

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUES
UNIVERSITÉ MOHAMED BOUDIAF - M'SILA



FACULTE: Technologie

DOMAINE : SCIENCE ET TECHNIQUE

DÉPARTEMENT:HYDRAULIQUE

FILIERE: HYDRAULIQUE

N°:.....

OPTION : RESSOURCES HYDRAULIQUES

**Mémoire présenté pour
l'obtention du diplôme de
Master Académique
Intitulé**

**Application du modèle WEAP pour l'élaboration d'un outil de gestion des
ressources en eau du barrage Fontaine des Gazelles**

Réalisé par:

- BELABBAS DJAMILA

- FAID ISLAM EDDN

Dirigé et encadré par:

- Dr .BERGHOUT Ali

Année universitaire: 2022/2023

Résumé

Notre travail, nous avons essayé d'élaborer l'étude prospective de l'offre et de la demande en eau à partir le barrage Fontaine des Gazelles situé sur Oued El_Hai. Ce dernier, est situé dans le Nord-Ouest de la wilaya de Biskra, caractérisé par climat aride avec des apports moyens interannuels d'oued El_Hai de 22 Hm³ et une capacité de 55 Hm³. Néanmoins, la situation hydrique dans cette région est face à des contraintes liées à la croissance démographique et aux changements climatiques.

Cette étude est basée sur la confrontation Offre/Demande en eau future à l'aide du modèle WEAP (Water Evaluation and Planning System), à l'horizon de planification à long terme (2050) en prenant en compte la possibilité d'alimenter la ville d'El_Outaya en eau potable à partir du barrage et d'assurer l'irrigation du périmètre d'El_Outaya (actuellement le barrage est destiné uniquement à l'irrigation).

Mots Clés :

Gestion intégrée des ressources en eau, bassin d'Oued El_Hai, Barrage Fontaine des Gazelles, gestion de la demande, Offre, demande, modélisation, modèle WEAP.

Summary

Our work, we tried to develop the prospective study of water supply and demand from the Fontaine des Gazelles dam located on Oued El_Hai. The latter is located in the northwest of the wilaya of Biskra, characterized by an arid climate with average interannual contributions from wadi El_Hai of 22 Hm³ and a capacity of 55 Hm³. However, the water situation in this region faces constraints linked to population growth and climate change.

This study is based on the Future Water Supply/Demand confrontation using the WEAP (Water Evaluation and Planning System) model, over the long-term planning horizon (2050) taking into account the possibility of supplying the town of El_Outaya with drinking water from the dam and to ensure irrigation of the perimeter of El_Outaya (currently the dam is intended only for irrigation).

ملخص

في عملنا، حاولنا تطوير الدراسة المستقبلية لإمدادات المياه والطلب عليها من سد نافورة الغزلان الواقع على وادي الحي. وتقع الأخيرة في الشمال الغربي من ولاية بسكرة، وتتميز بمناخ جاف بمتوسط مساهمات سنوية من وادي الحي تبلغ 22 هم³ وسعة 55 هم³. ومع ذلك، يواجه الوضع المائي في هذه المنطقة قيودًا مرتبطة بالنمو السكاني وتغير المناخ.

نظام تقييم وتخطيط (WEAP) تعتمد هذه الدراسة على المواجهة المستقبلية بين العرض والطلب على المياه باستخدام نموذج المياه)، على أفق التخطيط طويل المدى (2050) مع الأخذ في الاعتبار إمكانية تزويد مدينة الأوتية بمياه الشرب من السد (ولضمان ري محيط الأوتية (حاليا السد مخصص للري فقط).

Remerciements

Je remercie Allah le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Je remercie mon promoteur Mr. BERGHOUT Ali pour tout le soutien, l'aide, l'orientation, la guidance qu'elle m'a apporté lors de la réalisation de mon mémoire .Je remercie mes parents et tout les membres de ma famille pour le soutien inconditionnel

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l' intérêt qu' ils ont porté à cette recherche en acceptant d' examiner ce travail et de l' enrichir par leurs remarques et critiques constructives .

Je n' oublie pas aussi mes amis (es) pour leur soutien et leurs différents conseils qui m' ont encouragé parfaitement pour atteindre mes objectifs .

A tous Merci

LISTE DE FIGURE:

FigureI.1: Processus de prise de décision au sein du système Mulino-Dss (MysiakJ. EtAl,2002).	13
FigureI.2:Exemple de vue schématique du Dss (ProgeaS, 2003).	15
Fig N° II-1 : Situation géographique du bassin versant de Oued El-Hai.Source : les carte topographique qui couvre la région (1/200 000)	25
Figure II -2:Température moyennes, maximales, minimales de Biskra (2010-2019).....	26
Figure II -3:Température moyennes, maximales, minimales de Biskra (2010-2019).	27
Figure II.4: Moyennes mensuelles de vitesse du vent de Biskra (2010-2019).	28
Figure II.5: Moyennes mensuelles de l'humidité relative de Biskra (2010-2019).....	29
Figure II -6. Diagramme Ombrothermique de Biskra (20102019).....	30
Figures N°7 : II-2, II-3 et II-4 : Cartes de localisation du bassin versant Chott Melghigh et d'Oued El-Hai (ANRH;1992).....	31
Figure (II -8) . Localisation et situation de la zone étudiée.	32
Figure (II -9). Carte Structurale. [8].....	36
Figure (II -10) Coupe tectonique du bassin au niveau d'El Kantara. [9].....	37
Fig n°II.11 : Le profil type du barrage (ANBT, 2004).....	41
Fig n° II.12 : L'évacuateur de crue (ANBT, 2004).....	43
Fig n° II.13 : Tunnel de la vidange de fond.....	43
Fig n° II.14 : La tour de prise d'eau.....	44

Figure III. 1 : Schéma fonctionnel du logiciel WEAP.....	48
Figure III. 2 : Carte du monde et choix de la zone d'étude dans le WEAP.....	49
Figure III. 3 : Création de nouveau projet dans le WEAP.....	50
Figure III. 4 : Paramétrage des années et pas du temps.....	51
Figure III. 5 : Carte du bassin du de la Tafna avec le système étudié sous le WEAP.....	52
Figure III. 6 : Evolution du nombre d'habitant pour le site de demande de la ville d'El-Outaya scenario de référence (2020-2050).....	53
Figure III. 7 : L'évolution des aires irriguées -scenario de référence (2022-2050).....	54
Figure III. 8 : Variation mensuelle de la consommation (AEP).....	55
Figure III. 9 : Variation mensuelle de la consommation (Irrigation).....	57
Figure III. 10 : Evolution de la demande en eau annuelle du site de demande ville d'El-Outaya (AEP) dans le scenario de référence (2020-2050).....	58
Figure III. 11 : Evolution de la demande en eau annuelle du site de demande du périmètre El-Outaya (Irrigation) dans le scenario de référence (2020-2050).....	59
Figure III. 12 : Evolution de la demande en eau annuelle globale des sites de demande dans le scenario de référence (2020-2050).....	60
Figure III. 13 : Demande non satisfaite scenario de référence (2020-2050).....	
Figure III. 14 : La demande en eau dans le scénario Amélioration de l'activité agricole et celui de référence.....	61

LISTE DE TABLEAU

Tableau II.1: Les valeurs de température mensuelles (minimale, maximale et moyenne) dans la période (2010-2019).....	26
Tableau II.2: Les moyennes de précipitation de Biskra (2010-2019).....	27
Tableau II.3: Moyennes mensuelles de vitesse de vent de Biskra (2010-2019).....	28
Tableau II.4: Moyenne mensuelle de l'humidité relative de Biskra (2010-2019).	29
Tableau N°II. 5 : Apports liquides et solides du bassin versant Oued El-Hai.....	39
Tableau N°III. 01 : Population du siège de la commune d'El_Outaya entre 2020 et 2050.....	53
Tableau III. 2 : Répartition des Besoins en eau potable.....	54
Tableau III. 3 : Répartition des Besoins en irrigation.....	56

Sommaire

Remerciement

Résumé

Listes des Figures

Liste des Tableaux

Introduction Générale10

Chapitre I : La modélisation de la gestion des ressources en eau :.....12

Introduction.....13

I.1 MULINO.....13

I.2.DSS pour la planification des ressources en eau basée sur l'équilibre environnemental.....14

I.2.1.Description.....15

I.2.2.Structure du modèle DSS.....16

I.3.Le système d'évaluation et de planification des ressources en eau (WEAP).....17

I.3.1.Description du logiciel.....17

I.3.2. Développement de WEAP.....18

I.3.3. L'approche de WEAP.....18

I.3.4. Structure du programme.....20

I.3.5. Variables utiles pour la modélisation d'une retenue.....23

Conclusion.....23

Chapitre II : Présentation du Milieu de l'étude:24

II .1.1 Introduction25

II.1.2 Situation géographique.....	25
II .1.3 Hydro climatologie.....	26
II .1.3.1 Climat.....	26
II .1.3.2 Température.....	26
II .1.3.3 Précipitations.....	28
II.1.3.4 Vent : Selon la (Figure I. 3), la vitesse maximale du vent estgis..	29
II .1.3.5 Humidité de l'air.....	29
II.1.3.6 Diagramme Ombrothermique.....	30
II.1.4 CARACTÉRISTIQUES GÉOGRAPHIQUES DU BASSINVERSANT ..	31
II.1.4-1 Caractéristiques de forme.....	31
II.1.4-2 Les grands ensembles physiques.....	33
II.1.4-2-1 Les montagnes.....	33
II.1.4-2-2 Les piedmonts.....	34
II.1.4-2-3 Les plaines.....	34
II.1.5 La structure du bassin.....	34
II.1.5-1 Stratigraphie et aperçu lithologique global.....	34
II.1.6 Les caractéristiques lithologiques et la perméabilité des roches des sous bassins versants.....	38
II.1.7 Le couvert végétal.....	39
II.1.8 Les apports liquides et solides du bassin versant	39
II.2- Barrage de Fontaine des Gazelles.....	41

II.2.1 Situation géographique du Barrage de fontaine des gazelles.....	41
II.2.2. Caractéristique de l'aménagement	41
II.2.2.1. Caractéristiques de la retenue	41
II.2.2.2. Caractéristiques de la digue.....	41
II.2.2.3. Caractéristiques hydrologiques (ANBT, 2004).....	43
Conclusion :.....	46

Chapitre III : Application du modèle WEAP dans le bar-rage Fontaine des Gazzelles.....47

III.1 Introduction.....	48
III.2. Schéma fonctionnel du logiciel WEAP.....	49
III.3 Collecte des données.....	50
III.4 Configuration du modèle WEAP	50
III.4.1 Cartographie de la zone d'étude.....	50
III.4.2 Réglage des paramètres généraux.....	51
III.5 Création des sites de demande	53
III.5.1 Offre domestiques.....	53
III.5.2 Offre agricole.....	54
III.5.3 Variation mensuelle de la consommation de l'eau.....	55
III.6 Priorités d'approvisionnement.....	58
III.7 Création et analyse du scénario.....	58
III.8 Les résultats	58

III.8.1 La demande en eau.....	58
III.8.2 La demande non satisfaite.....	60
III.8.3 Analyse du scénario.....	61
Conclusion.....	62
Conclusion générale.....	63

Introduction générale

L'approche de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) a été établie par la communauté internationale lors des conférences sur la question de l'eau et de l'environnement qui se sont tenues à Dublin et Rio de Janeiro en 1992. Depuis ces conférences, la GIRE a ouvert la voie à de nombreuses Méthodes qui s'adaptent aux problèmes posés. Dans ce travail, nous avons opté pour l'utilisation de WEAP pour établir un modèle de gestion des ressources en eau à partir du barrage Fontaine des Gazelles à l'horizon de planification à long terme (2050) en prenant en compte l'alimentation de la ville d'El_wtaya en eau potable et l'irrigation du périmètre d'El_wtaya. Ce modèle prend en compte de nombreux paramètres qui permettent d'obtenir un maximum d'informations en termes de résultat nécessaires pour une gestion efficace. La région d'étude se caractérise par une faible pluviométrie, le barrage Fontaine de Gazelles destiné actuellement à l'irrigation du périmètre d'El-wtaya situé en aval du bassin versant d'Oued El-Hai qui reçoit une précipitation annuelle moyenne de 150 mm.

A cet effet, dans cette étude, nous essayons d'assurer l'alimentation en eau de la ville El_wtaya à partir du barrage plus la satisfaction des besoins agricoles déjà assurée.

Ces tâches passent par une planification de l'exploitation de l'eau qui doit se faire par l'implication des gestionnaires du barrage.

Dans ce sens, notre travail est une contribution à la création d'un outil de planification de l'exploitation de l'eau du barrage Fontaine des Gazelles (AEP et Irrigation) en utilisant WEAP. Nous diviserons notre travail en trois chapitres :

Le premier chapitre sera consacré à une recherche bibliographique sur la modélisation de la gestion des ressources en eau.

Le second chapitre donnera un aperçu sur le bassin versant de OUAD Al-Hai et le barrage Fontaine des Gazelles.

Le troisième chapitre sera consacré à Application du modèle WEAP pour le cas du Barrage de fontaine des gazelles en tenant compte de l'alimentation en eau potable et à l'irrigation.

Enfin, le mémoire se terminera par une conclusion générale.

Chapitre I

La modélisation de la gestion des ressources en
eau

Introduction

La modélisation dans la gestion des ressources en eau s'intéresse à la représentation des variations spatiales et temporelles des flux d'eaux à l'échelle du bassin versant à l'aide des bilans. C'est une discipline difficile face à la complexité du système d'eau dans sa gestion primitive, même à l'échelle d'une unité hydrologique réduite. En plus, la ressource en eau est limitée et distribuée inégalement dans l'espace et dans le temps et qu'elle interagit avec tout son environnement (Hamla tA.E.K.,2014). Il faut ajouter à cela, le problème de la demande de la ressource en eau qui est accroit sans cesse, et la vulnérabilité de cette ressource vis-à-vis la pollution et le gaspillage.

La modélisation ou bien les outils numériques d'aide à la décision ce sont les outils et méthodes grâce auxquels les décideurs sont en mesure de choisir, de manière rationnelle et avisée, entre différentes actions envisageables. Ces choix doivent être fondés sur des politiques reconnues, sur les ressources disponibles, l'impact sur l'environnement et les conséquences sociales et économiques (TAC, 2012).

Plusieurs Système d'aide à la décision pour la gestion des ressources en eau acuellement sont disponibles, on citera :

1.1 MULINO

L'acronyme MULINO signifie «Système d'aide à la décision multisectoriel, intégré et opérationnel pour l'utilisation durable des ressources en eau à l'échelle du bassin». C'est l'objectif principal du "projet Mulino", financé dans le cadre du cinquième programme-cadre européen pour la recherche et le développement et la démonstration technologiques. Le projet a débuté en janvier 2001 et a une durée de trois ans. Jusqu'au 2003, le premier des trois projets intermédiaires prévus des versions de l'outil ont été présentées et la seconde est en cours de développement (Progea S, 2003), elle incorpore une interface avec les modèles hydrologiques complexes externes qui sont couplés de manière lâche avec le système DSS (DecisionSupport Systems) (Giupponi C et al, 2004).Le consortium Mulino est composé de spécialistes de la modélisation hydrologique, du développement de logiciels, de l'économie, de la géographie, de la sociologie, de l'agronomie et des SIG issus de divers pays

Ce DSS intègre des techniques de modélisation sociale, économique et environnementale aux capacités SIG, une base de données géo-référencée et une approche multicritère des résultats de la simulation. De plus, la structure de base de l'outil est basée sur le pilote Cadre pression-

état- impact- réponse proposé et utilisé par l'Agence Européenne pour l'Environnement (Progea S, 2003) Le système a été conçu comme un outil opérationnel visant à accompagner et guider les décideurs tout au long du processus de décision, de la conception du problème au choix de la meilleure politique pour le résoudre. En tant qu'expression de cette philosophie, une série d'étapes de décision a été proposée dans le Mulino.

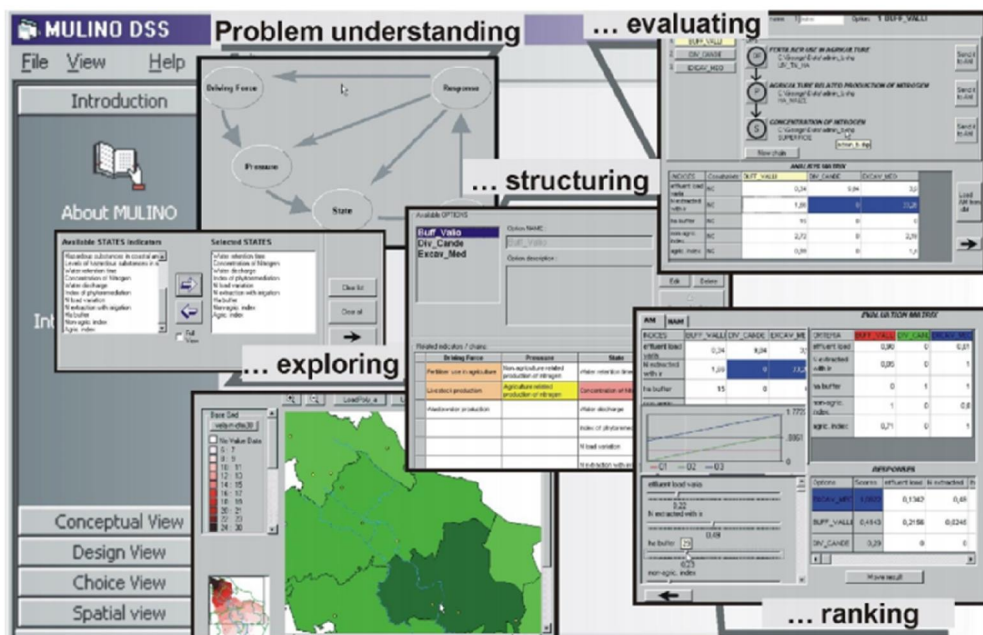


Figure I.1: Processus de prise de décision au sein du système Mulino-Dss (Mysiak J. Et Al, 2002).

Ce DSS, lui-même, est défini au niveau de l'interface utilisateur par les trois vues conceptuelle, conception et choix (Progea S., 2003) :

- Dans la vue conceptuelle, le décideur est directement impliqué; il lui est demandé de définir le problème des ressources en eau et de choisir les critères décisionnels qui seront utilisés pour mesurer et évaluer le statut du bassin hydrographique et l'efficacité des actions conceptualisées pour l'améliorer ;
- Dans la vue Conception, le rôle du technicien est prépondérant en ce qu'il doit mettre en œuvre le problème formulé par le décideur et trouver les solutions pratiques qui constitueront l'ensemble des options possibles à étudier.
- Dans la vue Choix, le décideur conjointement avec le technicien attribue des pondérations aux options afin de sélectionner celle préférée.

I.2.DSS pour la planification des ressources en eau basée sur l'équilibre environnemental

I.2.1.Description

En début des années 2000, un projet «Système d'aide à la décision pour la planification des ressources en eau basé sur l'équilibre environnemental» financé par la coopération italienne, a vu le jour et vise à développer une approche méthodologique de la planification durable des ressources en eau. Le projet a débuté au début de 1998 avec une phase initiale d'un an, tandis que la mise en œuvre phase du projet a pris fin en août 2001 (Progea S, 2003).

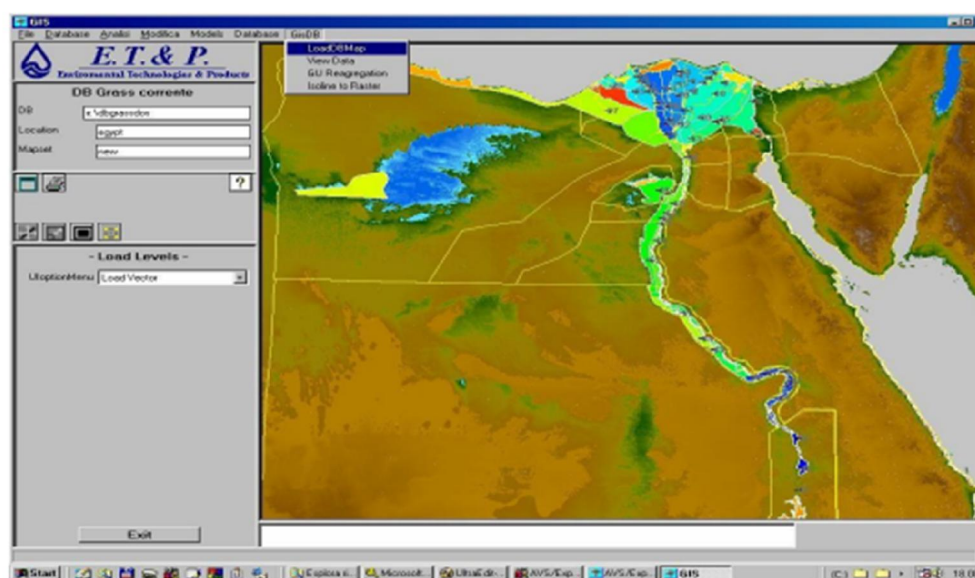


Figure I.2:Exemple de vue schématique du Dss (ProgeaS, 2003).

Le projet constitue une amélioration notable par rapport au nombre très limité de systèmes de gestion des ressources en eau précédents. Le projet est développé autour de cinq fonctions de base (ProgeaS,2003): la description du système d'eau, y compris le circuit hydraulique et les caractéristiques environnementales à travers un certain nombre d'indicateurs. l'évaluation de l'état du système en termes de sources, d'utilisation, de cycles de l'eau (chemins), de qualité de l'environnement (eau, sol, faune, flore,... Différence entre les cycles d'eau naturels et artificiels,...) la prévision de l'évolution du système hydrique et de l'environnement sur la base de scénarios supposés ou envisagés, alternatives techniques et politiques de gestion (actions décrites en termes de variables de décision) ; l'évaluation des effets des actions, en observant les résultats sur la prévision système sur la base des différents scénarios, alterna-

tives et politiques. la prise en compte des contraintes légales locales, nationales ou internationales et directives à cartographier et liées aux domaines géographique et administratif limites.

I.2.2. Structure du modèle DSS

Le lien entre la fonction d'évaluation, de prévision et d'évaluation doit être réalisé grâce à l'intégration de plusieurs modules de traitement de données et de mathématiques. Par conséquent, une architecture ouverte et conviviale a été étudiée et adoptée pour intégrer des modèles mathématiques de différents niveaux d'agrégation et de complexité. Les modèles sont activés par l'utilisateur via l'interface graphique, qui interagit avec l'unité de coordination logique et de planification (en anglais l'Unité de coordination logique et de planification LCSU). À l'aide d'un ensemble de préprocesseurs (filtres), la LCSU est en mesure de préparer les entrées des modèles en collectant les données de base de données, en prenant avantage du géo-référencement basé sur le SIG. La même architecture est utilisée à l'envers pour stocker et visualiser les résultats. Le stockage dans la base de données est effectué à l'aide de filtres de post-traitement, tandis que l'interface graphique aide l'utilisateur à sélectionner, visualiser et comparer les résultats. Enfin, la structure ouverte du système permet également l'utilisation de données externes et de résultats de modèles externes (Progea S, 2003).

I.3. Le système d'évaluation et de planification des ressources en eau (WEAP)

Au cours des dernières décennies, une approche intégrée du développement de l'eau a vu le jour avec une vision globale tenant compte de la demande, la qualité et de préservation écosystèmes. Sur la base de cette approche, un modèle appelé WEAP (Water Evaluation and Planning System) intégrant ces valeurs dans une démarche de gestion intégrée a été développé (Droogers P et al, 2011)

I.3.1. Description du logiciel

Le logiciel WEAP est basé sur une représentation du système hydraulique sous forme de réseau où les différents sites représentent des nœuds, ceux-ci étant reliés par des liaisons de transmissions ou des liaisons de retour (Bouklia- HassaneR, 2011). Le WEAP a été mis au point par le Stockholm Environment Institute (SEI) par les chercheurs : Jack Seiber, Modélisateur de systèmes hydriques; Chris Swartz, associé de recherche et Annette Huber - Lee, directrice du programme des ressources en eau du SEI (Rakotondrabe F, 2007). Ce modèle permet l'évaluation de la planification et de la gestion questions liées au développement des

ressources en eau pour microordinateurs. Il fournit une structure compréhensive, flexible et d'utilisation facile pour les analyses des politiques (Arranz R, 2006) et (Tutorial, 2008). Il se base sur une approche cohérente à l'échelle du bassin (Aichouri I, 2016). WEAP peut être appliqué à la fois aux systèmes municipaux et agricoles et peut traiter un large éventail de questions, notamment: analyses de la demande sectorielle, conservation de l'eau, droits sur les ressources en eau et priorités en matière d'allocation, simulation du débit, exploitation du réservoir, exigences de l'écosystème et coût du projet (Arranz R, 2006). Un nombre croissant de professionnels de l'eau ont trouvé WEAP comme étant un ajout utile à leur boîte à outil de modèles, bases de données, feuilles de calculs et autres logiciels. Le WEAP est déjà utilisé dans divers pays, des quatre coins de la planète (Tutorial, 2008).

I.3.2. Développement de WEAP

L'Institut de l'Environnement de Stockholm (Stockholm Environment Institute: SEI) a fourni le support fondamental pour le développement de WEAP. Le "Hydrologic Engineering Center of the US Army Corps of Engineers" a financé des améliorations significatives. Des agences, incluant la Banque Mondiale, USAID et le «Global Infrastructure Fund of Japan» ont fournies des projets supports. WEAP a été appliqué pour l'évaluation de l'eau dans des douzaines de pays incluant les Etats Unis, Brazil, Mexique, Allemagne, Ghana, Burkina Faso, Kenya, Afrique du Sud, Mozambique, Egypte, Oman, Central Asia, Sri Lanka, Inde, Népal, Chine, Koré du Sud et Thaïlande.

I.3.3. L'approche de WEAP

Opérant avec les principes de base de la balance d'eau, WEAP est applicable aux systèmes municipaux et agricoles, à des zones de planification uniques ou pour des systèmes complexes de rivières à limites étendues. De plus, WEAP peut traiter une large gamme de questions; analyses sectorielles de la demande, préservation de l'eau, droit à l'eau et priorités d'allocation, simulation des eaux souterraines et de surface, gestion des retenues, production d'énergie hydraulique, suivi des pollutions, exigences des écosystèmes, mesures de vulnérabilité et les analyses de bénéfice coût des projets.

L'analyste représente le système en terme de ses diverses sources de fourniture d'eau (rivières, cours d'eau, eau souterraine, barrages et stations de dessalement); les retraits, les transferts et les possibilités de traitement des eaux usées; les exigences des écosystèmes; les demandes en eau et la génération de pollution. La structure des données et le niveau de détail

peuvent être facilement personnalisés pour atteindre les exigences d'une analyse particulière et pour refléter les limites imposées par des données restreintes.

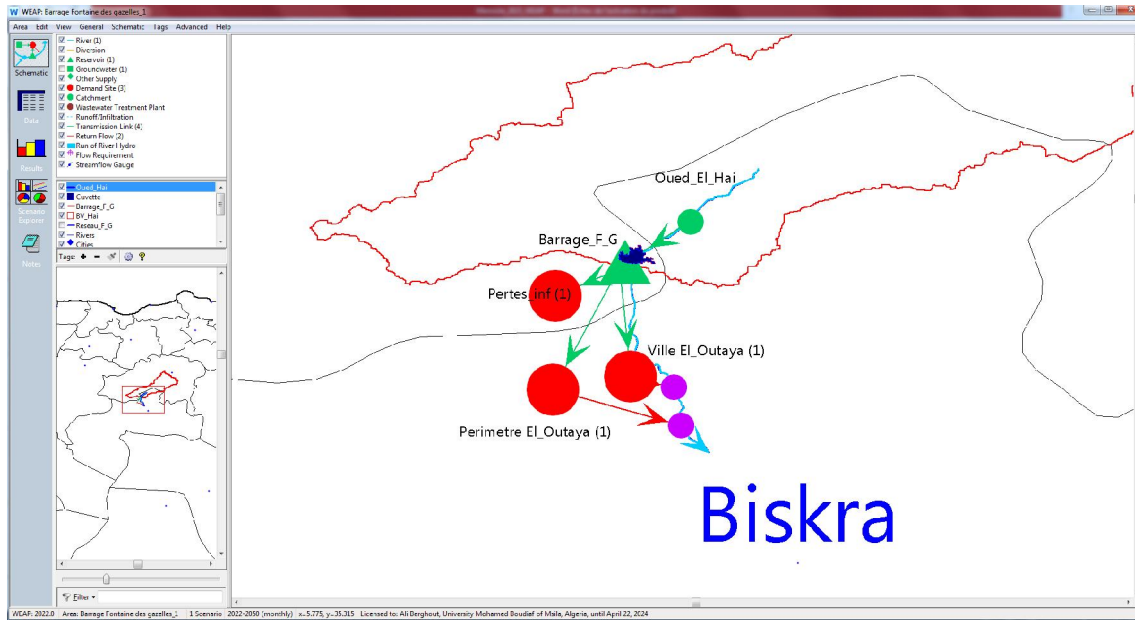
Les applications de WEAP incluent généralement plusieurs étapes. La définition de l'étude qui identifie la période de simulation, les limites spatiales, les composantes du système et la configuration du problème. L'Etat actuel, qui peut être considéré comme une étape de calage dans l'élaboration d'une application, fournit une vue instantanée de la demande en eau actuelle, de la charge de pollution, des ressources et des fournitures pour le système. Les hypothèses de base doivent être construites dans cet Etat Actuel pour représenter les politiques, les coûts et les facteurs qui affectent la demande, la pollution, la fourniture et l'hydrologie. Les Scénarios sont construits sur la base de l'Etat Actuel. Ils permettent d'explorer les impacts d'hypothèses alternatives ou des politiques sur la disponibilité et l'usage de l'eau dans le futur. Finalement les scénarios sont évalués à l'égard de la suffisance de l'eau, des coûts et des bénéfices, de la compatibilité avec les objectifs environnementaux et à l'égard de la sensibilité à l'incertitude dans l'estimation des variables clés.

I.3.4. Structure du programme

WEAP consiste en cinq vues principales: Schéma, Données, Résultats, Schémas Synoptiques et notes. Ces cinq vues sont présentées ci –après.

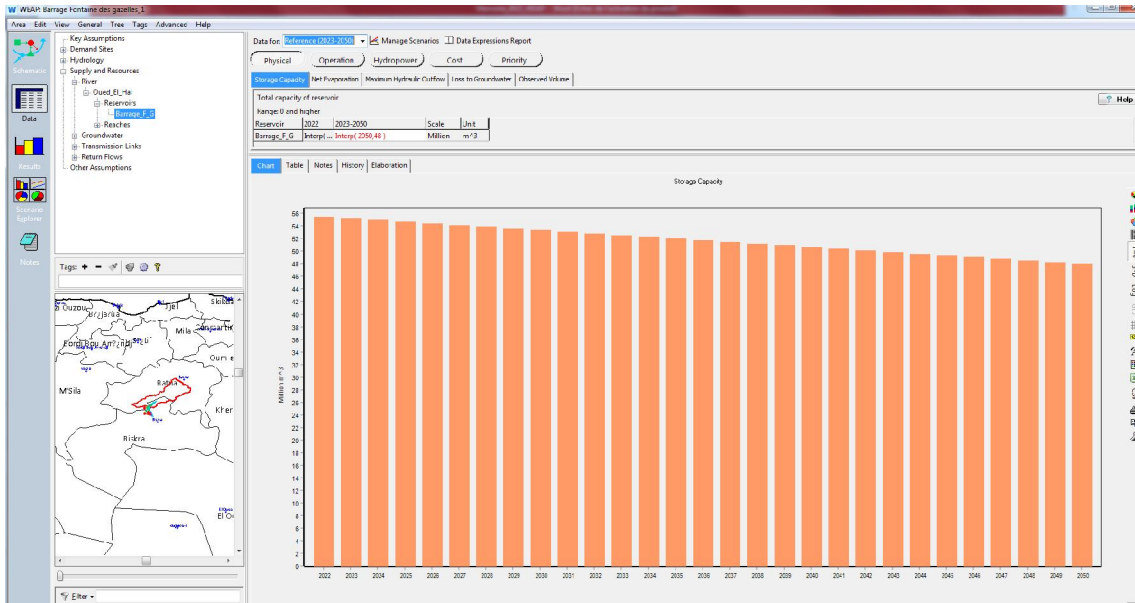
Schéma :

Cette vue contient des outils basés sur les systèmes d'information géographique (SIG) pour une configuration facile de votre système. Les objets (tels que les nœuds de demande, les retenues) peuvent être créés et placés dans le système par des opérations de sélection, glisser et coller d'articles à partir d'un menu. Des fichiers image (raster) ou vecteur obtenus par Arc Vie w ou d'autres outils SIG standard peuvent être ajoutés au schéma comme arrière-plan. Vous pouvez accéder rapidement aux données et aux résultats de n'importe quel nœud en cliquant sur l'objet de votre intérêt.



Données :

La vue des données vous permet de créer des variables et des relations, entrer des hypothèses et des projections utilisant des expressions mathématiques et des relations dynamiques avec Excel.



Résultats :

La vue des résultats permet un affichage détaillé et flexible des sorties du modèle dans des graphiques et des tableaux et dans le schéma.

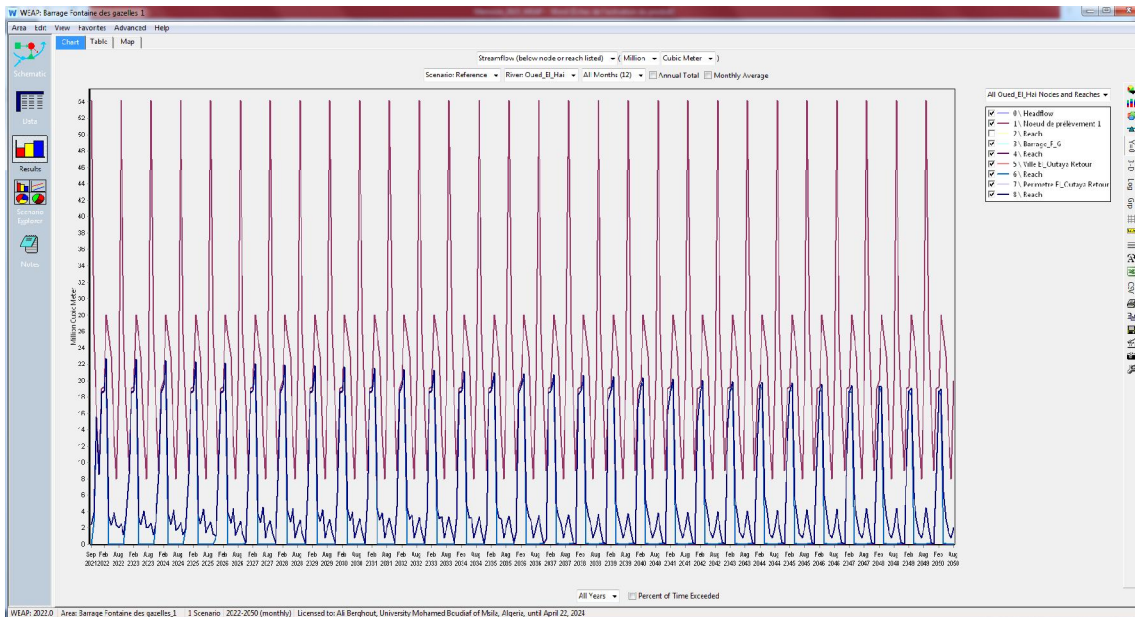


Schéma synoptique :

Vous pouvez mettre en relief les indicateurs clefs dans votre système pour une vision rapide.



I.3.5. Variables utiles pour la modélisation d'une retenue

Les variables utiles pour la modélisation d'une retenue dépendent souvent de l'utilité de cette retenue (barrage hydraulique, barrage hydro-agricole,...), du problème rencontré au niveau du réservoir et surtout de l'outil du modèle (QdF, WEAP...). Dans le cadre de notre étude, notre retenue est à vocation hydro-agricole. Elle a un problème de sédimentation. Nous avons choisi d'utiliser l'outil WEAP pour prédire l'eau disponible dans ce réservoir à plusieurs échéances. Dans cet outil, des variables sont déjà définies automatiquement dans le logiciel au niveau de sites de demande (l'irrigation et l'abreuvement) et d'approvisionnement (la retenue). Ces variables forment les données nécessaires pour la modélisation. Au niveau de la retenue, nous avons besoin de connaître : sa capacité de stockage, son stockage initial, sa courbe élévation-volume, l'évaporation nette, la perte vers la nappe, le volume observé, le débit entrant et les différentes zones d'une retenue définies par défaut dans WEAP. Au niveau des sites de demandes, les variables suivantes sont exigées : le niveau d'activité annuelle, la consommation d'eau annuelle et mensuelle, le volume d'eau réellement consommée appelé consommation dans WEAP. Le taux d'évolution annuel de chaque variable est aussi nécessaire.

Conclusion :

Les décideurs et les scientifiques et centres de recherche sont de plus intéressés par les outils numériques comme outils de prise de décision dans la gestion des ressources en eau. Cet essor est lié à la transition d'une gestion traditionnelle axée sur l'intervention vers une gestion intégrée des ressources axée sur le développement durable des ressources

La gestion des ressources en eau implique le développement, le contrôle, la protection, la régulation et l'utilisation efficiente des ressources en eau.

Chapitre II :
Présentation du Milieu de l'étude:

II.1.1 Introduction :

Ce chapitre constitue un rapport sur la situation du barrage de Fontaine des Gazelles, et de donner le détail du barrage sur la base des informations collectées au près de service du barrage.

II.1.2 Situation géographique

Le bassin versant de Oued EL-Hai, appartient au grand bassin du Chott Melrhir. Ce bassin s'étale sur une superficie de 1660 km². Il est limité au Nord par la daïra de Batna, celle de Merouana, au Sud par la Wilaya de Biskra, à l'Ouest par la daïra de N'Gaous et les de Merouana, au Sud par la Wilaya de Biskra, à l'Ouest par la daïra de N'Gaous et les Tamarins et Barika, à l'Est par Tazoult, Arris et Menaâ. Il prend naissance dans les monts de Batna ; Chaaba et Ain Touta et a pour affluents principaux : Oued Tilatou, Oued Fadhala qui convergent pour former Oued El Hai. (Fig N°II-1)

En fin se jette dans la plaine de loutayaa travers un réseau hydrographique forme essentiellement par Oued El-Hai et alimentant le barrage des fontaines des Gazelles.

La limite de la zone d'étude par rapport aux coordonnées géographiques est donnée suivant la carte topographique de Batna et Barika à l'échelle, 1/200.000 :

Latitude : 35° 5 53 et 35° 35' 21 NORD

Longitude : 5° 30' et 6° 17' 36 EST

Sur le plan administratif ; il s'étale sur deux wilayas ; celle de Batna avec une superficie de 1314 km² et celle de Biskra de l'ordre 346 km², où la superficie totale est environ de 1660 km².

CARTE TOPOGRAPHIQUE DE BASSIN VERSANT D'OUED EL-HAI



Fig N° II-1 : Situation géographique du bassin versant de Oued El-Hai.

Source : les carte topographique qui couvre la région (1/200 000)

II .1.3 Hydroclimatologie

II .1.3.1 Climat

Le climat est un élément principal pour toute étude sur l'environnement. Les données climatiques de région de Biskra durant la période (2010-2019) sont obtenues à partir de site web: www.tutiempo.net.

II .1.3.2 Temperature:

La température est l'élément du climat le plus important étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent. La grande majorité des êtres vivants ne peut subsister que dans un intervalle de températures comprises entre 0 et 50 C°, les exceptions se rencontrant sur tout dans le milieu aquatique.(DAJOZ,2006). Les valeurs de température mensuelle (minimale maximale et moyenne) dans notre région pendant la période 2010 -2019 sont enregistré dans le Tableau I.1.

Tableau II.1: Les valeurs de température mensuelles (minimale, maximale et moyenne) dans la période (2010-2019).

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
M(C°)	18.02	19.1	23.11	28.13	29.42	37.77	41.33	40.12	35.39	29.64	22.59	16.8
m(C°)	7.14	7.93	11.50	15.60	19.56	24.66	28.37	27.69	21.49	18.33	12.10	7.16
T (C°)	12.58	13.51	17.3	21.86	24.49	31.21	34.85	33.90	28.44	23.98	17.34	11.99

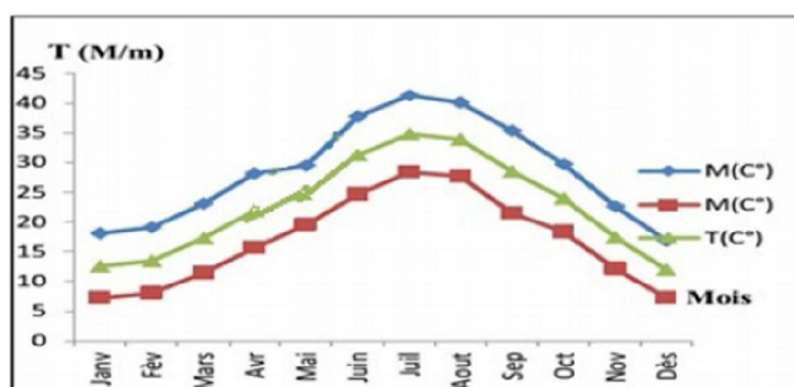


Figure II -2:Température moyennes, maximales, minimales de Biskra (2010-2019).

A partir de ces données des températures minima et maxima dans le tableau 7 on observe que les mois les plus chauds sont Juin, Juillet, Aout et Septembre et avec des moyennes des températures mensuelles : 37.77, 41.33, 40.12 et 35,39, cependant le mois le plus froid est Janvier avec un moyenne de température mensuelle égale à: 7.14 C° sur la période d'observation (2010-2019), (Figure II -2).

II .1.3.3 Précipitations:

Le terme «précipitations» englobe toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, que ce soit sous forme liquide (pluie) ou sous forme solide (neige, grêle) (Dajoz, 2006).Avec une série d'observation relativement longue, relevée sur la station de Biskra (2010-2019). Tableau I.2 est marquée les moyennes de précipitation de Biskra (2010-2019).

Tableau II.2: Les moyennes de précipitation de Biskra (2010-2019).

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avar.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Somme
P(mm)	10.108	5.182	15.873	19.862	13.487	7.549	0.534	2.464	16.942	29.362	10.97	3.326	135.659

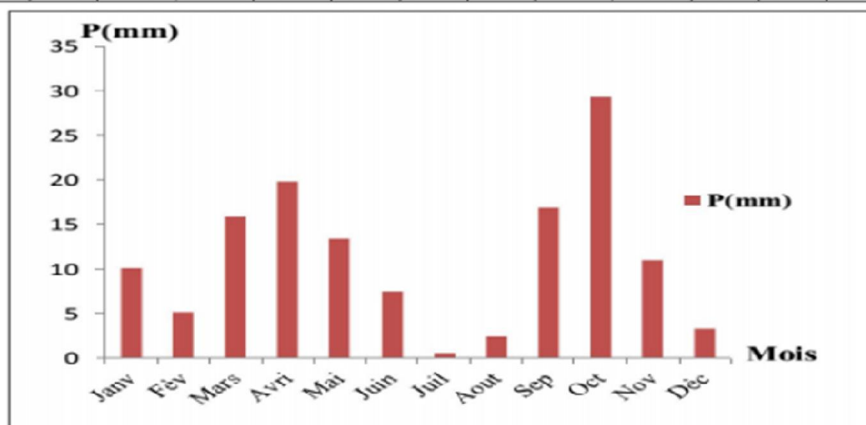


Figure II -3:Température moyennes, maximales, minimales de Biskra (2010-2019).

Le total des précipitations est de 135.659 mm, la valeur la plus élevée est enregistrée avec 29.362 mm durant le mois d'Octobre, suivie par celle d'Avril avec 19.862 mm. Par contre le mois le moins pluvieux est celui de Juillet 0.534mm. (Figure I.3).

II.1.3.4 Vent : Selon la (Figure I. 3), la vitesse maximale du vent est enregistrée

au mois Avril, et la minimale au mois d'Août. Les vents les plus dominants dans la région sont ceux venant du nord-ouest pendant l'hiver ; Cependant le ciroco (Vent sec), qui vient du sud souffle en printemps et en été. Malgré les apparences, le Sahara n'est pas un pays venteux, mais un pays où, par suite de la dénudation, on ressent le plus facilement le vent (Dubief, 1952).

Tableau II.3: Moyennes mensuelles de vitesse de vent de Biskra (2010-2019).

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Vent (m/s)	11.36	13.55	16.56	15.76	16.03	14.71	12.13	9.83	10.26	9.59	10.68	9.3

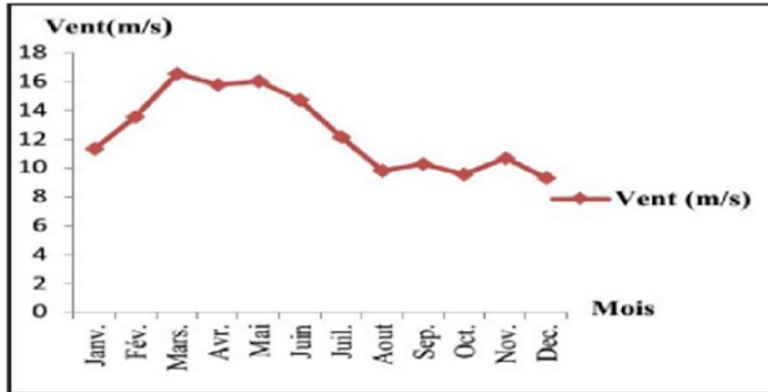


Figure II.4: Moyennes mensuelles de vitesse du vent de Biskra (2010-2019).

II .1.3.5 Humidité de l'air:

Elle exprime le rapport en pourcentage de la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air(Pa), à la pression de vapeur saturante (Pr) dans les mêmes conditions de mesure de température lue au thermomètre sec et en pression.(Tableau I.4).

Tableau II.4: Moyenne mensuelle de l'humidité relative de Biskra (2010-2019).

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Humidités	54.37	48.75	42.59	40.41	35.21	29.48	26.16	31.44	37.52	45.47	53.52	56.78

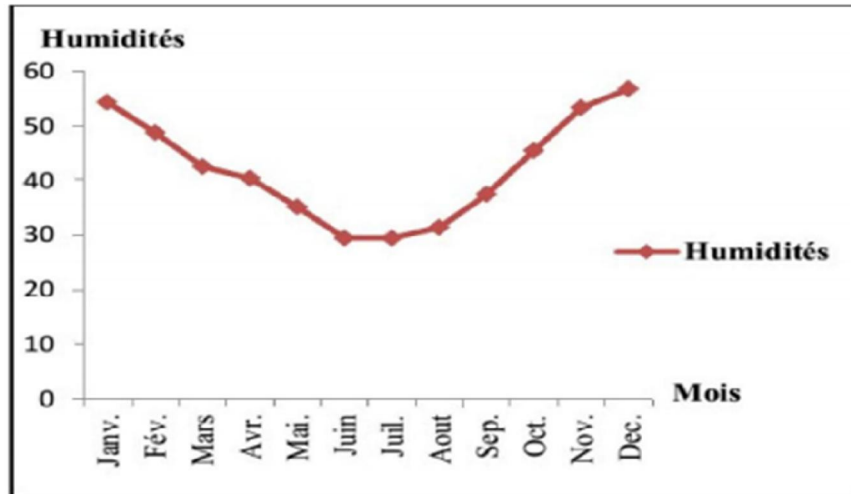


Figure II.5: Moyennes mensuelles de l'humidité relative de Biskra (2010-2019).

Selon le Tableau I.4 , l'humidité relative est faible, varie beaucoup dans l'année par l'effet des températures élevées et les amplitudes thermique importantes, elle est estimée de 26.16% au mois de juillet jusqu'à 56.78 % au mois de Décembre, pour la période 2010-2019 (Figure I.5).

II.1.3.6 Diagramme Ombrothermique

Le diagramme ombrothermique est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées.

les précipitations (P) et les températures (T), avec $P=2T$.

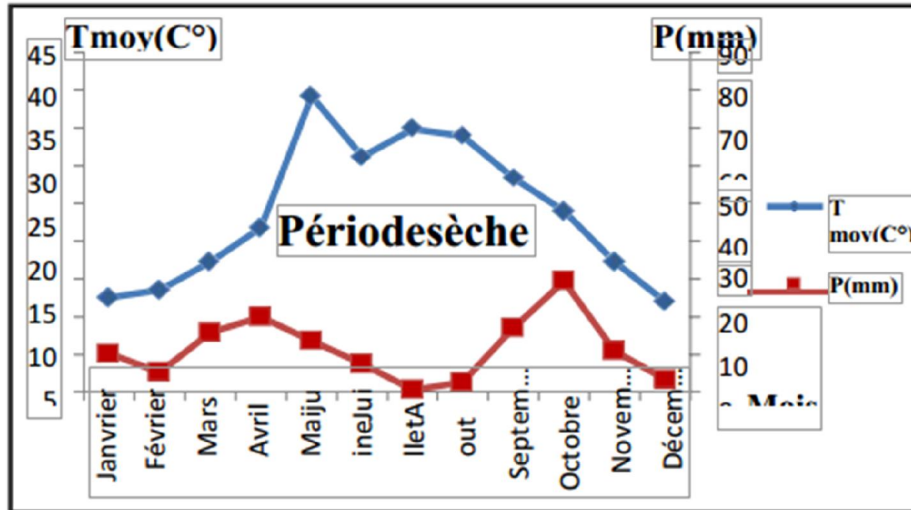


Figure II -6. Diagramme Ombrothermique de Biskra (2010-2019).

L'observation de la figure I -6, relative à la courbe ombrothermique montre que le climat de la région étudiée est caractérisé par une seule saison sèche s'étalant sur toute l'année. C'est d'ailleurs un des paramètres marquant le climat des zones arides.

II.1.4 CARACTÉRISTIQUES GÉOGRAPHIQUES DU BASSIN VERSANT

II.1.4-1 Caractéristiques de forme :

Le bassin versant d'Oued El-Hai couvre une superficie de 1660 km² et possède un Périmètre de 193 km.

Ce bassin versant est constitué par un relief varié, Le bassin versant de Oued El-Hai se situe dans les piémonts Ouest et Sud des Aurès ; il fait partie du grand bassin hydrographique de Chott Melghir ; il est limité au Nord par le bassin versant des hauts plateaux constantinois ; à l'Est par le bassin versant de Oued Abdi ; à l'Ouest par le bassin versant de Chott El-Hodna (Fig N° II-2).

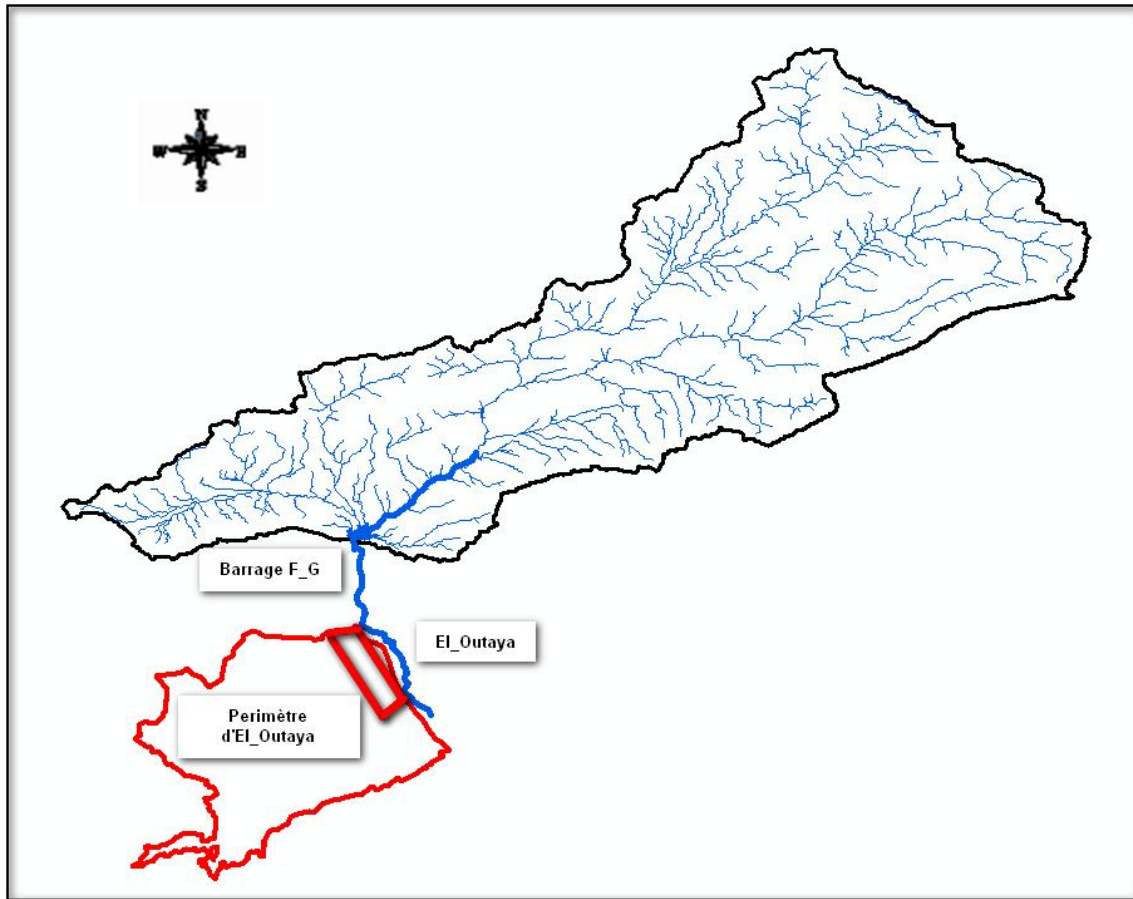


Figure (II -8) . Localisation et situation de la zone étudiée.

II.1.4-2 Les grands ensembles physiques

Le bassin versant de l'oued Biskra présente des ensembles naturels fortement variés qui agissent sur le comportement hydrologique du bassin. Il est subdivisé en trois milieux naturels:

II.1.4-2-1 Les montagnes

Elles sont composées essentiellement de massifs montagneux des Aurès dans la partie nord du bassin. Elles sont constituées par les monts de Asker (1833m), Djebel Ich Ali (1815m) et chaîne montagneuse de Bellezma (2091m) caractérisée par de forts reliefs en plusieurs chaînons orientés sensiblement leurs altitudes s'élèvent progressivement de l'Ouest en Est, ainsi que Djebel Metlili (1496m) au Sud-Ouest du bassin, Ces reliefs forment une barrière naturelle, qui joue un rôle climatique et hydrologique important. Les différents paramètres climatiques sont fortement influencés par ces reliefs.

II.1.4-2-2 Les piedmonts

C'est une zone de transition entre la montagne et la plaine : elle s'allonge de l'Est à l'Ouest on trouve également le piedmont méridional avec ses collines et ses étendues planes, étagées et en pente douce ; son altitude varie entre 1200 et 1600m.

II.1.4-2-3 Les plaines

C'est la zone plate du bassin la plus exposée aux crues, elle se situe au sud-Ouest des piedmonts, elle est circonscrite par les courbes de niveau 800 à 1200m, les dépôts accumulés dans cette plaine sont composés de sable, gravier et de limon résultant de la charge solide des oueds .Ce terrain est utilisé pour les activités agricoles saisonnières.

II.1.5 La structure du bassin

La diversité des milieux topographiques du bassin de l'oued El Hai relevée dans le début de cette partie, trouve son origine dans la constitution géologique et structurale de cette région. Les différents mouvements tectoniques qu'a connus cette dernière ont engendré le soulèvement des reliefs et l'affaissement des dépressions. Le bassin de l'oued El Hai a été le siège d'un tectonique assez complexe, qui est relativement souple, ayant aboutie à la formation des anticlinaux et synclinaux de direction générale NE-SO, ces structures font de la région une zone très tectonisée (R. Laffitte 1939).

II.1.5-1 Stratigraphie et aperçu lithologique global

Les terrains les plus anciens qui affleurent dans cette région sont attribués au crétacé le plus récent et au quaternaire le plus ancien (R. Laffitte 1939)

a)Le Crétacé :

Il constitue les principaux affleurements des monts de Bellezma et Djebel Metlili, la série de crétacé inférieur est caractérisée par des roches gréseuses dures et des marnes tendres contenant par endroit des cristaux de gypse ; elle affleure sur les sommets des monts de Bellezma, au NordEst de Thniet El Abed, au Sud-Ouest de Menaâ, cette série est bien liée et attribuée au jurassique. Alors que le crétacé supérieur qui s'étend du cénomanien au turonien est constitué essentiellement de marno-calcaire, il apparaît approximer de dechra Tilatou (extrémité Nord du Djebel Metlili) et dans la vallée de l'oued Fedhala. Le sénonien complet s'observe à El Kantara, où il fait suite au cénomanien-turonien étudiés précédemment, mais d'une épaisseur de 2200 à 2300m, dont 350m de mæstrichtien calcaire au lieu de 2900m.

b) Le Tertiaire

Les terrains attribués au miocène non différencié affleurent largement dans le secteur d'étude, il s'agit d'une formation marneuse très puissante, se caractérise par deux assises d'épaisseurs très différentes et largement discordantes l'une par rapport à l'autre :

- La première appartient au miocène inférieur, elle occupe les reliefs de Maafa, Djebel Mahmal et Kef Ed Darsa (au Sud d'El Kantara).

- La deuxième partie représente le miocène moyen et supérieur, sa puissance d'environ 1800m dans le bassin du Djemoura, les marnes deviennent très gypseuses annonçant ainsi les faciès évaporitiques du miocène terminal de Branis au Nord d'El Outaya au voisinage de Djebel El Felleg.

- L'éocène inférieur, d'une épaisseur varie entre 150 à 200m, il est représenté par des marno-calcaire, marnes, calcaires blancs riches en silices et souvent fissurés, il affleure à l'Est -Sud-Est de Djebel El Melah, où il est représenté par quelques dizaines de mètres de marnes jaunes, verdâtre légèrement gypseuses et des calcaires argileux. Cette formation affleure également à l'Est d'El Outaya les reliefs de Bouzina et le Nord d'El Kantara.

- L'éocène moyen est surmonté par une assise rouge gréso-marneuse à la base conglomératique au sommet, dont l'épaisseur atteint au maximum 300m, les séries détritiques rouges d'El Kantara pourraient alors représenter l'éocène moyen et pourraient être la base de l'éocène supérieur.

- Le pliocène repose sur le miocène marneux, avec une légère discordance constituée par des grés, sables, argiles, marnes brunes et gypses, avec quelques poudingues, l'épaisseur de ces formations peut atteindre les 400m. Dans le bassin de l'oued El Hai, il est caractérisé par une formation gréseuse épaisse de plusieurs dizaines de mètres, elle débute par quelques bancs de grés relativement tendres bruns rosâtres à petits galets, qui alternent avec des marnes gréseuses rosâtres.

c) Le Quaternaire

Les terrains quaternaires sont très répandus dans cette partie, ces formations sont caractérisées par des conglomérats épais, des graviers-sableux et éventuellement des limons sableux contenant des galets de gravier, des alluvions sableuses et caillouteuses de lit de Djebel Melah. Le quaternaire moyen est représenté par des alluvions sableuses et argileuses dans

toutes les grandes plaines, vers l'oued Biskra. La terrasse du quaternaire ancien est bien développée elle est formée exclusivement par des poudingues aux alentours des montagnes.

d) Le Jurassique

Il s'agit de marnes, de calcaires marneux et de dolomies, constituant la succession de cet étage. Représenté dans la plaine de Ain Touta La partie supérieure est constituée de calcaire de plus en plus dolomitique jusqu'à la dolomie pure.

e) Le Trias

Le Trias apparaît sous forme de diapirs ou jalonnant les contacts anormaux. Il consiste en une série argilo-gréseuse à la base suivie d'une série évaporitique comprenant des passées calcaire dolomitiques. Le gypse est le plus fréquent et le sel caractérise quelques points (djebel El Melah à El Outaya).

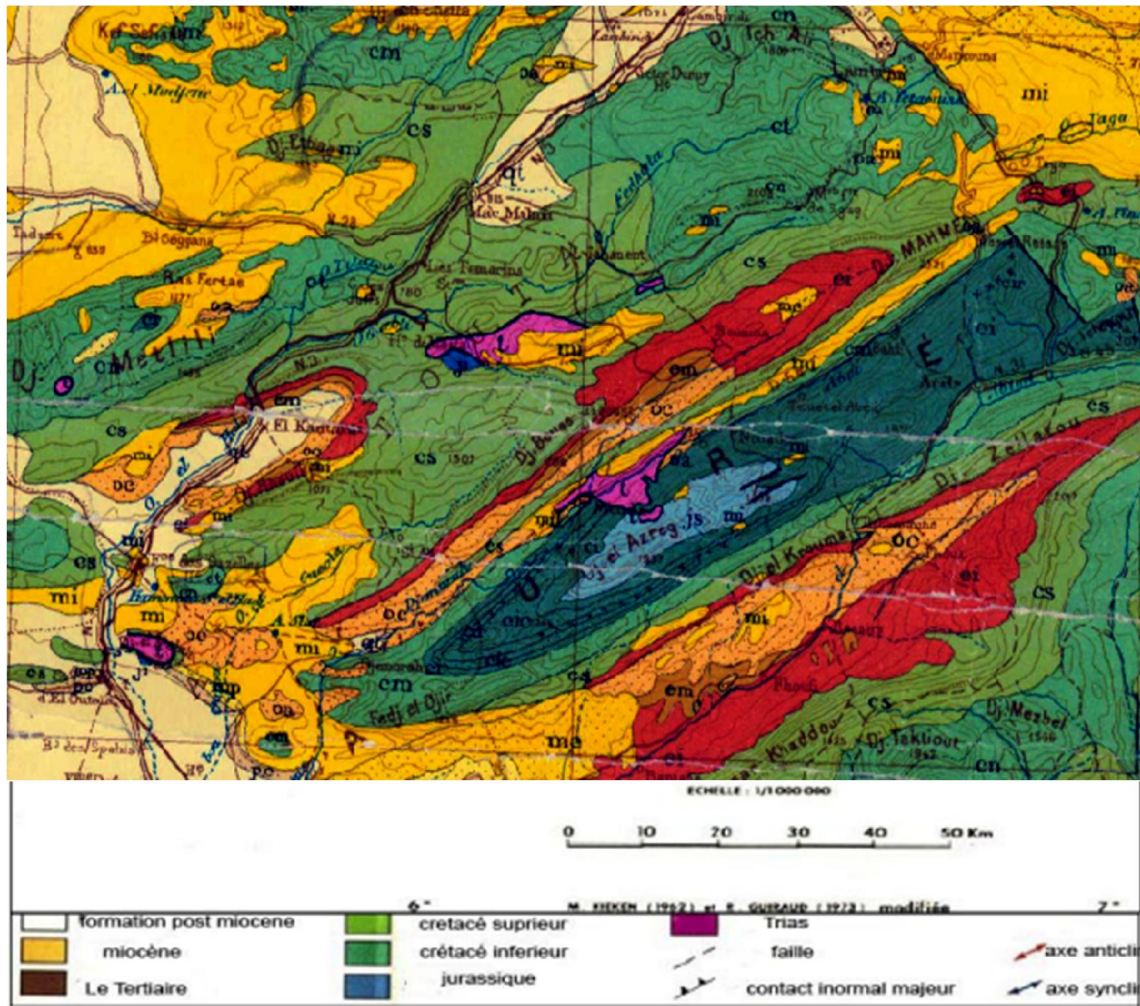


Figure (II -9). Carte Structurale. [8]

II.1.6 Les caractéristiques lithologiques et la perméabilité des roches des sous bassins versants

Les caractéristiques hydrologiques des sous bassins sont dans une large mesure influencées par l'imperméabilité des roches et les sols qui ont dérivé d'absorber l'eau et de la retenir de manière temporaire. Les descriptions lithologiques qu'on abordera ci-après, sont inspirées en grande partie des notices des cartes géologiques à 1/50.000 de Batna, El Kantara et Biskra.

Dans le sous bassin de l'oued El Hai : on trouve les formations calcaires du cénoomanien supérieur et des formations marno-calcaires du turonien ; ces formations apparaissent approximativement de Dechra Tilatou et la vallée de l'oued Fedhala, des marno-calcaires gréseux du miocène affluent au Sud d'El Outaya, Ain Touta et le Nord des tamarins, ainsi que les pieds des montagnes. Les autres formations ont une extension très réduite : les masses de marnes associées aux conglomérats et calcaires sont représentées au Nord d'El Kantara.

En général, dans le bassin de l'oued El Hai on constate trois types de roches ou trois grands ensembles (voir Figure (II-1)).

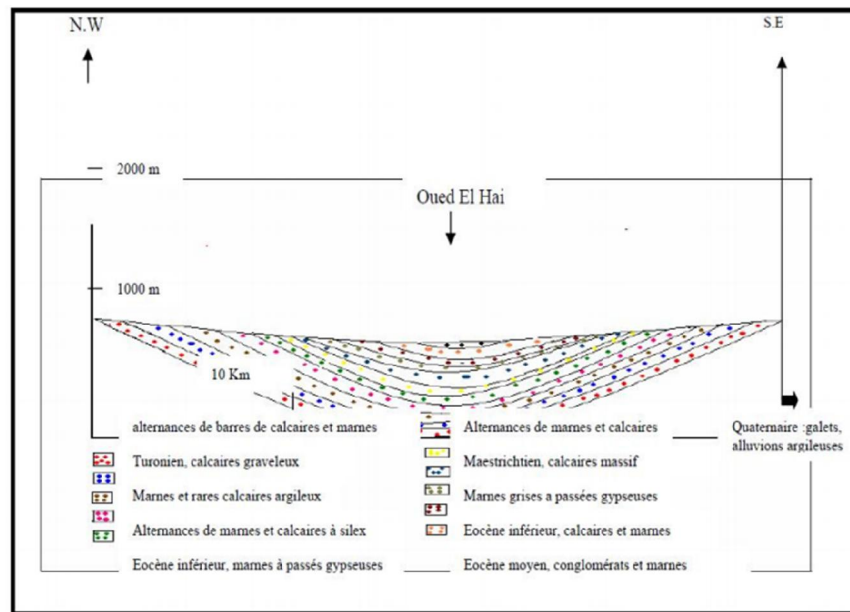


Figure (II -10) Coupe tectonique du bassin au niveau d'El Kantara. [9]

II.1.7 Le couvert végétal

D'une manière générale la couverture végétale conditionne et influence la rapidité du ruissellement superficiel, le taux d'évaporation et la capacité de rétention du bassin versant. L'intérêt de cette couverture végétale est double : elle permet d'une part un amortissement notable des crues, leur étalement dans le temps, d'autre part elle augmente l'infiltration et limite le transport solide. Nous ne prétendons pas à faire une étude de la végétation, ce n'est pas le but de notre recherche, mais nous essayons de donner quelques éléments descriptifs sur les principaux types de la couverture végétale et surtout sur l'état de dégradation de cette couverture. Mais avant de parler de tout ça, il sera utile de parler du rôle de la végétation sur l'écoulement.

II.1.8 Les apports liquides et solides du bassin versant :

Le régime hydrologique du bassin versant nous permet de connaître les apports liquides et d'avoir une idée sur le transport solide dans le temps et l'espace (unité hydrologique).

La série d'observation des apports liquides enregistrée à la station d'El-Kantara, les lames d'eau ruisselées calculées, les apports solides estimés à partir des séries de turbidité enregistrées et les dégradations spécifiques déterminées sont présentées dans le tableau suivant (XXXX) :

Tableau N°II. 5 : Apports liquides et solides du bassin versant Oued El-Hai

ANNEES	Al (Hm3)	Le (mm)	As (10 ³ T)	Ass (T/km ²)
1968-1969	22,49	20,04	3175,821	2831
1969-1970	72,39	64,52	694,982	619
1970-1971	0,49	0,44	44,76	40
1971-1972	31,99	28,51	233,488	208
1972-1973	10,32	9,20	1618,702	1443
1973-1974	47,98	42,76	2711,004	2416
1974-1975	0,99	0,88	139,54	124
1975-1976	-----	-----	----	----
1976-1977	0,04	0,04	13,711	12
1977-1978	3,07	2,74	972,282	867
1978-1979	11,21	9,99	1872,9	1669
1979-1980	4,97	4,43	1295,31	1154
1980-1981	0,25	0,22	73,103	65
1981-1982	82,62	73,64	9814,78	8748
1982-1983	1,56	1,39	944,93	842
1983-1984	3,32	2,96	978,08	872
1984-1985	10,11	9,01	1670,47	1489
1985-1986	12,70	11,32	2717,2	2422
1986-1987	8,29	7,39	1264,47	1127
1987-1988	10,23	9,12	1745,33	1556
1988-1989	3,08	2,75	668,274	596
1989-1990	3,29	2,93	364,005	324
1990-1991	----	-----	----	----
1991-1992	1,10	0,98	157,71	141
1992-1993	0,03	1	0,7089	1
moyenne	13,60	12,12	1362,68	1285

L'apport liquide moyen annuel estimé à 22 hm³ ; avec un apport solide moyen annuel de 0,25 hm³ /an et un débit moyen annuel à 0,7 m³/s.

II.2- Barrage de Fontaine des Gazelles

II.2.1 Situation géographique du Barrage de fontaine des gazelles :

Le site du barrage de fontaine de gazelles est se trouve ou voisinage de village fontaine des gazelles à 35 km environ au nord ouest de Biskra, sur l'Oued El Hai à 3 Km au nord ouest du croisement des routes no3 (Biskra) et n^o35 (Biskra-Baskra).

Coordonnées Lambert X=762.435

Y=206.745

Z=350

II.2.2. Caractéristique de l'aménagement :

Le barrage régularise les apports de l'oued El Hai. L'aménagement est constitué d'une digue à noyau central en argile et recharges en alluvions, un évacuateur de crue de surface en rive droite et d'un ouvrage de prise comportant une tour de prise et une galerie.

II.2.2.1. Caractéristiques de la retenue :

Les principales caractéristiques de la retenue sont les suivantes :

- Bassin versant : 1 665 km²
- Capacité totale de la retenue à RN : 55.491 hm³
- Capacité utile : 48.490 hm³
- Débit de la crue de projet dix-millénale : 3000 m³ /s

II.2.2.2. Caractéristiques de la digue :

Les principales caractéristiques de la digue sont les suivantes :

- Type : digue à noyau central en argile et recharges alluvionnaires
- Hauteur maximale : 42.5 m • Longueur en crête : 385 m
- Largeur en crête : 8.5 m
- Altitude de la crête : 390 m NGA

- Cote de Retenue Normale : 384 m NGA
- Cote des Plus Hautes Eaux pour la crue de projet : 388 m NGA
- Pente des talus (V /H) : o Amont : 1 / 2.75 o Aval : 1 / 2.25 avec 3 risbermes aux niveaux 355.42, 366 et 378 m NGA Le profil type du barrage est schématisé sur la Fig n°II.2.

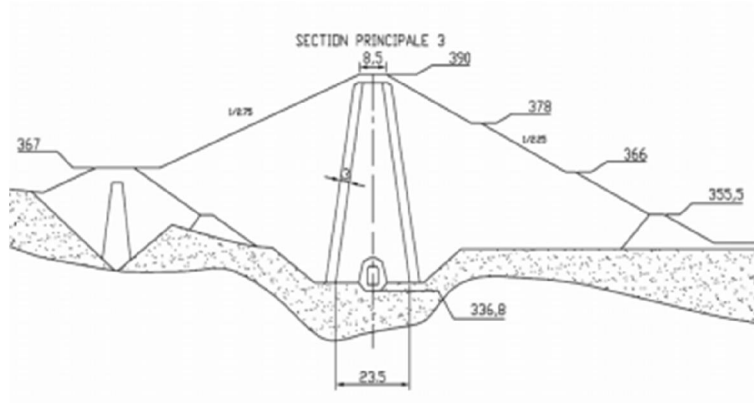


Fig n°II.11 : Le profil type du barrage (ANBT, 2004)

II.2.2.3. Caractéristiques hydrologiques (ANBT, 2004):

- Oued : El- Hai

- Capacité initiale : 55,50 hm³
- Apport moyen annuel : 20,60 hm³
- Volume Mort : 7.00 hm³
- Volume régularisé : 14.00 hm³
- Envasement annuel : 0,25 hm³ /an
- Surface du bassin versant : 1 660 km² II.2.4

. Composantes principales de l'aménagement :

Evacuation de crues (ANBT, 2004) :— L'évacuateur principal implanté en rive droite comporte un seuil labyrinthe calé à 384 m NGA, L'évacuateur est constitué d'un déversoir, un coursier, un saut de ski et un bassin d'amortissement. Il est dimensionné pour l'évacuation de la crue cinq-millénaire.

- La capacité d'évacuation est de 3000 m³ /s (une crue de 10000 ans)
- Longueur du déversoir 125 m
- Largeur : 25 m au niveau du coursier.

L'évacuateur a fonctionné plusieurs reprises et la lame déversant a atteint 1 m qui correspond à un débit de 800 m³ /s. (Fig n° II.3)



Fig n° II.12 : L'évacuateur de crue (ANBT, 2004)

Ouvrage de vidange :

→ La vidange du fond est installée en rive gauche dans la galerie de dérivation. Elle comprend un entonnement à la cote 350,50 m NGA, situé sous la tour de prise. Le débit évacué est de 21 m³ /s. Avec une longueur de tunnel : 200 m, et une hauteur de 8m. La vidange de fond est contrôlée par une vanne batardeau et 2 vannes wagon (de garde et de service). (Fig n° II.4)



Fig n° II.13 : Tunnel de la vidange de fond

Ouvrage de prise d'eau (ANBT, 2004):

La prise d'eau est implantée sur la rive gauche, Elle comprend une tour de forme circulaire, avec un diamètre intérieur de 10 m (Fig n° II.5), comprend quatre prises d'eau + un local de manœuvre :

- 1 ère prise à la cote 378.00
- 2 ème prise à la cote 372.00
- 3 ème prise à la cote 366.00
- 4 ème prise à la cote 360.00

Chaque prise d'eau équipée d'une vanne papillon et une vanne batardeau de secours en cas d'intervention à l'intérieur de la tour de prise.

- La capacité d'une prise d'eau est : 4 m³ /s
- . - L'exploitation des prises d'eau se fait de haut en bas en respectant le niveau de la retenue et la pression exercée sur la vanne et pour avoir une eau claire avec une température normale.



Fig n° II.14 : La tour de prise d'eau

Galerie de dérivation :

→ La galerie de dérivation d'une longueur de 200 m a été réaménagée pour permettre le passage du chenal de la vidange de fond et de la conduite d'irrigation.

Historique des travaux :

- Début de construction : 1986
- Année de mise en Eau : 2000 Inauguré par son excellence le président de la république en date du 08/06/2001.
- Date de début d'exploitation : Janvier 2006 (ANBT, 2004)

Bureaux d'étude :

- A.P.D : HYDROCONSULT Tchécoslovaquie
- Etude : I L F Autriche 1986-1990 - Etude : TRACTEBEL Belgique 1993-2000

—

Suivi des travaux :

Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT)

Entreprises de réalisation :

- 1986 à 1990 ENERGOPROJEKT Yougoslavie.
- 1992 à 2000 HYDROTECHNIQUE Algérie
- Hydromécanique : ENCC Cote rouge Algérie

Conclusion :

Vue la situation géographique de ce barrage, on a donné les différentes caractéristiques du barrage pour bien montrer l'importance de ce ouvrage dans l'approvisionnement des ressources hydriques dans les zones arides, où on rencontre beaucoup de problèmes concernant le volume stocké dans les barrages, d'où une partie de l'eau peut disparaître de manière non contrôlée par évaporation, par fuites au travers des fondations.

Chapitre III

Application du modèle WEAP dans le barrage

Fontaine des Gazelles

III.1 Introduction

L'objectif principal de cette étude est la modélisation qui vise la planification et la gestion intégrée et durable des ressources dans le bassin d'oued El-Hai plus précisément Barrage Oued El-Hai en prenant en compte les différentes utilisations de l'eau (Alimentation en eau potable de la ville d'El-Outaya et l'irrigation du périmètre d'El-Outaya *) et leur impact sur l'offre et la demande en eau disponibles et en proposant différents scénarios en fonction de systèmes d'aide à la décision.

À cet objectif, nous allons utiliser le programme d'évaluation et de planification de l'eau, WEAP.

Les résultats de cette application sont basés sur la simulation d'un ensemble d'hypothèses de planification, en mettant en œuvre plusieurs variantes ou scénarios.

- Equilibre avec la planification actuelle ;
- Equilibre avec des planifications projetées.

WEAP Le modèle de gestion intégrée des ressources en eau tente de combler le fossé entre la gestion de l'eau et l'hydrologie des bassins versants et les exigences voulant qu'un GIRE (Gestion Intégrée des Ressources en Eau), c'est un instrument de planification efficace pour la maîtrise de l'offre et la demande en eau.

Il est téléchargeable gratuitement sur le site web : <http://www.weap21.org>. L'activation du modèle nécessite (gratuite) une licence valide avec un nom d'utilisateur et un code d'enregistrement.

III.2. Schéma fonctionnel du logiciel WEAP

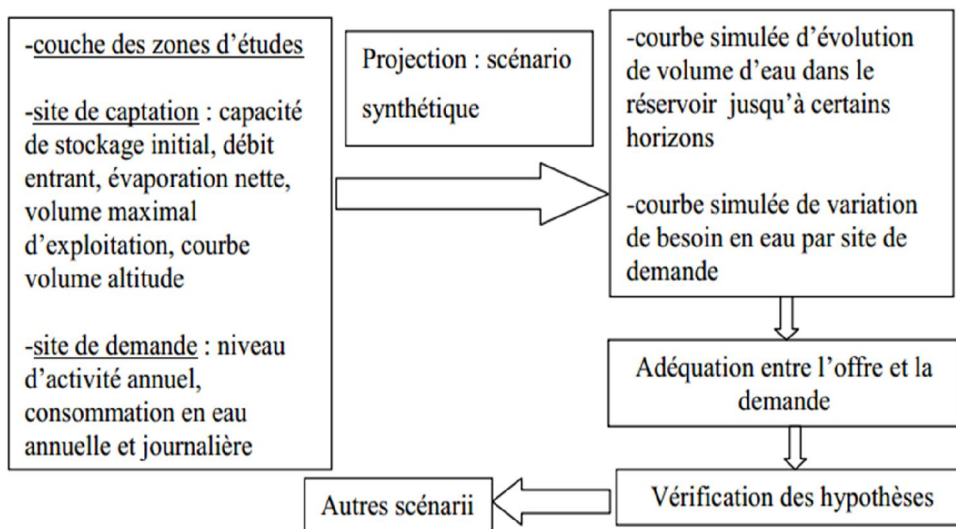
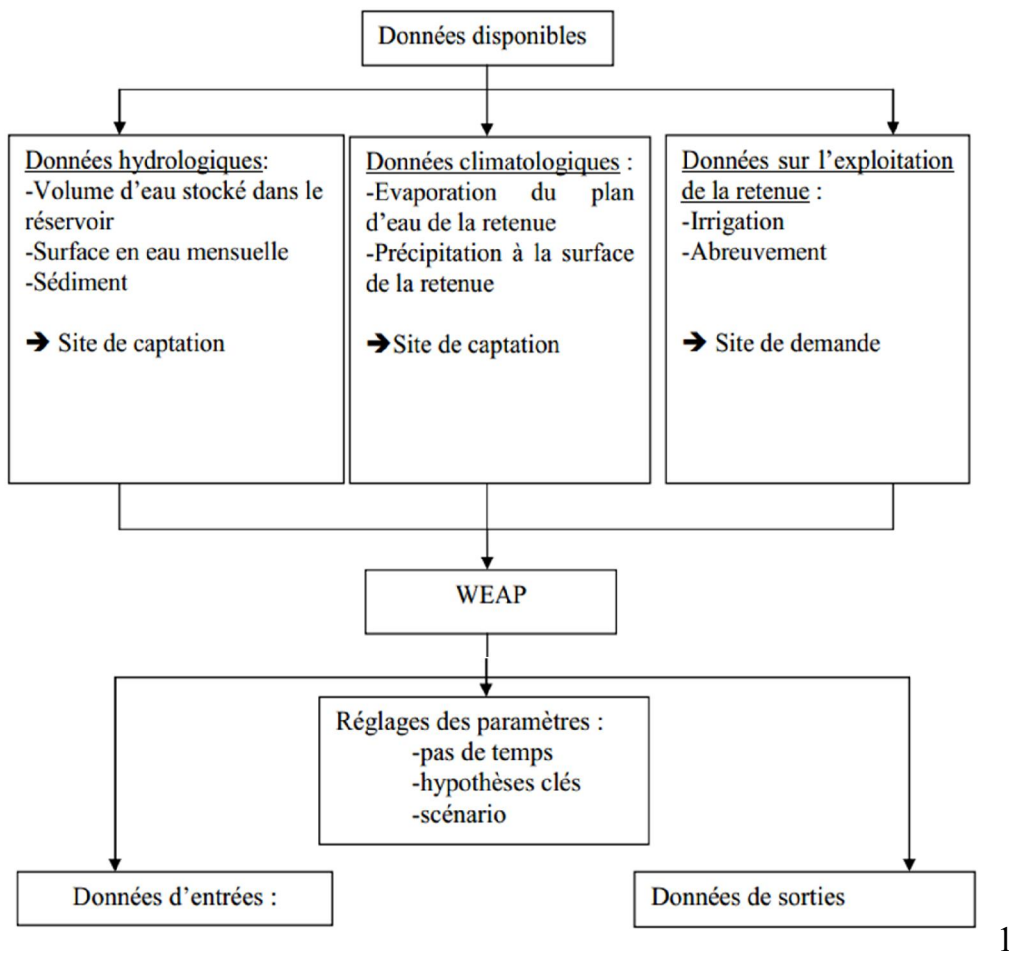


Figure III. 1 : Schéma fonctionnel du logiciel WEAP.

III.3 Collecte des données

Les bases de données nécessaires au modèle sont :

- Les apports liquides du Oued El-Hai à l'entrée du barrage ;
- Les apports solides du Oued El-Hai à l'entrée du barrage ;
- Les besoin en alimentation en eau potable de la ville d'El-Outaya *
- Les besoin en irrigation du périmètre d'El-Outaya
- Les lames évaporées du plan d'eau du barrage ;
- Les pertes par infiltration ;

III.4 Configuration du modèle WEAP

Les étapes de base pour l'application du modèle WEAP se présente ci-après :

III.4.1 Cartographie de la zone d'étude

Nous avons introduit le fond SIG du bassin Oued El-Hai avec son réseau hydrographique dans l'interface « schéma » de WEAP en format « Shapefile » pour définir les limites du projet (figure III.1). Ce fichier peut être créé par le logiciel Arc Gis.

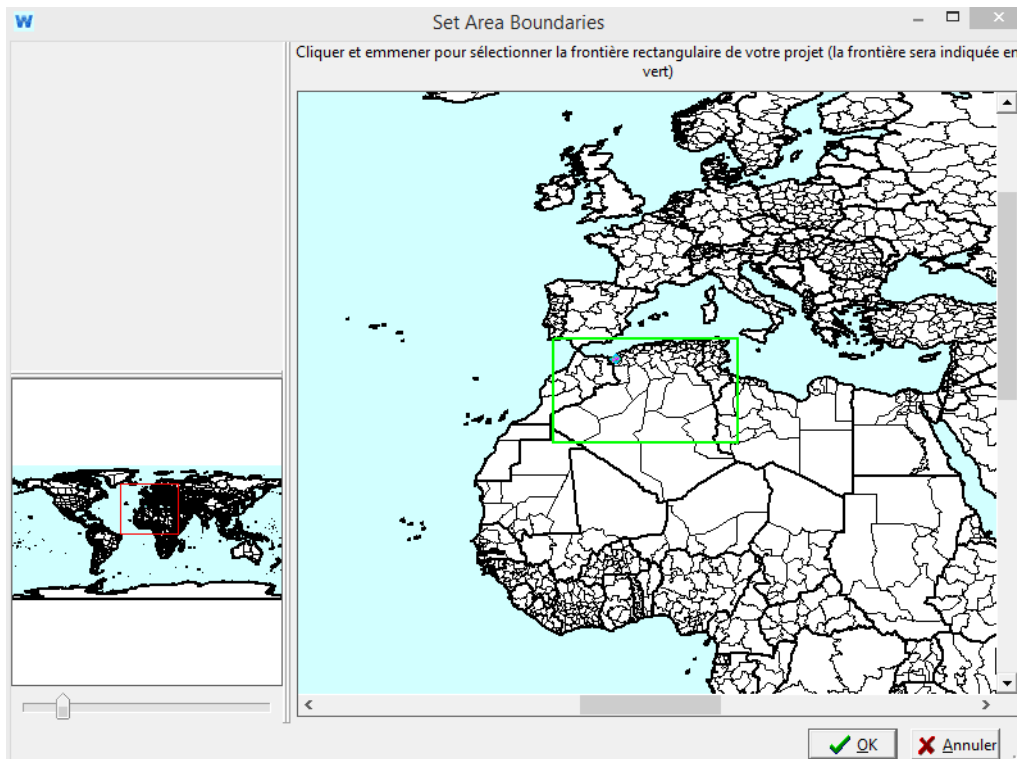


Figure III. 2 : Carte du monde et choix de la zone d'étude dans le WEAP.

* Le barrage est destiné à l'irrigation, nous allons étudier dans ce cas la possibilité d'assurer l'alimentation en eau potable de la ville d'El_Outaya.

En sélectionnant la zone d'étude, nous créons un nouveau projet nommé "Elaboration d'un outil de gestion du barrage Fontaine des Gazelles par le logiciel WEAP". (Figure III.3).

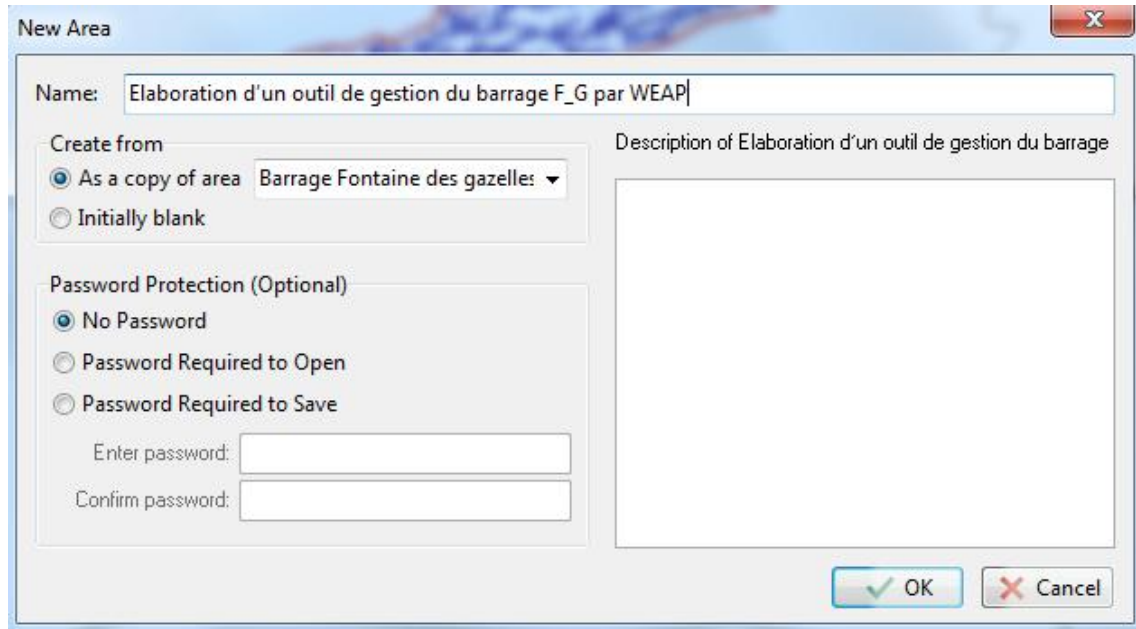


Figure III. 3 : Création de nouveau projet dans le WEAP.

III.4.2 Réglage des paramètres généraux

Les paramètres temps devraient être réglés dans cette étape. Créer une année de comptes courants pour le projet. Dans cette étude, comme le montre la figure III.3. L'année 2020 a été choisie du fait la disponibilité de l'ensemble des données nécessaires. Tandis que l'année 2050, représente, un horizon qu'on peut qualifier de long terme pour développer des scénarios pour des affectations optimales de la ressource en eau.

Années et pas de temps

Horizon temporel

Année de référence : 2020

Année dernière des scénarios : 2050

Pas de temps par an

12

Ajouter les jours bissextiles?

Limite de pas de temps

Basé sur le mois calendaire:

Tous les pas de temps sont de même

Définir la longueur du pas de temps

Début de l'année hydrologique

Septembre

#	Titre	Abrév.	Longueur	Débuts	Fins
1	Septembre	Sept	30	Sept 1	Sept 30
2	Octobre	Oct	31	Oct 1	Oct 31
3	Novembre	Nov	30	Nov 1	Nov 30
4	Décembre	Déc	31	Déc 1	Déc 31
5	Janvier	Jan	31	Jan 1	Jan 31
6	Février	Fév	29	Fév 1	Fév 29
7	Mars	Mar	31	Mar 1	Mar 31
8	Avril	Avr	30	Avr 1	Avr 30
9	Mai	Mai	31	Mai 1	Mai 31

Format du nom du pas de temps : Octobre / Oct

La période d'étude courra de Septembre, 2019 à Août, 2050.

Aide Fermer

Figure III. 4 : Paramétrage des années et pas du temps.

Les données collectées et portées dans WEAP concernent les deux sites de demande avec leur emplacement : domestique et agricole.

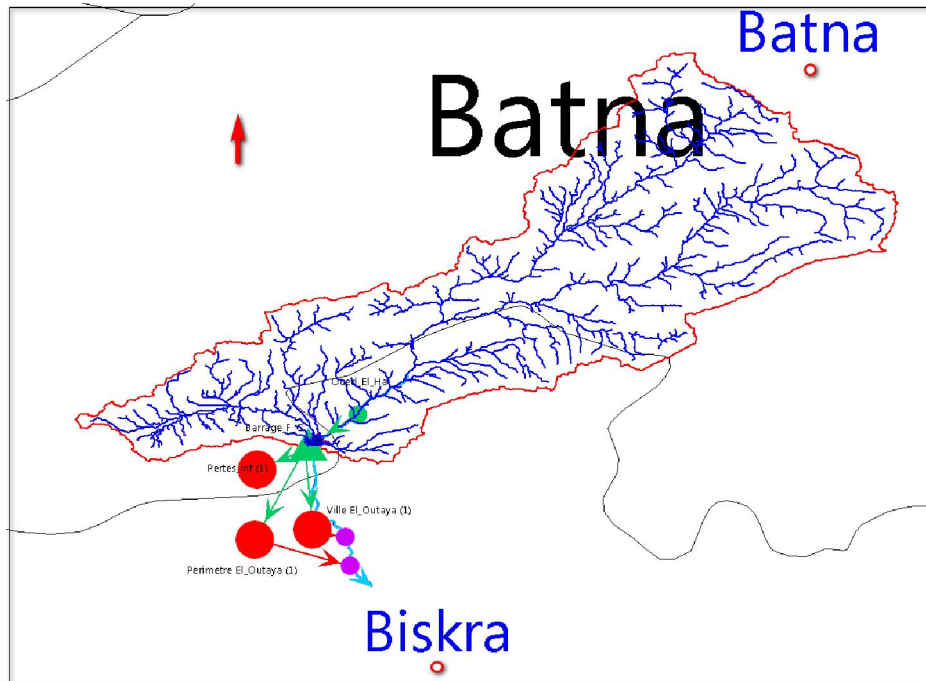


Figure III. 5 : Carte du bassin du de la Tafna avec le système étudié sous le WEAP.

III.5 Création des sites de demande

Dans notre étude, nous définissons un (1) sites de demande domestique suivant l'emplacement géographique de la commune d'El-Outaya. On a estimé les besoins des équipements globaux et les pertes par 35% des besoins domestiques intégrés dans un seul site de demande (le besoin est introduit dans le modèle avec une dotation de 100 m³/An/hab). Pour les besoins agricoles, le système possède un périmètre d'irrigation « Périmètre d'El-Outaya ».

III.5.1 Offre domestiques

La population est déterminée pour l'année d'étude par le programme générateur d'expression par la fonction « GrowthFrom » utilisant le taux d'accroissement 2,43 % (Commune d'El-Outaya), et l'année du compte actuel (2020) de la population correspondante.

Les besoins en eau de la zone d'étude seront évalués pour l'horizon 2050

En appliquant la loi des accroissements géométriques suivante :

$$P_n = P_0 \times (1 + \tau)^{\Delta n}$$

Avec :

P_n : Population à l'horizon n .

P_0 : Population pour une année de référence.

τ : Taux d'accroissement de la population. Dans notre cas, nous avons pris en considération un taux d'accroissement de 2.43 %, pour la commune d'El_Outaya. (Commune d'El_Outaya).

Δn : Nombre d'années séparant l'année de référence à l'horizon.

Tableau N°III. 01 : Population du siège de la commune d'El_Outaya entre 2020 et 2050

Désignations	Population				
	2020	2030	2035	2040	2050
La commune	14880	18918	21331	24052	30579

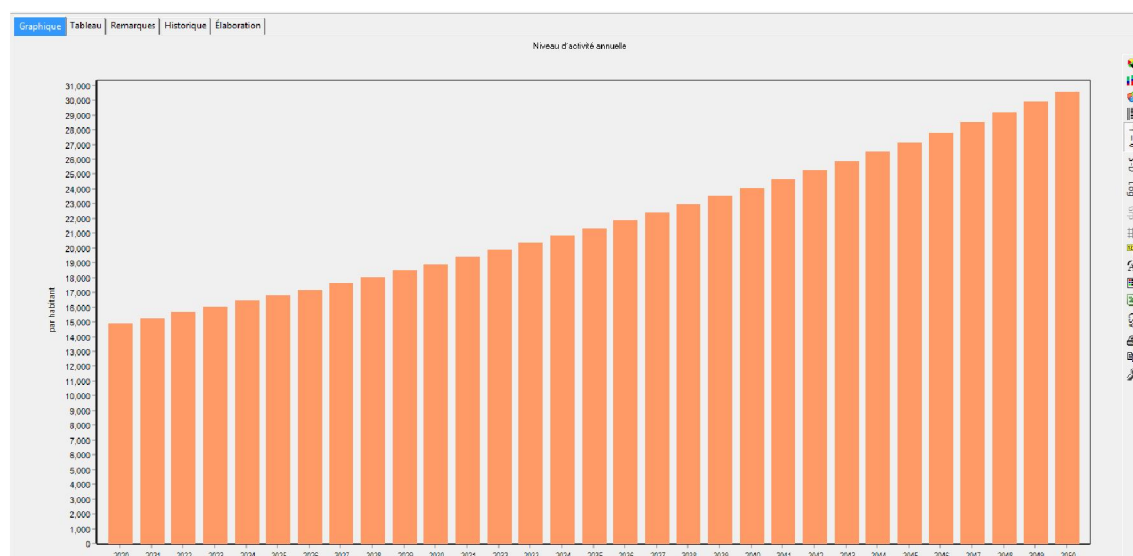


Figure III. 6 : Evolution du nombre d'habitant pour le site de demande de la ville d'El-Outaya scenario de référence (2020-2050).

La population du système étudié sera de l'ordre de 30579 habitants en 2050.

III.5.2 Offre agricole.

L'offre annuelle pour le secteur agricole a été estimée à 9 Mm³ en 2020 (à raison de 6000 m³/Ha/an) ; avec une augmentation de la surface irriguée de 3% chaque année.

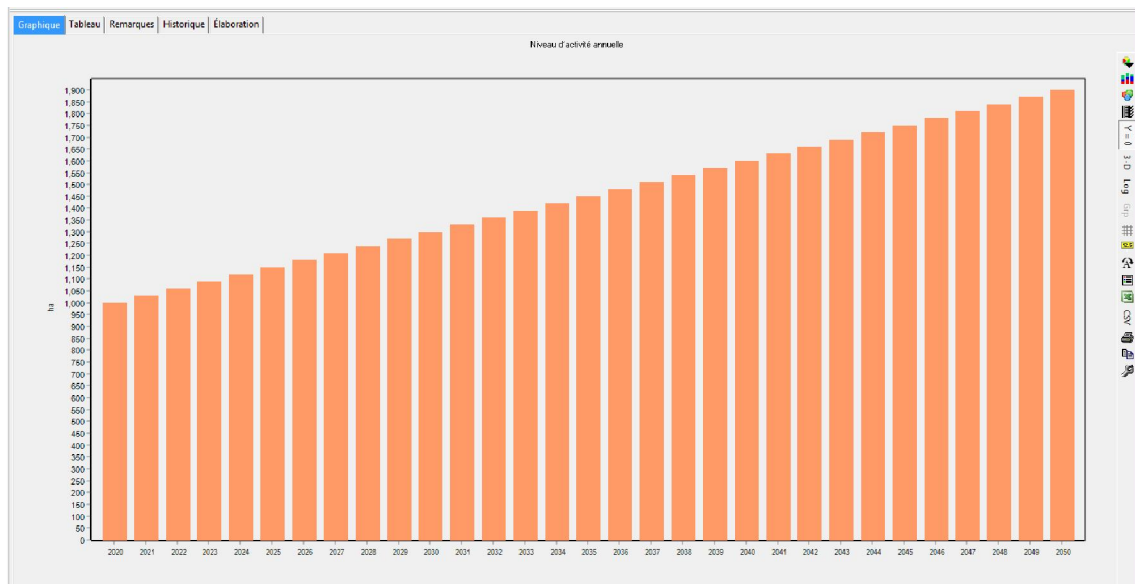


Figure III. 7 : L'évolution des aires irriguées -scenario de référence (2022-2050)

III.5.3 Variation mensuelle de la consommation de l'eau

La consommation d'eau durant une année s'influence principalement par la période estivale où la demande agricole accroît (irrigation très fréquente).

Variation de la consommation en eau potable :

Tableau III. 2 : Répartition des Besoins en eau potable

Mois	Nbre de jours	% de la consommation
Septembre	30	8.197
Octobre	31	8.470
Novembre	30	8.197
Décembre	31	8.470
Janvier	31	8.470
Février	29	7.923
Mars	31	8.470
Avril	30	8.197
Mai	31	8.470
Juin	30	8.197
Juillet	31	8.470
Aout	30	8.197
Année	366	100.000

Le modèle de variation mensuelle montré par les figures III.7 représente les variations mensuelles pour le secteur AEP :

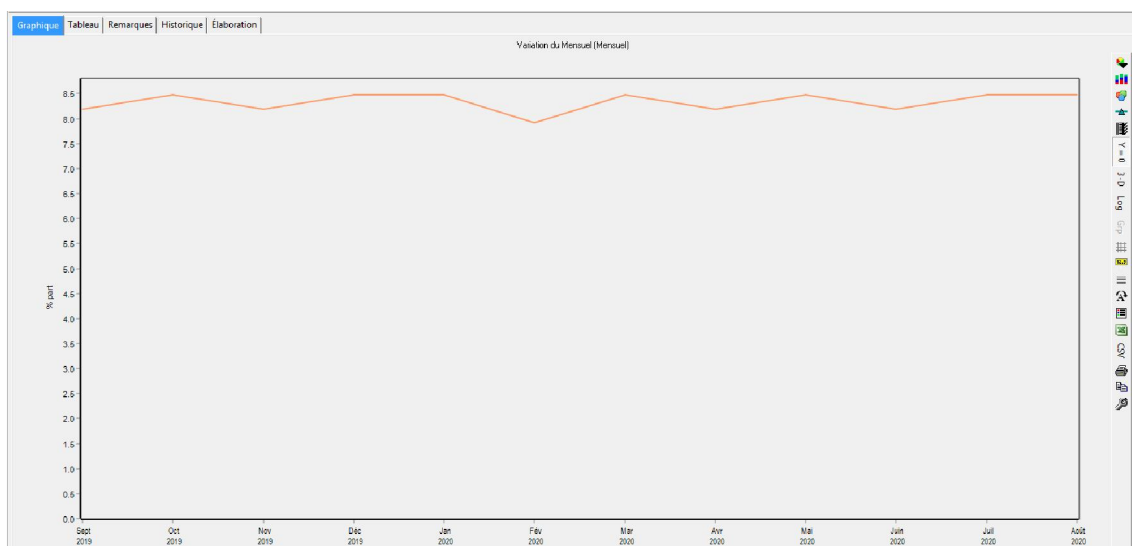


Figure III. 8 : Variation mensuelle de la consommation (AEP).

Variation de la consommation en eau Irrigation :

- **EVAPOTRANSPIRATION :**

L'évapotranspiration a été déterminée par la relation utilisant la formule de THORNETHWAITE :

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a K$$

ETP : évapotranspiration potentielle en mm ;

T (C°) : température moyenne mensuelle ;

I : indice thermique annuelle égal à la somme des indices mensuels i ;

K : coefficient de correction dépend de la latitude ;

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

a : indice calculé à partir de la relation ; a = 0,016 x I + 0,5

- **ESTIMATION DES BESOINS EN EAU.**

Nous avons estimé les besoins en eau d'irrigation par le bilan simplifié :

$$\text{Besoin} = \text{ETR} - P_{\text{utile}}$$

$$ETR = K * ETP$$

La pluie utile est estimée à 80 % de la pluie.

Tableau III. 3 : Répartition des Besoins en irrigation

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Année
T (C°)	26	20	14	9	8	10	14	17	22	27	30	31	/
Pluie brute (mm)	20	21	26	22	23	16	17	16	22	15	5	4	207
K	1.03	0.97	0.86	0.85	0.87	0.85	1.03	1.85	1.21	1.22	1.24	1.16	/
Pluie utile (mm)	16	16.8	20.8	17.6	18.4	12.8	13.6	12.8	17.6	12	4	3.2	165.6
i	12.13	8.16	4.75	2.43	2.04	2.86	4.75	6.38	9.42	12.85	15.07	15.84	96.68
A	2.047	2.047	2.047	2.047	2.047	2.047	2.047	2.047	2.047	2.047	2.047	2.047	2.047
ETP	124.843	68.717	29.358	11.745	9.446	14.572	35.161	93.971	104.186	159.749	201.448	201.534	1054.73
ETR	128.589	66.656	25.248	9.984	8.218	12.386	36.216	173.846	126.065	194.894	249.795	233.779	1265.68
Besoins (mm)	112.59	49.86	4.45	0.00	0.00	0.00	22.62	161.05	108.46	182.89	245.80	230.58	1118.287
Besoins (%)	10.068	4.458	0.398	0.000	0.000	0.000	2.022	14.401	9.699	16.355	21.980	20.619	100.000

Le modèle de variation mensuelle montré par les figures III.8 représente les variations mensuelles pour le secteur Irrigation :

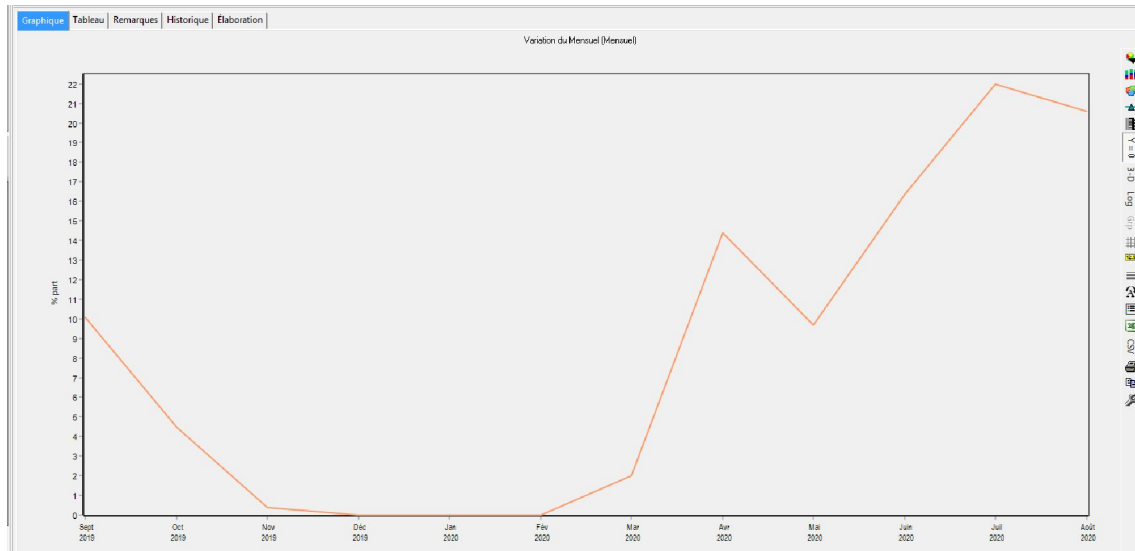


Figure III. 9 : Variation mensuelle de la consommation (Irrigation).

III.6 Priorités d’approvisionnement

Il existe des liaisons entre les ressources et les sites de demande suivant la priorité d’approvisionnement. De ce fait, l’approvisionnement des sites de demandes suit l’ordre de priorité suivant : Les besoins domestiques en première priorité, et les besoins agricoles en deuxième position.

III.7 Création et analyse du scénario

On a étudié un seul scénario, dans lequel on a évalué les effets des changements dans la demande (augmentation de la population est des surfaces irriguées), la production des ressources en eau (diminution de la capacité du barrage par envasement).

III.8 Les résultats

Dans ce scénario, le schéma hydraulique du bassin distingue la production et le prélèvement à partir du barrage.

III.8.1 La demande en eau

L’évolution de la demande en eau dépend de la taille des nœuds consommateurs d’eau (population, irrigation), de leur taux de croissance ou de développement et de leur dotation. Les figures (III.9, III.10), ci-après, montrent l’évolution de la demande en eau des différents secteurs (domestique et agricole) sur la période 2020 - 2050.

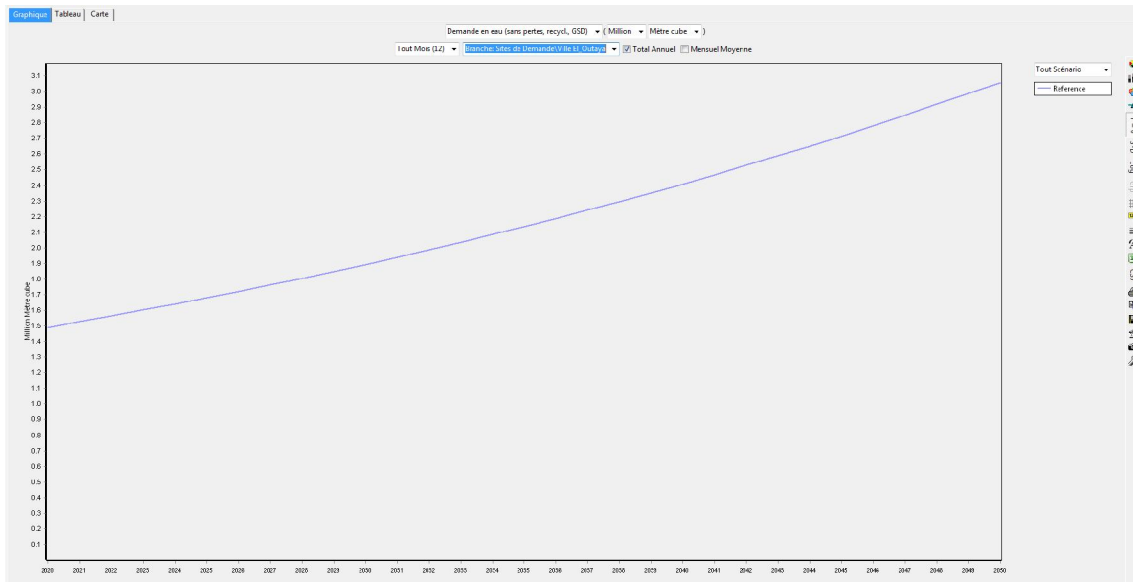


Figure III. 10 : Evolution de la demande en eau annuelle du site de demande ville d’El-Outaya (AEP) dans le scenario de référence (2020-2050).

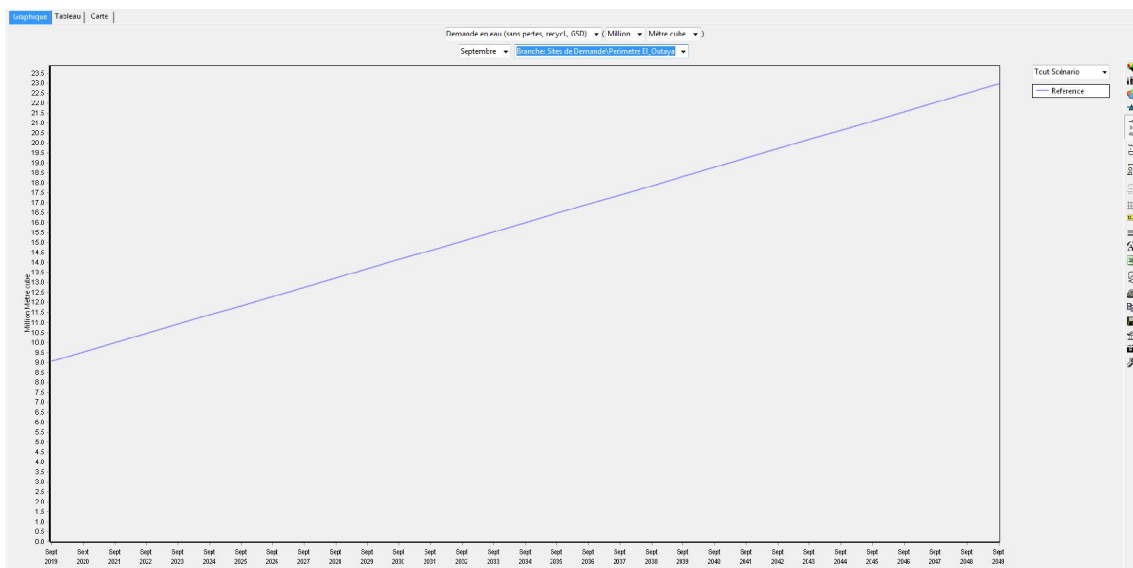


Figure III. 11 : Evolution de la demande en eau annuelle du site de demande du périmètre El-Outaya (Irrigation) dans le scenario de référence (2020-2050).

La figure III.11 montre l’évolution de la demande annuelle en eau globale à chaque année du scénario de référence à partir du barrage Fontaine des Gazelles. Elle est de près de 10.30 millions de m³ en 2020. Selon les projections du WEAP. A l’horizon 2050, ces besoins atteindront les 25,0 millions de m³ par an.

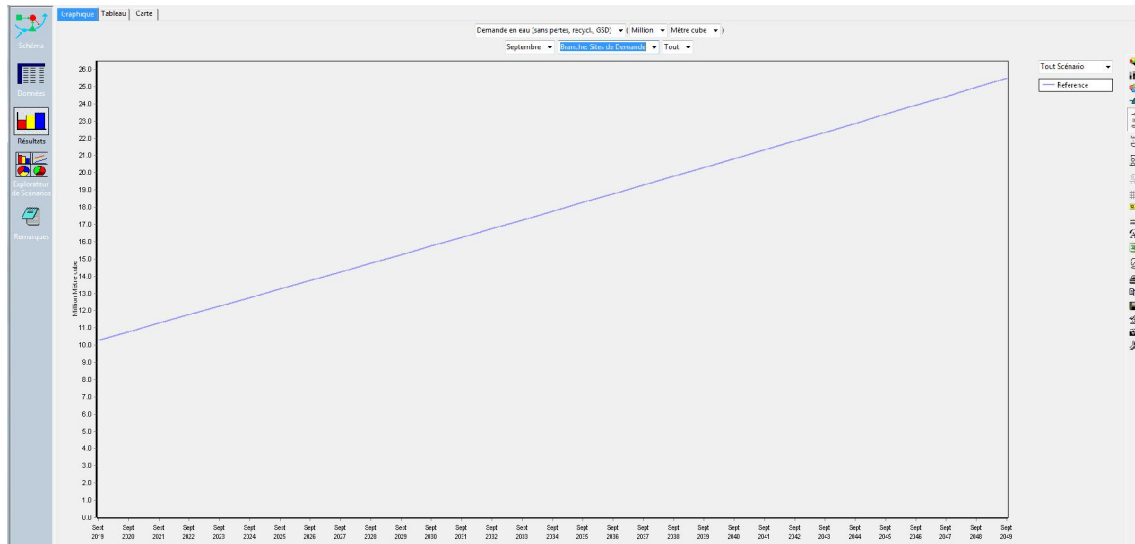


Figure III. 12 : Evolution de la demande en eau annuelle globale des sites de demande dans le scenario de référence (2020-2050).

La demande en eau pour les sites de augmente de façon différente entre les deux secteurs consommateurs de l'eau, pour la demande agricole a passé de 9.1 Hm³ en 2020 pour atteindre les 22,5 Hm³ en 2050, pour le site domestique, la demande a évoluée avec une moyenne de 138 %.

III.8.2 La demande non satisfaite

Compte tenu des taux d'accroissements des sites de demandes domestiques et de l'agriculture d'une part ; d'autre part la diminution de la capacité du barrage par envasement, le volume d'eau requis pour satisfaire les besoins des secteurs doit être supérieur à la demande. Et donc, une absence d'intervention entraînera un déficit ou une demande non satisfaite en eau.

En l'an 2035, le déséquilibre hydrique sera d'un écart de 1.35 millions de m³ pour les besoins agricoles, et l'an 2050 ce déséquilibre sera d'un écart de 8,38 millions de m³ pour les besoins agricoles.

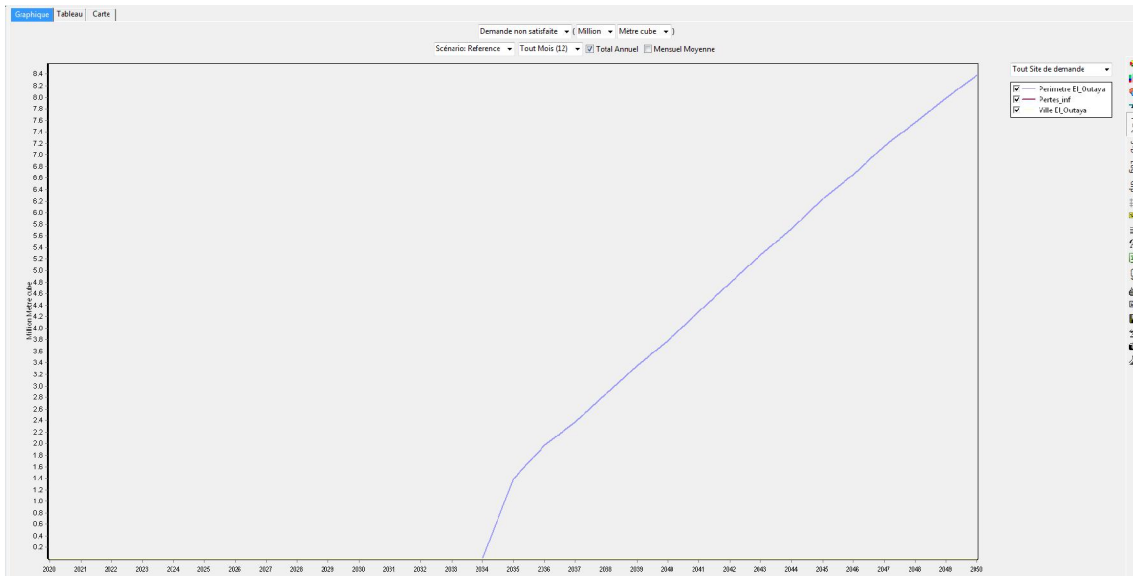


Figure III. 13 : Demande non satisfaite scenario de référence (2020-2050)

III.8.3 Analyse du scénario

La demande en eau pour le site ville d'El-Outaya (AEP) varie de 1.49 Hm³ en 2020 à 3,06 Hm³ en 2050, soit un taux de 138 % ; ces volume correspond équivalent à l'irrigation d'une surface irriguée varie de 248 à 510 ha.

La surface irriguée dans le scénario analysé dans ce travail varie de 1500 Ha en 2020 et 2100 Ha en 2034 ; c'est la surface maximale peut être irriguée à partir de ce barrage en assurant l'alimentation en eau potable du centre d'El-Outaya.

Les solutions possibles pour augmenter cette surface sont :

- L'élimination de l'alimentation en eau potable (scénario adopté actuellement) ;
- Réduire la dotation agricole ;

C'est la solution qu'on va étudier

Le but est de réduire la dotation agricole qui est à la base du déficit dans ce secteur.

Les techniques possibles pour réduire la dotation agricole sont les suivantes :

- Utilisation des systèmes économes d'eau (les nouvelles techniques d'irrigation).
- Cultiver les plantes les moins gourmandes en eau.

Ces techniques réduisent la dotation, on suppose que cette réduction est de l'ordre de 40% de la consommation unitaire agricole du scénario étudié auparavant.

La figure III.13 présente la demande en eau dans le scénario Amélioration de l'activité agricole et celui de référence.

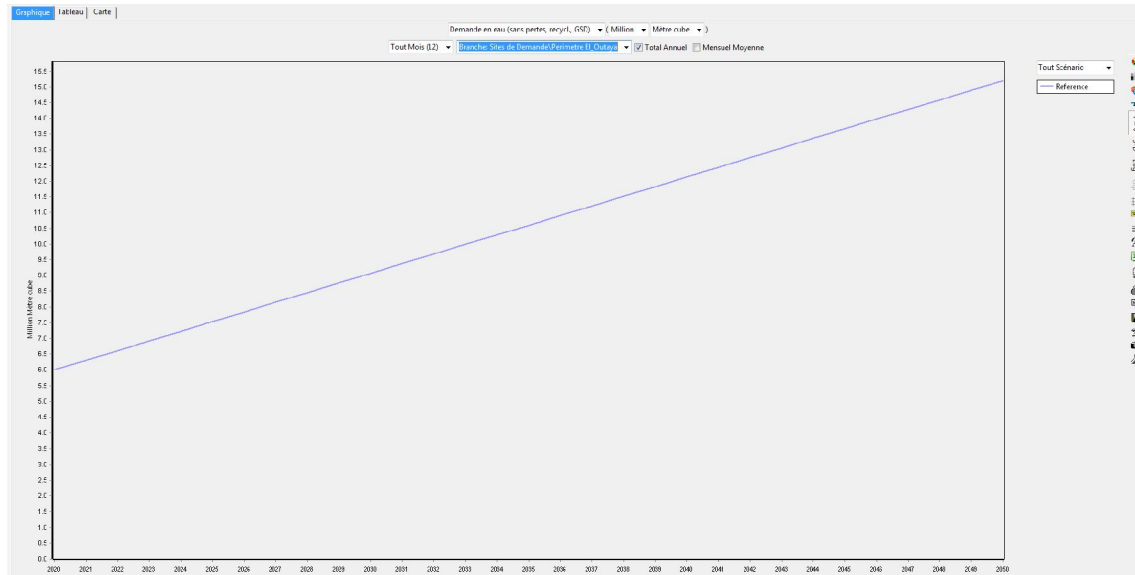


Figure III. 14 : La demande en eau dans le scénario Amélioration de l'activité agricole et celui de référence.

Dans ce scénario, nous remarquons que la demande en eau décroît d'une façon très remarquable à cause de la nouvelle dotation agricole. Le modèle WEAP estime une demande de 13,68 Hm³ en l'an 2050 au lieu de 22.5 Hm³ pour le scénario de référence.

Après analyse de ce dernier scénario, nous constatons que les besoins en eau potable et l'irrigation du périmètre d'El-Outaya seront assurés jusqu'à l'horizon 2050.

III.9 Conclusion

Le barrage fontaine des gazelles dans son environnement Oued El-Hai possède une potentialité hydrique importante, nécessite une stratégie de gestion intégrée de ressources en eau et une meilleure adaptation aux différents changements (variation climatique, variation socioéconomique).

Le modèle WEAP dans ce travail, nous permet d'évaluer les résultats des changements socioéconomiques (augmentation des besoins en eau potable et d'irrigation).

Conclusion générale

Dans ce travail nous avons étudié l'équilibre entre l'offre et la demande futur en eau en AEP et en irrigation à partir du barrage Fontaine des Gazelles (W de Biskra).

Nous avons utilisé WEAP pour avoir un plan de gestion intégré entre les ressources en eau, et pour évaluer les besoins afin d'avoir un outil de prise décision.

Ce logiciel offre une vision large sur l'introduction de plusieurs intervenants future (stress hydrique, augmentation du niveau de vie...etc.) mettant en évidence toute prudence dans la gestion de nos ressources en eau.

En utilisant WEAP, nous avons simulé l'évolution des besoins en eau en identifiant des variables explicatives : croissance de la population et des surfaces irriguées, diminution de la capacité du barrage par l'effet de son envasement, connectivité, pertes, etc. Cela nous a conduits à construire le scénario de référence, à identifier les besoins des utilisateurs sur une période projetée de 30 ans (jusqu'en 2050).

La simulation des scénarios possibles nous nous a montré que satisfaction des besoins d'AEP de la ville d'El_Outaya et d'irrigation du périmètre d'El_Outaya jusqu'à l'horizon 2050 nécessite la réduction de la dotation agricole.

Cette mission peut être assuré par :

- Utilisation des systèmes économes d'eau (les nouvelles techniques d'irrigation) ;
- Cultiver les plantes les moins gourmandes en eau

En conclusion, ce travail a démontré l'importance de la modélisation dans le domaine de la gestion des ressources en eau.

Références bibliographiques

- (MEYLAN ET AL, 1999).Meylan, P et Musy, A, (1999).Hydrologie fréquentielle. Editions HGA, Bucarest. Hongrie.
- AHARIK K. & EL GAROUANI A., 2016 : « Application du SIG pour la gestion des ressources en eau dans la région de Saïss (Maroc) », 3ème Edition du Colloque International des utilisateurs du SIG, Oujda 22-23 Novembre 2016
- Arnold J., Mauro D.L., Ali S. et Cole G., 2005: «Watershed Modeling using SWAT2003»,
Third Conference on Watershed Management to Meet Water Quality Standards and Emerging
TMDL (Total Maximum Daily Load), Atlanta, Georgia.
- BEI ERE, 2012 : Energies Renouvelables et Environnement, Bureau d'Etudes Industrielles,
Présentation du modèle SWAT.
- Benseddik B. et El Mansouri B. 2012 : « Synthèse du Système d'Aide à la Décision (SAD)
Pour les Ressources en Eaux du Gharb », Master spécialité hydro-informatique et génie de l'eau,
université d'Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Kenitra - Maroc.
- Dupont J, Smitz J., Rousseau A. N., Mailhot A. et Gangbazo G., 2016 : « Utilisation des outils numériques d'aide à la décision pour la gestion de l'eau », Revue des sciences de l'eau,
Volume 11, numéro hors-série, 1998, <https://doi.org/10.7202/705326ar>
- Giupponi C, Mysiak J., Fassio A., Cogan V., 2004: « MULINO-DSS: a computer tool for sustainable use of water resources at the catchment scale », Mathematics and Computers inSimulation, Volume 64, Numéro 1, 5 janvier 2004, PP 13-24.
- Guide d'utilisation de STRATEAU, Outil d'analyse stratégique et de prospective sur les équilibres demandes /ressources en eau, http://www.ambassade-eau.com/sites/default/files/docs/strateau/guideSTRATEAU_fr.pdf, consulté le 07/05/2022, 12 :35.
- Amri C. 2006. Les Collemboles de quelques habitats et biotopes de l'est algérien Inventaire et dynamique saisonnière. Mémoire Magister, Université Mentouri Constantine, Algérie, 108p.

ANBT. 2021. (Agence Nationale des Barrages et Trasferts). Fiche technique de barrage fontaine des gazelles, biskra, algerie: direction de barrage fontaine des gazelles.

Anonyme. 1999. Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (FDR). Annexe II, 24p.

Athmani H., Boulahdid M., Bouchahm N., Hocini N. 2018. Geochimie des metaux traces dans les sediments du barrage de la fontaine des gazelles, Algerie. Université Mohamed KhiderBiskra . Courrier du Savoir – N°26 :481-494pp.

DPAT (Direction de Planification et d'Aménagement du territoire). 2010. Monographie de la wilaya de Biskra de 2009.

Rerboudj A. 2005. Essai de quantification de l'érosion et perspective de la protection du barrage de la Fontaine des Gazelles contre l'envasement (approche numérique). Mémoire de Magister, université Hadj Lakhdar, Batna, Algérie, 147p.

Sayah N. 2018. Etude de la biodiversité du couvert végétale et cartographie de l'occupation du sol autour du barrage de Fontaines des gazelles (Biskra). Mémoire de magister, Université Mohamed Khider Biskra, 104p.

ANBT.(2017). document de barrage: Document de barrage. Fontaine des gazelles, Biskra, Algérie : direction de barrage fontaine des gazelles.

ANBT. (2004). LEVES BATHYMETRIQUES DES BARRAGES EN EXPLOITATION. Fontaine des Gazelles : ANBT.

CHEBBAH, M. (2007). Lithostratigraphie, Sédimentologie et Modèles de Bassins des dépôts néogènes de la région de Biskra, de part et d'autre de l'accident Sud atlasique (Zibans, Algérie).

CONSTANTINE : UNIVERSITE MENTOURI