....	6
3.2.1 Agriculture.....	6
3.2.2 Gestion intégrée des ressources en eau.....	8
3.2.3 Gestion des barrages.....	10
3.2.4 Assainissement et lutte contre les inondations.....	11
3.2.5 Water Harvesting (La collecte de l'eau).....	12
3.2.6 Réseaux d'alimentation en eau potable.....	14
3.2.7 Transfert des eaux du Nord du Sahara.....	14
4. Conclusion.....	14
Références bibliographiques.....	15



Introduction

La question du changement climatique s'est définitivement installée au premier plan de l'actualité et préoccupe l'opinion publique. Longtemps confinée à la communauté scientifique et aux groupes environnementaux, elle a émergé ces dernières années au niveau gouvernemental avec la signature du protocole de Kyoto. Mais ce sont surtout les récentes perturbations météorologiques (vagues de chaleur répétées, ouragans dévastateurs...) qui ont marquées le monde. Entre-temps, les progrès des connaissances scientifiques ont progressivement transformé ce qui était à l'origine une simple hypothèse - un réchauffement climatique causé par l'homme - en une quasi-certitude, bien qu'il reste encore de nombreuses inconnues sur l'ampleur exacte et le rythme du phénomène.

Les pays d'Afrique du Nord souffrent de sécheresses récurrentes, dont la fréquence a augmenté au cours des quarante dernières années. La variabilité croissante du climat affecte en particulier le centre et le nord de ces pays et les prévisions du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2013) sont inquiétantes, voire alarmantes. Elles montrent en effet une tendance à l'aggravation pour les décennies à venir (OSS, 2009). Le Maghreb central se caractérise par une faible pluviométrie annuelle moyenne et de fortes fluctuations des précipitations. Au cours des dernières décennies, il a connu plusieurs épisodes de sécheresse et cette dernière tend à être plus structurelle que conjoncturelle. Lors des années de sécheresse, la rareté des précipitations affecte l'agriculture pluviale, qui occupe une importante surface agricole dans la région, mais aussi tous les autres secteurs dépendant des ressources en eau. L'agriculture irriguée est également touchée et des mesures de restrictions sur l'allocation de l'eau sont généralement appliquées.

Selon la Banque mondiale, la Tunisie, l'Algérie, et le Maroc deviendront des points chauds mondiaux d'ici la fin du 21^e siècle, et les températures plus élevées et les précipitations réduites augmenteront la fréquence des sécheresses dans cette région (Banque mondiale, 2017).

Les données climatiques enregistrées dans la région au cours du 20^e siècle indiquent un réchauffement au cours de ce siècle estimé à plus de 1°C avec une tendance accentuée au cours des 30 dernières années. Ces données montrent également une nette augmentation de la fréquence des sécheresses et des inondations. Ainsi, on est passé d'une sécheresse tous les dix ans au début du siècle à cinq à six ans de sécheresse en une décennie maintenant.

L'analyse des tendances de la variabilité des précipitations dans la région méditerranéenne montre une diminution significative des précipitations à partir de 1970 (Xoplakiet al. 2000 ; Xoplakiet al. 2004; Zeroual et al., 2017; Taibi et al. 2018). Cette tendance à la baisse est plus marquée en hiver (Jacobeit, 2000 et Giorgi 2002).

La vulnérabilité au changement climatique dans les régions du sud de la Méditerranée varie en fonction de la partie de leur économie sensible au climat (agriculture, tourisme, infrastructures, énergie et écosystème). Pour l'Algérie, l'agriculture représente plus de 20 % de la population active et 12 % du PIB en 2019. Ce secteur est directement lié à la disponibilité de l'eau qui, à son tour, est directement liée aux précipitations.

Au cours du siècle dernier, l'Algérie a connu plusieurs périodes de sécheresse, les plus intenses ont été ressenties en 1910 et 1940 et plus persistantes dans les années 1975 à 1990 et au début de ce siècle. Une étude réalisée par Mac Donald and Partners (1997) confirme que la période 1950-75 a été plus humide par rapport à la moyenne de sorte qu'à partir de 1977 il y a une sécheresse suffisamment marquée, sans précédent depuis les premières observations (Meddi et al., 2003). L'Algérie, et plus particulièrement la région occidentale, a connu plusieurs sécheresses majeures au cours du siècle dernier, durant les années 40 et 70 jusqu'à aujourd'hui (Meddi et Hubert, 2003 ; Talia, 2003 ; Habibi et al., 2018 ; Merabti et al., 2018).

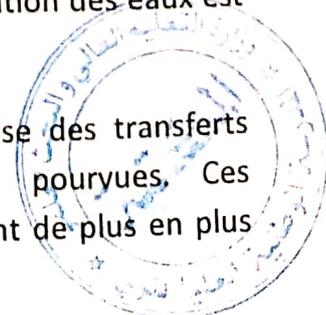
Le secteur agricole est largement dépendant de la disponibilité des ressources en eau qui est donc, le plus vulnérable au changement climatique. En Algérie, la consommation d'eau dans le secteur agricole est d'environ 7 milliards de m³/an où elle représente 70% de la consommation nationale totale.

Les projections climatiques confirment la réduction des précipitations et la hausse des températures (Matari, 2016), ce qui affectera la disponibilité des ressources en eau à moyen et long terme, d'où la nécessité de trouver des moyens de mobiliser des ressources en eau supplémentaires (conventionnelles et non conventionnelles) pour répondre à cette demande toujours croissante.

La partie nord de l'Algérie est caractérisée par un climat méditerranéen avec un hiver relativement froid et pluvieux et un été chaud et sec. La pluviométrie annuelle atteint 400 mm à l'ouest, 700 mm au centre et 1000 mm à l'est. Ce type de climat se retrouve également dans les chaînes de l'Atlas Tellien où l'on enregistre des totaux allant de 800 à 1600 mm dans les sommets de l'Est, alors que les valeurs sont plus faibles au centre (700 à 1000 mm) et à l'Ouest (600 mm). Dans les plaines de l'Atlas tellien, les précipitations varient entre 500 mm à l'ouest, 450 mm au centre et 700 mm à l'est (Meddi et Hubert, 2003).

L'Algérie compte parmi les pays où la disponibilité en eau par habitant est en deçà du seuil critique fixé par la Banque Mondiale (1000 m³/hab/an). Les ressources en eau sont évaluées à 19 milliards de m³ (correspondant à environ 600 m³/hab/an). La mobilisation des eaux est confrontée aux problèmes suivants :

- La répartition spatiale des ressources en eau superficielle impose des transferts importants pour satisfaire les besoins des régions moins pourvues. Ces aménagements et ces opérations de mobilisation des eaux coûtent de plus en plus cher.



- L'efficacité des barrages réservoirs est réduite par la forte évaporation qui affecte les plans d'eau (en Algérie les retenues évaporent de 1,3 à 2,2 m/an et le problème d'envasement (32 millions m³/an pour 52 barrages d'une capacité initiale de 5.2 milliards de m³).
- Le taux de déperdition dans les réseaux d'alimentation en eau potable varie de 30 à 40%.

Dans ce qui suit, nous allons faire des propositions (succinctes pour le moment) inhérentes à la mobilisation et la gestion moderne des ressources en eau pour faire face à la demande en eau et le changement climatique à moyen et long termes.

1. Les ressources en eau

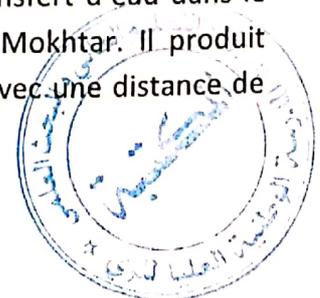
1.1 Barrages et retenues collinaires

Le nombre des grands ouvrages de mobilisation actuellement en exploitation est de 75 pour une capacité globale de 8,11 milliards de m³ d'eau. A la fin des réalisations du programme en cours, ils devraient être 84 en 2026, pour une capacité de stockage évaluée à 8,4 milliards de m³.

En matière de mobilisation par les petits barrages et retenues collinaires, on dispose de 572 ouvrages réalisés dans le cadre des différents programmes décentralisés, d'une capacité totale de 206 millions de m³ et 40 ouvrages en cours de réalisation d'une capacité de 25 millions de m³ destinés à l'irrigation.

1.2 Les Transferts

L'eau est inégalement répartie dans le pays et n'est pas toujours disponible là où elle est nécessaire. Pour y remédier, il est nécessaire de transférer l'eau des régions où il y a un surplus d'eau disponible vers les régions qui en ont besoin. Pour pallier aux disparités régionales inhérentes aux ressources en eau, les transferts constituent un moyen très efficace pour garantir la disponibilité des ressources en eau dans les régions en manque. Ils existent de nombreux transferts en Algérie, à partir de barrages, qui assurent un transfert de l'ordre de 1480 hm³/an pour l'AEP et l'agriculture. Ces transferts d'eau répondent également aux objectifs de la stratégie de sécurité alimentaire du pays qui vise à soutenir des régions à fort potentiel agricole (MRE). Dans le sud du pays, le transfert d'Ain Salah – Tamanrasset, sur une distance de 750 km, couvre les besoins en eau potable de la ville de Tamanrasset, estimés à 90 000 m³/j à l'horizon 2050. Le deuxième transfert d'eau dans le sud du pays alimente la ville de Timiaouine à partir de Bordj Badji Mokhtar. Il produit actuellement 2500 m³/j. Ce transfert est situé dans la wilaya d'Adrar avec une distance de 120 km.



1.3 Eaux Souterraines

En ce qui concerne les eaux souterraines, les volumes exploités sont de l'ordre de 80 % des ressources potentielles renouvelables.

Les réserves des nappes du Sahara sont énormes mais les apports d'eau à partir de l'Atlas saharien ne contribuent à leur renouvellement que dans une faible proportion. Le caractère « non renouvelable » de cette ressource et les contraintes physiques et géologiques qui caractérisent ces systèmes, en font un patrimoine fragile, nécessitant une gestion rationnelle pour sa durabilité.

1.4 Ressources en eau non conventionnelle

Les ressources en eau non conventionnelle sont devenues une priorité du secteur de l'eau en Algérie pour répondre aux besoins sans cesse croissants. Ces ressources se répartissent en trois catégories distinctes :

- Dessalement de l'eau de mer : 587,65 hm³/an
- Déminéralisation des eaux saumâtres : 33,73 hm³/an
- Réutilisation des eaux usées urbaines épurées : 38,77 hm³/an

Ces volumes correspondent à l'année 2015.

- La consommation en eau dans le secteur agricole est d'environ 7 milliards de m³ en moyenne annuelle, ce qui représente près de 70% de l'ensemble des volumes d'eau consommés au niveau national,
- La consommation de la population en eau potable est de l'ordre de 2,5 milliards de m³/an

2. Les Besoins en Eau

La forte croissance urbanistique et démographique, les changements climatiques, la gestion des ressources en eaux vont très prochainement aggraver notre situation de stress hydrique. Plusieurs spécialistes affirment que la demande en eau potable pourrait dépasser facilement, dans la prochaine décennie, les 4 milliards de m³/an.

D'après le Ministère des Ressources en eau (2019), les besoins annuels en eau à l'horizon 2030 devront s'élever à 12,9 milliards de m³ pour une population avoisinant les 50 millions de personnes, contre 10,4 milliards de m³ actuellement. Les besoins annuels prévus à l'horizon 2030 sont répartis comme suit :

- 4 milliards de m³ pour l'AEP (contre 3,3 milliards de m³ actuellement),
- 8,3 milliards de m³ pour l'agriculture (contre 6,8 milliards de m³ actuellement)
- 0,6 milliard de m³ pour l'industrie (contre 0,3 milliard de m³ actuellement).

En agriculture, deux scénarios extrêmes se présentent (MRE):

- l'un avec peu de changement dans les efficacités, une extension moyenne des surfaces irriguées et le maintien des spéculations actuelles, la demande en eau d'irrigation serait de 15,4 milliards de m³
- l'autre avec une amélioration des efficacités (80 %), une extension des surfaces jusqu'à 2 000 000 ha et le développement de cultures céréalières et fourragères, la demande en eau d'irrigation serait de supérieure à 20 milliards de m³.

Ces chiffres montrent l'importance de la demande en eau dans le futur par les différents utilisateurs.

La sécurité alimentaire du pays et garantir le confort hydrique des citoyens ainsi que le développement économique nécessitent des mécanismes et des outils modernes capables de mobiliser et protéger les ressources en eau pour pouvoir subvenir aux différents besoins.

Pour permettre aux services concernés par la gestion des ressources en eau de répondre aux défis futurs, il serait primordial de repenser la manière de faire actuelle dans la gestion, la mobilisation et la protection de ces ressources limitées avec l'introduction des nouvelles technologies dans la gestion intégrée et la prévention.

Les points qui doivent être pris en considération pour réduire le gaspillage et accroître nos ressources en eau pour une utilisation adéquate peuvent se résumer comme suit:

- faire baisser les pertes (en AEP), évaluées à 30% actuellement, à 20% à l'horizon 2030.
- faire baisser les volumes d'eau réservés à l'irrigation. L'importance des volumes d'eau utilisés en agriculture montre où les potentiels d'économie d'eau sont les plus élevés qui peuvent être de l'ordre de 20 à 25 %. Avec une économie de 20%, c'est-à-dire 1,4 milliard de m³, la moitié de la population algérienne pourrait être alimentée en eau potable actuellement d'après le MRE. ces volumes récupérables pourraient irriguer 300.000 ha de terres plantées supplémentaires, soit 30% de la surface totale irriguée d'après le MRE.
- utiliser les eaux usées traitées. les stations d'épuration des eaux usées (STEP) installées peuvent traiter jusqu'à un milliard de m³/an dans l'avenir. Cette ressource d'eau non conventionnelle constitue un apport supplémentaire considérable pour l'irrigation et pourrait couvrir facilement plus de 200.000 ha.

3. Vision et stratégie

3.1 A court terme :

Dans les conditions sanitaires que vit notre pays, la sécurité alimentaire et le confort hydrique des citoyens sont prioritaires. Une gestion rationnelle et optimale des ressources en eau destinées à l'AEP doit être réalisée d'une manière appropriée pour répondre aux besoins de la population qui vit des moments difficiles.

Avec les prix qui augmentent sur le marché mondial de certains produits, l'irrigation doit être concentrée sur les cultures stratégiques pour assurer la sécurité alimentaire du pays.

3.2 A moyen et Long termes :

3.2.1 Agriculture

Pour pouvoir réaliser l'économie de l'ordre de 20 à 30% sur les volumes d'eau utilisés en irrigation, les mesures suivantes doivent être entamées :

3.2.1.1 L'introduction de l'irrigation basée sur le système du goutte-à-goutte enterré (Fig. 1)

Il permet d'apporter l'eau directement aux racines de la plante avec une économie d'eau allant jusqu'à 30 % par rapport à un système classique sans baisse de rendement ce qui constitue une solution innovante déjà testée positivement dans certains pays.

Par rapport à l'irrigation goutte à goutte classique, l'irrigation goutte à goutte enterrée utilise moins d'eau, permet un bon développement des plantes, n'est pas affectée par le vent et offre une meilleure uniformité d'arrosage. De plus, en plaçant l'installation d'irrigation dans le sol, on évite le gaspillage, les inconvénients liés au ruissellement et les effets de l'évaporation. En tout, l'irrigation goutte à goutte enterrée est 90% plus efficace que l'irrigation en surface et utilise 70% moins d'eau.

Ce système permet la diminution des pertes par évaporation. La disponibilité de plus d'eau favorise un développement optimum du système racinaire, la croissance de la plante et par la suite une amélioration du rendement et de l'efficacité de l'utilisation de l'eau. Par conséquent, le système du GGE permet une économie d'eau, particulièrement appréciable dans les zones où l'eau est une ressource limitée.

Ce système permet un désherbage mécanique et limite les attaques des animaux à l'inverse du système du goutte à goutte de surface.

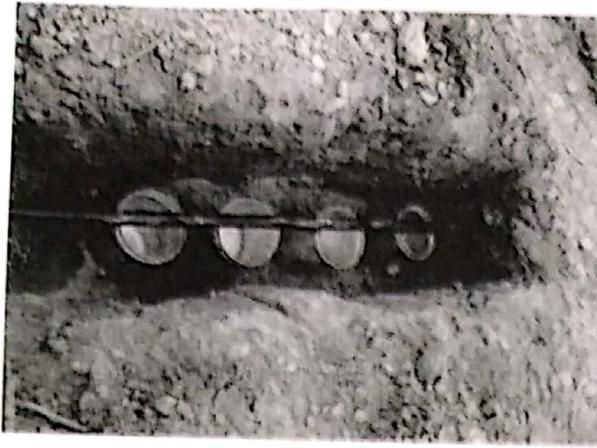


Figure 1. Système du goutte-à-goutte enterré (IRSTEA, Lyon)

3.2.1.2 L'introduction via des fermes pilotes de la smart irrigation.

Cette technique qui permettra une économie importante d'eau peut être utilisée dans l'irrigation de l'arboriculture.

Cette technique constitue pour les gestionnaires et les agriculteurs un moyen efficace pour gérer et suivre l'irrigation et par conséquent une meilleure gestion de l'utilisation de l'eau à des fins agricoles.

L'utilisation efficace des ressources en eau en irrigation représente une importance avérée pour un développement agricole durable assurant la sécurité alimentaire et la croissance économique du pays dans un contexte de changements climatiques et l'accroissement de la population. L'irrigation de précision (smart) est une technique qui donne à une culture donnée une quantité précise d'eau à des moments bien précis. Elle permet d'optimiser le rendement des cultures et l'économie d'eau.

Cette technique peut être mise en place par la collaboration entre les agriculteurs et les laboratoires de recherche spécialisés. Ces derniers pourront développer des plateformes intelligentes de contrôle et d'automatisation dédiée à l'agriculture de précision.

3.2.1.3 Utilisation des eaux traitées en irrigation

La réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture est une pratique courante dans un certain nombre de pays dans le monde. Cette pratique a alimenté de nombreuses discussions scientifiques sur son impact sur la santé humaine.

Les aspects sanitaires et environnementaux sont des questions particulièrement très sensibles, pour les agriculteurs et les consommateurs, et des conditions préalables importantes doivent être considérées pour pouvoir aspirer à remplacer les ressources d'eau conventionnelles pour l'irrigation à condition que ces eaux soient traitées de manière

appropriée (Gerba et Rose, 2003). Dans la région méditerranéenne, certaines régions ont réussies à intégrer 20 % des eaux usées traitées dans le volume global destiné à l'irrigation. Un pays comme le Pakistan, par exemple, utilise 26%. Dans le cas où l'Algérie arrivera à cet ordre d'utilisation des eaux usées traitées en irrigation, un volume important sera redirigé pour alimenter presque la moitié de la population Algérienne actuelle en eau potable.

D'après le Ministère des Ressources en eau, 38,77 hm³/an des eaux usées traitées sont utilisées en irrigation. Ce chiffre reste très loin des objectifs à atteindre comparé aux pourcentages cités auparavant. Cette différence montre l'effort qui doit être déployé pour atteindre un objectif de 20%. Le volume des eaux usées rejetées à l'échelle nationale est de l'ordre de 1,8 milliard, ce qui constitue une source d'eau précieuse pour faire face aux pénuries d'eau croissantes.

En 2017, le nombre de station était de 186 avec une capacité de 860 hm³/an. Les stations existantes doivent être réhabilitées pour produire une eau, après traitement, répondant aux normes. Aussi, la réalisation de 27 nouvelles stations d'épuration et pourquoi pas le programme dans sa totalité avec 66 stations d'épuration pour produire 600 millions de m³/an,

Il subsiste un problème important d'ordre sociologique à résoudre qui réside dans l'acceptation par les agriculteurs et les consommateurs d'utiliser ces eaux dans l'irrigation. Les deux ministères concernés à savoir : Ministère des ressources en eau et Ministère de l'Agriculture et du développement rural doivent développer un programme national de vulgarisation. Ce programme doit toucher la population, pour lui expliquer la non-nocivité de l'utilisation des eaux traitées en irrigation, ainsi que les agriculteurs.

On doit faire participer des sociologues dans l'élaboration des programmes de vulgarisation à grande échelle.

3.2.2 Gestion intégrée des ressources en eau

La gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) a été définie par Agarwal et al. (2000) comme étant un processus qui "favorise le développement et la gestion coordonnés de l'eau, des terres et des ressources connexes, afin de maximiser le bien-être économique et social qui en résulte de manière équitable sans compromettre la durabilité des écosystèmes vitaux. Selon Evans (1997), cette approche de gestion est une ancienne idée développée il y a des milliers d'années pour gérer les réservoirs de stockage. La gestion intégrée a été utilisée, dans les années 1930, aux États-Unis d'Amérique dans l'aménagement de bassins fluviaux à usages multiples dans le cadre de projets de lutte contre les inondations et de remise en état (Pulido-Velazquez and Ward, 2017).

L'Algérie a pris conscience de l'importance et la fiabilité de la gestion intégrée des ressources en eau depuis 1996 avec la création des Agences de Bassins Hydrographiques, suivi, en 2011,

par la création de l'Agence Nationale de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (AGIRE). A travers ces structures et en collaboration avec les laboratoires de recherche, des outils d'aide à la décision peuvent être développés.

Exemple du bassin du Mazafran

Dans cette étude réalisée dans le cadre d'un doctorat présenté à l'ENSH en 2018 (Kahlerras et al., 2018), les données de base utilisées ont été obtenues à partir des annuaires de différentes agences et directions : ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydriques), ABH (Agence des Bassins Hydriques), DRE (Directions des Ressources Hydriques de Tipaza, Alger et Blida), ONM (Office Nationale de la Météorologie), ONS (l'Office National des Statistiques) et la SEAAL (Société d'Eau et de l'Assainissement d'Alger). Ces données portent sur 146 forages et puits, deux barrages, quatre stations de traitements des eaux usées et une usine de dessalement d'eau de mer.

La région d'étude renfermait une superficie de 21334ha de terres agricoles en 1998, qui ont nécessité un volume d'eau pour l'irrigation de l'ordre de 93.703Mm³. Ce volume d'eau a enregistré une augmentation pour atteindre 96.94Mm³ en 2015 pour une superficie de terres agricoles de 22071ha. La population était de 615962 habitants en 1998 avec un volume d'eau consommé de l'ordre 52.46Mm³ et de 750847 habitants en 2008 (volume d'eau consommé de l'ordre 63.96Mm³) avec une augmentation de 2%, 21.92 % pour la population et la consommation d'eau respectivement. Pour répondre à l'ensemble des besoins futurs et le développement socio-économique de la région, une étude prévisionnelle de la gestion des ressources en eau dans la région devient une nécessité à l'instar des autres bassins du pays. Ci-dessous nous citons les principaux résultats de ce travail pour monter l'opportunité de l'utilisation des outils numériques dans le cadre d'une gestion intégrée des ressources en eau au niveau d'un bassin.

Les résultats ont montré que la demande en eau du bassin du Mazafran, dont la population était estimée à environ 615956 habitants en 1998 et sera de l'ordre de 1724880 habitants en 2050, connaîtra une augmentation continue de la demande en eau jusqu'en 2040, le déficit hydrique, après cette date, sera de l'ordre de 3,44 Mm³ en 2045 et atteindra 95,3 Mm³ en 2050 pour le scénario optimiste (RC4.5) (Fig. 2). La situation sera plus critique pour le scénario pessimiste (RC8.5) où la rupture entre l'offre et la demande sera enregistrée dès 2025. Le déficit sera de l'ordre de 56,65 Mm³ en 2030 et atteindra 130,95 Mm³ en 2050 (Fig.3).

Cette situation de déséquilibre interpellera les gestionnaires et décideurs de prendre des mesures techniques et de gestion optimale dès maintenant pour pallier aux situations de déficits futures. Pour combler ce déficit, un volume de 90 Mm³ doit être mobilisé à l'horizon 2050 pour répondre à la demande à cet horizon.

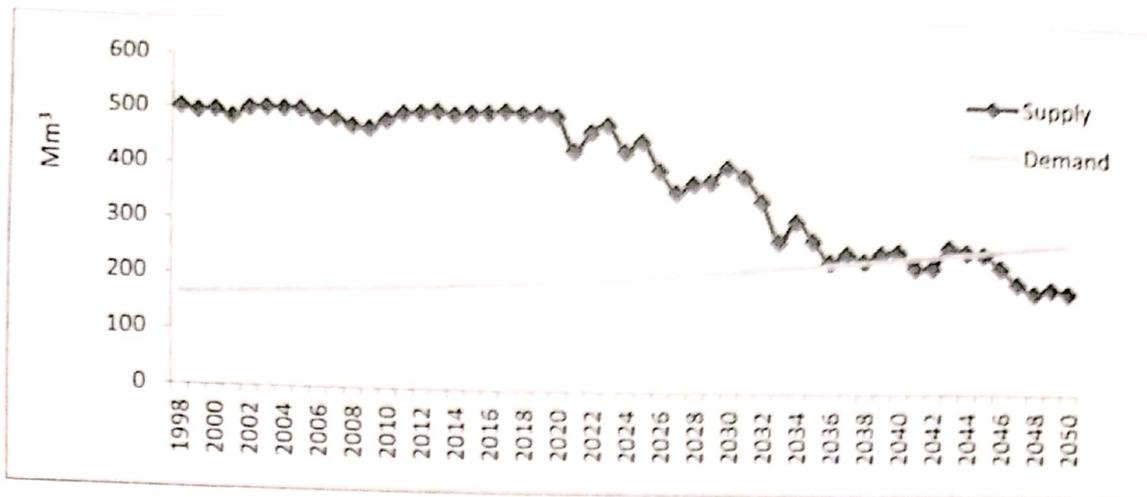


Fig2. Scénario optimiste RC4.5

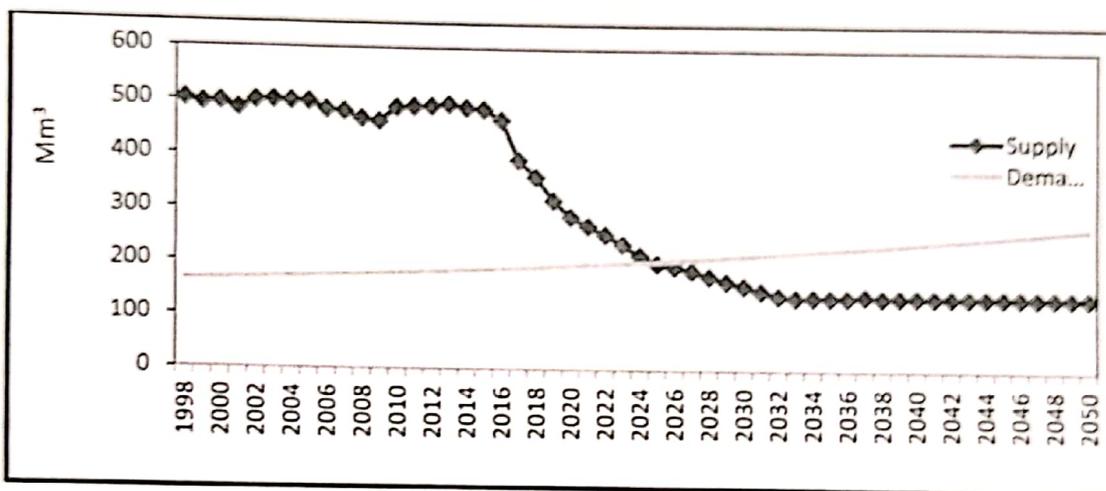


Fig3. Scénario pessimiste RC8.5

Ces outils d'aide à la décision peuvent être développés pour chacun des bassins Algériens dans le cadre d'une collaboration entre les Agence Nationale de Gestion Intégrée des Ressources en eau et les laboratoires de recherche spécialisés.

3.2.3 Gestion des barrages

Dans le cadre du changement climatique que vit notre pays et l'accroissement de la demande en eau, une gestion rigoureuse des eaux de barrages devient une nécessité absolue. Cette gestion passe par le développement d'un outil d'aide à la décision dénommé Diagramme de Régulation Dynamique (DRD). Ce dernier permettra d'aider les gestionnaires à gérer les eaux de barrages au jour le jour par la simulation du comportement de la réserve mobilisée pour divers prélèvements possibles et apports probables. Il doit également permettre de définir les meilleures règles d'exploitation et de dégager l'impact qu'aura une

règle d'exploitation sur l'évolution future de la réserve du barrage et sur les décisions en matière des prélèvements pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation.

3.2.4 Assainissement et lutte contre les inondations

L'Algérie est périodiquement touchée par des inondations catastrophiques. Elle est exposée à des inondations graves et répétées. Les études sur les risques d'inondation nécessitent l'estimation de débits d'inondation extrêmes, correspondant à des périodes de retour de 5, 10, 50 et 100 ans en général. Ces inondations qui deviennent de plus en plus fréquentes et dangereuses nécessitent une étude générale de ce phénomène à travers le pays par le développement de modèles reflétant les spécificités Algériennes représentées par le relief, la géologie et le climat. D'une manière générale, des modèles développés sous d'autres cieux sont utilisés par de nos bureaux d'études. Cette démarche a montré ces limites à travers les projets déjà réalisés et qui n'ont pas joué le rôle escompté.

Pour pallier à ce manque, une étude globale doit être menée pour développer des modèles propres à nos bassins. Aussi, les normes hydrologiques doivent être revues en concordance avec la nouvelle donne produite par les changements climatiques.

Les zones inondables doivent être cartographiées dans le cadre d'un programme global. Un projet couvrant une partie est en cours, mais il faut qu'il soit généralisé. Les villes du sud du pays sujettes à de fréquentes inondations catastrophiques doivent également faire l'objet d'un programme spécifique, car ces régions sont caractérisées par un climat complètement différent de celui du Nord.

Les normes hydrologiques doivent être revisitées pour tenir compte des changements climatiques. D'habitude, le dimensionnement des réseaux d'assainissement urbains se fait pour une période de retour de dix (10) ans. D'après plusieurs études menées de par le monde indique que cette période ne répond plus aux nouveaux mécanismes du régime pluviométriques donc, un travail sur cet aspect doit être engagé pour déterminer les nouvelles normes régionales.

Pour lutter contre les inondations urbaines, des bassins de rétention doivent être réalisés. Ces bassins peuvent jouer un double rôle : diminuer les inondations pluviales et servir comme ressources pour arroser les espaces verts ainsi que la recharge des nappes dans le cas où ces bassins favorisent les infiltrations.

- **Mettre en place un service étatique spécialisé dans l'entretien des cours d'eau et les bassins de rétention pour éviter les débordements et par conséquent les inondations**

3.2.5 Water Harvesting (La collecte de l'eau)

Les volumes d'eau de pluie collectés peuvent être stockés pour une utilisation directe ou recharger les nappes d'eau souterraines. Il s'agit donc, de capter la pluie d'une manière directe ou de capter le ruissellement dans les milieux rural ou urbain. Il serait judicieux de garder cette eau ramassée propre en interdisant les activités polluantes à l'amont.

La collecte de l'eau peut être réalisée de différentes manières :

- Capture des eaux de ruissellement des toits,
- Capture des eaux de ruissellement des bassins versants locaux,
- Capture des eaux de crues saisonnières des cours d'eau locaux.

Ces techniques peuvent servir les objectifs suivants :

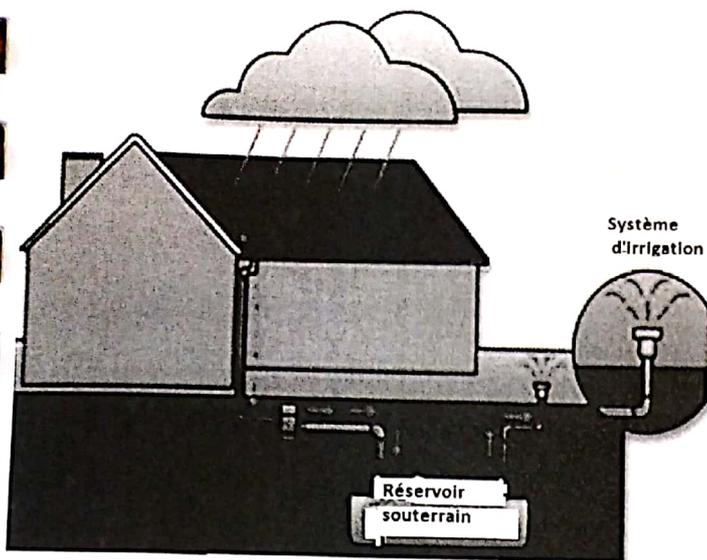
- Eau pour l'irrigation,
- Favoriser la recharge des nappes phréatiques,
- Réduire les rejets d'eaux pluviales, les inondations urbaines et la surcharge des stations d'épuration des eaux usées

La capture des eaux de ruissellement des toits peut être réalisée aux niveaux des:

- écoles,
- hôpitaux,
- crèches,
- administrations et maisons personnelles.

Le système de collecte est simple à installer et ne demande pas beaucoup d'investissement. Cette technique est largement utilisée dans le monde surtout dans les pays développés. Les eaux ainsi collectées sont stockées dans des bassins souterrains ou dans des caves. Ces eaux peuvent être utilisées dans le fonctionnement des sanitaires et l'arrosage des espaces verts ce qui va alléger et réduire l'utilisation des eaux destinées à l'AEP.

Un programme national peut être mis en place au niveau des groupements scolaires par exemple afin de tester la fiabilité de ce type de ramassage des eaux.



Collecte des eaux

(blog.mygov.in/water-conservation-rainwater-harvesting/)

Bassin de collecte eaux de pluies

www.facebook.com/manjunath.reddy)

Des bassins à fond perméable peuvent être utilisés pour la recharge des nappes d'eau souterraines. Ces bassins peuvent capter les eaux de ruissellements, la dérivation d'un cours d'eau ou bien le ramassage des eaux de ruissellement au niveau des autoroutes. Pour cette dernière possibilité, il existe des opportunités réelles pour réaliser des bassins d'infiltration, lorsque la géologie et la topographie sont favorables, le long de l'autoroute Est-Ouest. Les eaux ramassées peuvent être utilisées pour la recharge des nappes phréatiques et pourquoi pas en irrigation.

Pour la recharge des nappes d'eau souterraine, une partie des eaux usées traitées peut être utilisée pour réaliser cette technique.

Cette technique est largement utilisée pour faire reculer l'intrusion des eaux de mer suite à la baisse des niveaux piézométriques des nappes côtières. Cette baisse est due principalement à la surexploitation des eaux souterraines et à la recharge naturelle insuffisante par les eaux de pluies. Cette baisse de pluies est tributaire du phénomène du changement climatique qui va s'accroître selon l'ensemble des modèles climatiques.

L'Algérie est très retard dans ce domaine. Il existe deux sites pilotes seulement alors que cette technique a été utilisée à l'époque coloniale dans la région de Boufarik au piémont de l'Atlas Blidéen et dans la région de Biskra. Des travaux approfondis peuvent être réalisés par des laboratoires de recherches en collaboration avec les Agences et Offices sous tutelle du Ministère des Ressources en Eau.

Depuis les années 1960, la mise en œuvre de la recharge artificielle des nappes d'eau s'est accélérée à un taux de 5% par an, mais elle reste très loin pour remplacer les volumes des eaux souterraines exploitées. Actuellement, la recharge artificielle a atteint environ 10 km³/an, soit environ 2.4% de l'exploitation des eaux souterraines dans les pays qui utilisent la recharge artificielle. Ce type de recharge est susceptible de dépasser 10% de l'extraction mondiale, basée sur l'expérience où la recharge artificielle est plus développée, pour maintenir la quantité, la fiabilité et la qualité des approvisionnements en eau (Dillon et al., 2019). Ces chiffres montrent l'importance de cette technique dans les efforts consentis pour accroître les ressources en eau exploitables dans le monde.

Un programme national doit être entrepris pour exploiter l'ensemble des sites favorables afin de lutter contre la baisse drastique des niveaux des eaux souterraines due au changement climatique et à la surexploitation des eaux souterraines.

3.2.6 Réseaux d'alimentation en eau potable

Selon le Ministère des Ressources en eau, l'Algérie produit annuellement 3,6 milliards m³ d'eau potable distribués par un réseau de 127.000 km. Une bonne partie de ce réseau mérite d'être réhabilitée pour faire diminuer le taux de fuites qui est anormalement élevé (entre 30 et 40%). L'objectif du Ministère est de faire baisser ce taux à 20% à l'horizon 2030. Pour arriver au résultat escompté, il est nécessaire de:

- Réhabiliter les réseaux anciens qui sont responsables en grande partie des fuites.
- Pour limiter les fuites (objectif prioritaire), il faut faire participer les collectivités locales (APC) dans cet effort en coordination avec les structures responsables de la gestion de ces réseaux (ADE,)
- Mettre en place une gestion moderne du réseau en introduisant les nouvelles technologies dans la gestion de ce réseau. Cette approche sera capable de détecter les fuites et permettre des interventions plus rapides. Pour cela, un outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques doit être développé. Cet outil peut être utilisé également comme outil d'aide à la gestion du réseau d'eau potable. Pour arriver à réaliser cet objectif, il est indispensable de collaborer avec les laboratoires de recherche spécialisés pour développer ces outils en débutant par des villes pilotes avant la généralisation de ces techniques. Aussi, l'équipement du réseau par les équipements techniques modernes nécessaires.

3.2.7 Transfert des eaux du Nord du Sahara

Le transfert des eaux souterraines du Nord du Sahara vers les hauts plateaux peut constituer une piste très intéressante pour assurer un développement du secteur agricole et par conséquent un développement socio-économique de ces régions. Des études minutieuses sur l'adéquation de ces eaux en irrigation doivent être effectuées (qualité des eaux).

Conclusion

En conclusion, on peut dire que ce secteur demande d'énormes moyens humains et financiers pour réaliser l'ensemble des programmes pour atteindre les objectifs escomptés. Ce secteur est stratégique. Il est étroitement lié à la sécurité alimentaire du pays.

Il demande une gestion moderne avec l'utilisation des nouvelles technologies. La réussite dépend du degré de participation de l'université à travers ces laboratoires de recherches. Ces derniers doivent constituer le faire de lance pour arriver à résoudre les problèmes de l'eau en Algérie.

Aussi, le Ministère des Ressources en Eau doit créer ces propres laboratoires de recherche à l'instar du Ministère de l'Agriculture et du développement Rural en particulier et d'autres pays en général. Nous comptons faire une proposition dans les prochaines semaines.

Références bibliographiques

- 1 Agarwal, Anil & Angeles, Marian & Bhatia, Ramesh & Chéret, Ivan & Davila-Poblete, Sonia & Falkenmark, Malin & González-Villareal, Fernando & Jønh-Clausen, Torkil & Kadi, Mohammed & Kindler, Janusz & Rees, Judith & Roberts, Paul & Rogers, Peter & Solanes, Miguel & Wright, Albert. (2000). Integrated Water Resources Management. the Global Water Partnership SE -105 25 Stockholm, Sweden.
- 2 Gerba, C.P., Rose, J.B. (2003). International guidelines for water recycling: microbiological considerations. *Water Sci. Technol. Water Supply* 3 (4), 311–316.
- 3 Jacobeit J (2000). Recent climate change in the Mediterranean region. *Petermanns Geographische Mitteilungen* 144: 22–33.
- 4 Kahlerras M., M Meddi, M Benabdelmalek, S Toumi, D Kahlerras, I Nouri (2018). Modeling water supply and demand for effective water management allocation in Mazafran basin (north of Algeria). *Arabian Journal of Geosciences* 11 (18), 547
- 5 Mac Donald and Partners (1997). Etude de l'aménagement hydro-agricole de la plaine de la Mitidja, analyse économique et effets sur l'environnement, Atkins International Limited, BNEDEP, Algeria. 86 p.
- 6 Matari A (2016). Climat et changement climatique. *Journal Algérien des Régions Arides (jara)*, Numéro Special, 2016
- 7 Meddi M, Hubert P (2003). Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du nord-ouest de l'Algérie. *Hydrology of the Mediterranean and semiarid regions*. IAHS publication n° 278, pp 1-7.
- 8 OSS (2009). Vers un système d'alerte précoce à la sécheresse dans 3 pays de la rive sud de la Méditerranée. *Collection de Synthèse n°4*. OSS – Tunis 2009. 86 p. http://www.oss-online.org/cd_envi/doc/07/03/06.pdf
- 9 Pulido-Velazquez M, Ward F A (2016). Comparison of Water Management Institutions and Approaches in the United States and Europe-What Can We Learn From Each Other? *Competition for Water Resources: Experiences and Management Approaches in the US and Europe*. pp. 423-441

- 10 Taibi S., Messelmi I., Meddi M., Feddal M.A. ,2018. Recent rainfall variability and links with teleconnection patterns in the south-west Mediterranean region: case of N-Algeria. *Patterns and Mechanisms of Climate, Paleoclimate and Paleoenvironmental Changes from Low-Latitude Regions, Advances in Science, Technology & Innovation, Proceedings of the 1st Springer Conference of the Arabian Journal of Geosciences (CAJG-1), Tunisia*, p.111-114.2018 https://doi.org/10.1007/978-3-030-01599-2_26
- 11 World Bank (2017). *Beyond Scarcity: Water Security in the Middle East and North Africa. MENA Development Report*, Washington, DC: World Bank. Licence: CC BY 3.0 IGO <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/27659>
- 12 Xoplaki E, Luterbacher J, Patrikas J, Maheras P (2000). Les précipitations hivernales en Grèce et leurs relations avec la circulation atmosphérique au niveau de 500 hPa. *Climate. Res.* 14, 129-146.
- 13 Xoplaki E, Gonzalez-Rouco JF, Luterbacher J, Wanner H (2004). Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of large-scale dynamics and trends. *Clim. Dynamics* 23, 63-78. [doi 10.1007/s00382-004-0422-0](https://doi.org/10.1007/s00382-004-0422-0)
- 14 Zeroual A, AssaniAli A, Meddi M (2017). Combined analysis of temperature and rainfall variability as they relate to climate indices in northern Algeria over the 1972–2013 period. *hydrology research* 48 (2), 584-595. [doi: 10.2166/nh.2016.244](https://doi.org/10.2166/nh.2016.244)