

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Mer

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم علوم البحار



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2

Option : « Bioressources Marines »

THÈME

Initiation à l'utilisation du SIG pour l'évaluation et la gestion des
ressources en eau (Cas du Bassin Versant de l'Oued Kebir-Est)

Soutenu le : 30/06/2022

Présenté Par : M^{elle} Magri Zineb et M^{elle} oudainia naziha

Devant le jury composé de :

MME. Gharsallah Zahia	MAA	Présidente	UCBET
MME. Bezzazel Nadia	MAA	Examinatrice	UCBET
M. Bentouili Med Yassine	MAA	Promoteur	UCBET
M Harizi Khaled		Co-promoteur	UCBET

Année universitaire 2021- 2022

DÉDICACE

Je tiens à dédier ce modeste travail tout d'abords

à mes très chers parents qui ont toujours été mes côtés lorsque j'avais besoin d'eux et m'ont soutenu même quand je perdais confiance en moi.

Je dédie aussi ce mémoire à mes frères et mes sœurs que j'aime énormément et à qui je souhaite tous le bonheur du monde

*Je dédie ce travail à mon amie et binôme **Naziha***

*et mes très chères amies :**Bouchra , Jihene , Chaima , Roumaissa**, ainsi que tous ce qui me connaissent sans oublier tous mes amis du département de science de la mer.*

Magri Zineb

DÉDICACE

*En signe de respect et de reconnaissance, je dédie ce
modeste travail à*

*Mes parents : ma très chère mère **Nafissa**, mon très cher père
Mabrouk ;*

*A ma chère sœur **Riheb**, mes deux chers frères **Hani** et **Mohamed***

*A toute la famille **Oudainia** et **Ben Houis***

*Je dédie ce travail à mon amie et binome **Zineb** et mes très chères
amies : **Marwa** , **Malak** , **Roumaissa***

*Mes derniers remerciements, et ce ne sont pas les moindres, vont à
tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce
travail.*

Oudainia Naziha

Remerciements

Tout d'abord nous tenons à remercier ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience pour mener à terme notre formation et pourvoir réaliser ce travail de recherche.

Nos remerciements s'adressent particulièrement à monsieur **Bentouili Mohamed yassine** pour son encadrement de qualité, sa motivation professionnelle, ses conseils et critiques constructives, ses corrections, sa gentillesse et sa patience ainsi pour le temps qu'il a consacré à la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier également mon Co- encadrer M (**Harizi khaled**) pour le temps qu'il nous a consacré et pour les précieuses informations qu'il nous a prodiguées surtout en SIG.

Nous adressons aussi nos vifs remerciements aux membres de jury d'avoir bien voulu examiner et juger ce travail :

Mme Gharsallah Zahia de nous avoir honoré en acceptant de présider le jury de soutenance.

Mme Bezzazel Nadia d'avoir accepté d'examiner notre modeste travail.

Nous adressons également nos remerciements à tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie Chadli Ben Djedid.

Enfin, nos remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire

Nazíha et Zíneb

ملخص

يعتبر الحصول على مياه الشرب، ولا سيما في المنطقة الشمالية الجزائرية بصفة عامة في الشمال الشرقي، عاملا رئيسيا في التنمية الاقتصادية، إذ يحسن الأحوال المعيشية للسكان ويحافظ عليها. يتميز حوض مياه وادي الكبير الشرقي، الذي يقع في أحد أكثر مناطق البلاد غنى بالمياه، بمناخه الممطر والرطب الذي يسمح السيالان الكبير للمياه السطحية.

الهدف من هذه الدراسة هو رسم خريطة لإمكانيات المياه الجوفية في منطقة الدراسة من أجل توفير نوعية جيدة ومياه كافية للسكان. وتم تلخيص المنهجية المعتمدة لتنفيذه في ثلاث مراحل. في البداية تم إختيار وتوحيد مختلف العوامل المتعلقة بدراسة الموارد المائية على أساس البيانات التي اختارتها سلطات المياه في ولاية الطارف. وأخيرا، فإن الخرائط التي تبين مدى توافر موارد المياه الجوفية والمياه السطحية وإمكانية الوصول إليها وإمكاناتها في مجال الدراسة أنتجها نظام SIG ، ولا سيما برنامج QGIS. ثم إستخدمنا برنامج WEAP (تقييم وتخطيط المياه)، وهو أداة لتقييم كمية المياه السطحية والجوفية ومحاكاة نماذج لسيناريوهات مختلفة.

وقد أتاح لنا تنفيذ برنامج WEAP بشأن مجتمعات مياه حوض وادي كبير الشرقي تقييم تطور الطلب على المياه في مجتمعات هذا الحوض استنادا إلى بيانات سيناريو الفترة المرجعية من 2010/2011 إلى 2030.

الكلمات الأساسية:

حوض مياه وادي كبير-شرق؛ نظام GIS ، برنامج QGIS؛ برنامج WEAP ؛ إدارة الموارد المائية

Résumé

L'accès à l'eau potable, notamment dans le Nord-algérien en général, particulièrement dans la partie nord-est constitue un facteur primordial dans le développement économique, l'amélioration des conditions de vie des populations et leur maintien en place. Le Bassin versant de l'oued kebir-est qui se trouve dans l'une des zones les plus arrosés du pays se distingue par la particularité de son climat pluvieux et humide qui favorise un écoulement important des eaux de surface.

La présente étude a eu pour objectif de cartographier les potentialités en eau souterraine de la zone d'étude afin de fournir de l'eau de bonne qualité et en quantité suffisante aux populations. La méthodologie adoptée pour la conduire s'est résumée en trois étapes. Dans un premier temps, il a été réalisé le choix et la normalisation des différents facteurs liés à l'étude des ressources en eau sur la base des données retenues des autorités de l'eau de la wilaya d'el Taref. Enfin, les cartes de disponibilité, d'accessibilité et de potentialité des ressources en eau souterraine et de surface de la zone d'étude ont été produites par SIG notamment par Le logiciel QGIS. Par la suite, nous nous sommes servi du logiciel WEAP (water evaluation and planning) qui est un outil d'évaluation de la quantité des eaux de surface et souterraines et de simulation et modélisations des scénarios.

L'application du programme WEAP sur le bassin versant de l'oued Kebir-Est nous a permis d'évaluer l'évolution de la demande en eau dans le bassin versant sur la base des données de scénario de référence de l'année 2010/2011 jusqu'à l'année 2030.

Mots clés :

Bassin versant d'Oued Kebir-Est ; SIG, Logiciel QGIS ; Logiciel WEAP ; Gestion des ressources en eau

Abstract

Access to drinking water, particularly in the North-Algerian region in general in the North-East, is a key factor in economic development, improving the living conditions of the population and maintaining them in place. The Wadi kebir- East watershed, which is located in one of the most watered areas of the country, is characterized by its rainy and humid climate, which favors a significant flow of surface water.

The objective of this study was to map the groundwater potential of the study area in order to provide good quality and sufficient water to populations. The methodology adopted to conduct it was summarized in three stages. Initially, the selection and standardization of the various factors related to the water resources study was carried out on the basis of the data selected by the water authorities of the wilaya d'el teref. Finally, the maps of the availability, accessibility and potential of groundwater and surface water resources in the study area were produced by SIG, in particular by QGIS software. We then used the WEAP (water evaluation and planning) software, which is a tool for surface and groundwater quantity assessment and scenario simulation and modeling.

The implementation of the WEAP program on the East Kebir Wadi watershed allowed us to assess the evolution of water demand in the watershed based on baseline scenario data from 2010/2011 to 2030.

Keywords:

Wadi Kebir-East Watershed; GIS, QGIS Software; WEAP software; Water resources management

Listes des abréviations et des unités :

1- Liste des abréviations

ANRH	Agence Nationale Des Ressources Hydraulique
DSA	Direction Des Services Agricoles
RGPH	Recensement Général De Population Et De L'habitat
INSFP	Institut National Spécialisé Dans La Formation Professionnelle
CFPA	Centre De Formation Professionnelle Accueillant
ETP	Evapotranspiration Potentiel
ETR	Evapotranspiration Réel
ANBT	Agence National Des Barrages Et Des Transferts
BV	Bassin Versant
PNEK	Parc National d'El Kala
QGIS	Quantum Gis
SIG	Système D'information Géographique
WEAP	Water Evaluation And Planning System
OSGeo	Open Source Geospatial

GPL	Général Public Licence
AEP	Alimentation En Eau Potable
SEI	Stockholm Environment Institute
AGIR	Agence des gestion intégrée des ressources en eau
DHW	Direction d'hydraulique d'El taref
ADE	Algérien des eaux

2- Liste des unités :

km²	Kilomètre Carré
km	Kilomètre
m³	Mètre Cube
m	Mètre
ha	Hectare
mm	Milimètre
mm /an	Milimètre Par An
m / km	Mètre Par Kilomètre
m³/s	Mètre Cube Par Seconde
Hm³	Héctomètre Cube
Hm³/ans	Héctomètre Cube Par Ans
L /s	Litre Par Seconde
Million m³	Million Mètre Cube

%	Pourcent
°	Degré
'	Minute
S	Sud
N	Nord
E	Est
W	Ouest
P	Précipitation
T	Température
N°	Numéro
°C	Degré Celsius

Liste des figures :

Figure 1: Situation géographique du Bassin Versant de l'oued Kebir Est

Figure N° 02 : Extrait de la carte géologique et structurale au 1/500000 de la chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens (Marre. A, 1987) in labar 2003.

Figure 3 : Pluie moyenne Annuelle (1990-2009)

Figure 4 : Pluie moyenne mensuelles des stations les Salines et Ben M'hidi (1990-2009)

Figure 5. Variation des températures moyennes Mensuelles

Figure 06 : Moyennes mensuelles et moyenne annuelle de l'humidité relative de l'aire la station des Salines en % (1975 / 2005)

Figure 07 : Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite dans la Station Les Salines (1990-2009)

Figure 08: Carte hydrogéologique de la wilaya d'El-Tarf (ABH, 2003) in (LABAR, 2003)

Figure 09 : Coupe schématique du système aquifère de la plaine Annaba Bouteldja (hani A 2003)

Figure 10 : Coupe schématique Nord-ouest/Sud-est du système aquifère de la plaine d'El Tarf (Sabri Hamzaoui 2011)

Figure 11 : Le barrage de Mexa (BENCHARAA et BOUADGIDGA 2021)

Figure 12 : lac des oiseaux

Figure 13 : lac oubeira

Figure 14 : Organigramme du travail

Figure 15 : Les composantes d'un SIG

Figure 16: Données Vectoriels

Figure 17: Données Raster

Figure 18 : les données attributaires

Figure 19 : Exemple de vue schématique

Figure 20 : Exemple de vue de donnée

Figure 21 : Exemple de vue de Résultats

Figure 22 : Délimitation de la zone d'étude dans la carte du monde

Figure 23 : Répartition des sites de demande dans le bassin de Kébir-Est

Figure 24 : Répartition des ressources en eau dans le bassin versant de Kebir-Est

Figure 25 : Schématisation du système de distributions des ressources en eau dans WEAP

Figure 26: Choix de la période de simulation

Figure 27 : Répartition de la densité de population dans le BV de Kebir-Est 2011 d'après ONS

Figure 28 : Répartition de la demande en eau dans le BV de Kebir-Est 2011 d'après DHW El Taref

Figure 29 : Variation de la production des eaux souterraines 2011-2021

Figure 30 : Evolution de la demande en eau de la période 2011- 2030

Figure 31: Recouvrement des sites de demande 2011-2030

Chapitre 1 Bref Aperçu Sur le Bassin Versant de l'Oued Kebir-Est (Wilaya d'El Tarf)

INTRODUCTION GENERALE

- 1 Situation géographique :** Error! Bookmark not defined.
- 2 Le couvert végétal :** Error! Bookmark not defined.
- 3 Contexte socio-économique du Bassin versant de l'Oued Kebir-Est :** Error! Bookmark not defined.
 - 3.1 Population :** Error! Bookmark not defined.
 - 3.2 Agriculture :** Error! Bookmark not defined.
 - 3.3 Tourisme :** Error! Bookmark not defined.
 - 3.4 Éducation et formation :** Error! Bookmark not defined.

Chapitre 2 Cadre géologique :

- 1 Stratigraphie :** Error! Bookmark not defined.
 - 1.1 Le Trias :** Error! Bookmark not defined.
 - 1.2 Le Jurassique :** Error! Bookmark not defined.
 - 1.3 Le Crétacé :** Error! Bookmark not defined.
 - 1.4 Le Pliocène :** Error! Bookmark not defined.
 - 1.5 Le Quaternaire :** Error! Bookmark not defined.
- 2 La tectonique :** Error! Bookmark not defined.
- 3 Les terrasses d'Oued el kébir Est:** Error! Bookmark not defined.
 - 3.1 Basse terrasse d'Oued El Kébir Est:** Error! Bookmark not defined.
 - 3.2 Moyenne terrasse de El Kébir Est:** Error! Bookmark not defined.
 - 3.3 Haute terrasse d'El Kébir Est:** Error! Bookmark not defined.

Chapitre 3 Etude Hydroclimatologique

- 1 Etude des facteurs climatiques :** Error! Bookmark not defined.
 - 1.1 Les Précipitation :** Error! Bookmark not defined.
 - 1.1.1 Les Précipitation Annuelles :** Error! Bookmark not defined.
 - 1.1.2 Les précipitations mensuelles :** Error! Bookmark not defined.
 - 1.2 Les Températures :** Error! Bookmark not defined.
 - 1.3 L'humidité :** Error! Bookmark not defined.
- 2 Le bilan Hydrique :** Error! Bookmark not defined.

Chapitre 4 Cadre hydrogéologique

- 1 La nappe de la plaine d'Annaba- Bouteldja Error! Bookmark not defined.**
- 2 La nappe de la plaine d'El Tarf-AinAssel : Error! Bookmark not defined.**

Chapitre 5 Présentation des ressources en eau

- 1 Les ressources en eau du Bassin versant de l'oued kébir-Est :..... Error! Bookmark not defined.**
 - 1.1 Les eaux de surface :..... Error! Bookmark not defined.**
 - 1.1.1 L'oued kebir-Est : Error! Bookmark not defined.**
 - 1.1.2 Le barrage de mexa :..... Error! Bookmark not defined.**
 - 1.1.3 Le barrage de Bougous : Error! Bookmark not defined.**
 - 1.1.4 Le lac des oiseaux : Error! Bookmark not defined.**
 - 1.1.5 Le lac oubeira :..... Error! Bookmark not defined.**
 - 1.2 Les eaux souterraines : Error! Bookmark not defined.**
 - 1.2.1 Nappe libre du massif dunaire de bouteldja :..... Error! Bookmark not defined.**
 - 1.2.2 La nappe de la plaine d'El Taref: : Error! Bookmark not defined.**
 - 1.2.2.1 Nappe profonde:..... Error! Bookmark not defined.**
 - 1.2.2.2 Nappe superficielle : Error! Bookmark not defined.**

Chapitre 6 Matériel et méthode (présentation du SIG et du logiciel WEAP) :

- 1 Organigramme du travail :..... Error! Bookmark not defined.**
 - 1.1 Généralité sur le Système d'information géographique SIG : ... Error! Bookmark not defined.**
 - 1.1.1 Définition SIG (1) : Error! Bookmark not defined.**
 - 1.1.2 Définition SIG (2) : Error! Bookmark not defined.**
 - 1.2 La différence entre le SIG et la cartographie :..... Error! Bookmark not defined.**
 - 1.3 Les composantes d'un SIG : Error! Bookmark not defined.**
 - 1.3.1 Le Matériel :..... Error! Bookmark not defined.**
 - 1.3.2 Les données : Error! Bookmark not defined.**
 - 1.3.3 Les utilisateurs..... Error! Bookmark not defined.**

1.3.4	<u>les logiciels</u>	Error! Bookmark not defined.
1.3.5	<u>Les méthodes ou le savoir à faire</u>	Error! Bookmark not defined.
2	<u>Le logiciel QGIS</u>	Error! Bookmark not defined.
3	<u>Généralié sur le logiciel WEAP :</u>	Error! Bookmark not defined.
3.1	<u>Approche du logiciel WEAP</u>	Error! Bookmark not defined.
3.2	<u>. Structure du programme</u>	Error! Bookmark not defined.
3.2.1	<u>Présentation schématique</u>	Error! Bookmark not defined.
3.2.2	<u>Affichage de données</u>	Error! Bookmark not defined.
3.2.3	<u>Présentation des résultats</u>	Error! Bookmark not defined.
4	<u>Application du SIG et du logiciel WEAP :</u>	Error! Bookmark not defined.
4.1	<u>Délimitation de la zone d'étude dans WEAP:</u>	Error! Bookmark not defined.
4.2	<u>Présentation du Système de distribution de l'eau</u>	Error! Bookmark not defined.
4.2.1	<u>Les sites de demande :</u>	Error! Bookmark not defined.
4.2.2	<u>Les ressources en eaux :</u>	Error! Bookmark not defined.
4.3	<u>Les liaisons de transmission et schématisation du système de distribution :</u> ..	Error! Bookmark not defined.
4.4	<u>Réglage des paramètres généraux et données entrées</u>	Error! Bookmark not defined.
4.4.1	<u>Choix de la période de simulation</u>	Error! Bookmark not defined.
4.4.2	<u>Les données d'entrés pour les sites de demande urbaine</u> .	Error! Bookmark not defined.
4.4.3	<u>Les données d'entrés pour les ressources en eau</u>	Error! Bookmark not defined.
4.4.4	<u>Données pour les ressources en eau souterraine :</u>	Error! Bookmark not defined.
4.4.5	<u>Donnés pour les ressources superficielles :</u>	Error! Bookmark not defined.

Chapitre 7 Résultats et discussions :

1	<u>Exécution du modèle et Analyse des résultats</u>	Error! Bookmark not defined.
1.1	<u>Résultat d'analyse de l'évolution de la demande en eau de différentes communes 2011-2030</u>	Error! Bookmark not defined.
1.1.1	<u>Evaluation de la production des ressources en eau 2011-2021</u>	Error! Bookmark not defined.
1.1.2	<u>Evolution de la demande en eau 2011-2030</u>	Error! Bookmark not defined.

CONCLUSION GENERALE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Introduction

L'eau constitue un enjeu majeur pour le développement durable. Cet élément indispensable est un facteur de développement socio- économique qui mérite autant d'attention. A chaque usage (domestique, industriel ou agricole), correspondent des besoins en eau très variables en quantité et en qualité, suivant les secteurs et surtout les saisons, et face aux pressions combinées de l'augmentation accélérée de la demande et de la détérioration continue de la qualité de l'eau, les modèles de gestion du passé ne suffisent plus à la tâche; il faut désormais sortir du mirage technologique et repenser en profondeur les approches qui permettront de satisfaire les besoins de l'homme tout en maintenant la qualité des systèmes naturels qui supportent l'existence même de la collectivité humaine (**Burton, 2001**).

La problématique de l'eau constitue un domaine prioritaire tant au niveau des instances nationales, régionales qu'internationales ; en particulier, dans les zones arides ou semi arides ou la demande croissante en eau est associées à une diminution de cette ressource.

Le développement industriel ne s'accompagne pas seulement de l'utilisation intensive des sources d'eau et de la dégradation de leur qualité. Il s'accompagne aussi de la pollution de l'air et de l'atmosphère en entier. Celle-ci s'accompagne à son tour de la hausse de température globale, de la montée du niveau de la mer...

Selon ce texte, le premier principe sur lequel se fonde l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau, et le droit à l'accès à l'eau et à l'assainissement pour satisfaire les besoins fondamentaux de la population, dans le respect de l'équité en matière de services publics. Devant des besoins en eau douce qui ne cessent de croître et vu l'impossibilité de se contenter seulement de ces ressources naturelles conventionnelles, un programme de mobilisation des ressources en eau a été mis en œuvre, au début des années 80, avec un rythme particulièrement soutenu en matière de construction de barrages-réservoirs (Benayache, 2014)

La Wilaya d'El Taref jouit sur le plan hydrique d'un double avantage : les eaux superficielles du Nord qui quadrillent la quasi-totalité du territoire de la wilaya (Oued Kébir, oued Bounamoussa, Oued El- Hout.....), et les eaux souterraines représentées principalement par

deux importants systèmes aquifères répartis sur la plaine d'Annaba- Bouteldja et la plaine d'El taref-Ain Assel.

La région d'El Taref est une zone essentiellement rurale où les ressources hydriques sont fortement sollicitées pour les activités agricoles. La dégradation de la qualité des eaux naturelles est provoquée par les rejets liquides domestiques et industriels. La charge de ces rejets est de plus en plus croissante avec le développement socio-économique de la région

L'objectif de ce présent travail, est l'évaluation des ressources en eaux dans le bassin versant du Kebir-Est par l'utilisation du Système d'information géographique et du logiciel QGIS (3.16) en premier lieu, puis on va analyser l'évolution de la demande en eaux des communes par rapport aux ressources disponibles notamment celle destinées à l'alimentation en eau potable (AEP), fraction qui représente la demande principale dans la zone dans la période 2011-2022. Aussi On va procéder à l'utilisation du logiciel WEAP afin de suivre l'évolution du système jusqu'à l'horizon 2030 afin d'améliorer la gestion actuelle de l'eau et favoriser une meilleure harmonisation entre les diverses utilisations des communautés humaines sans compromettre les écosystèmes aquatiques qui demeurent propres et durables pour les nouvelles générations.

Introduction :

Dans les bassins versants du Nord-Est Algérien, la pollution présente un problème complexe. L'utilisation des caractéristiques physiques du milieu est très utile car elle permet d'expliquer l'ampleur et l'évolution du processus de pollution sur les versants. C'est pourquoi, nous avons consacré ce chapitre sur la description de la région d'étude et à la reconnaissance caractéristiques physiques du bassin versant de l'Oued Kébir Est pour montrer l'influence des facteurs physique à la stabilité du milieu.

Chapitre 1 : Bref Aperçu Sur le Bassin Versant de l'Oued Kebir-Est (Wilaya d'El Tarf)**1 Situation géographique :**

Située à l'extrême Nord-est Algérien, la wilaya d'El Taref comprend 24 communes et 07 daïras, et s'étend sur près de 3055,48 km² avec un littorale de 90 km, limitée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par les wilayas de Souk Ahras et Guelma, à l'Ouest par la wilaya d'Annaba et à l'Est par la République de Tunisie (Fig.01).

En fait, El Taref est de création récente (1998). Elle abrite une population totale de 420246 habitants soit une densité de 129 habitants par km².

Le bassin versant de l'Oued Kebir Est, est un Bassin de l'Oued El Kebir... En raison de l'existence de deux oueds portant le nom de l'oued El Kebir (région de Skikda et région d'Annaba El Kala), appartenant aux bassins côtiers constantinois, l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) a attribué le nom de Oued Kebir-Est à ce bassin... ce dernier est situé à l'amont de la commune d'Ain- Assel. Il est contigu aux versants nord du dernier tronçon de la chaîne septentrional de l'Atlas tellien. Le bassin versant de Kebir Est se trouve inclus, à environs 50%, dans chacun des deux pays voisins : l'Algérie et la Tunisie. Sa plaine, formée par la réunion de trois oueds importants (Kebir, Ballouta, Bougous), draine les flancs des montagnes de Kroumirie et reçoit, dans sa vallée moyenne, de nombreux affluents sur rive gauche dont Guergour, Bouhaloufa sont les plus importants.

Le bassin versant de l'Oued Kébir Est limité:

- Au Nord, par le cordon dunaire de Bouteldja formant un obstacle avec la mer Méditerranée,
- Au Sud, par les collines d'Oum Diss et Rhorra,
- A l'Est, par les communes d'Ain Drahem et Fernana,
- A l'Ouest, par le bassin versant de Bounamoussa

Le bassin versant de l'Oued Kébir Est s'étend sur une longitude allant de 7°58' à 8°35', une latitude de 36°30' à 36°55'. Il occupe une superficie de 681,33 km² Et englobe les communes de : Bouteldja, El Taref, Bougous, Chaffia, Ain Assel, Ain Kerma, Raml El Souk, Lac des Oiseaux, Berrihane et aussi Ain Drahem et Fernana en Tunisie. (TORKI 2010)

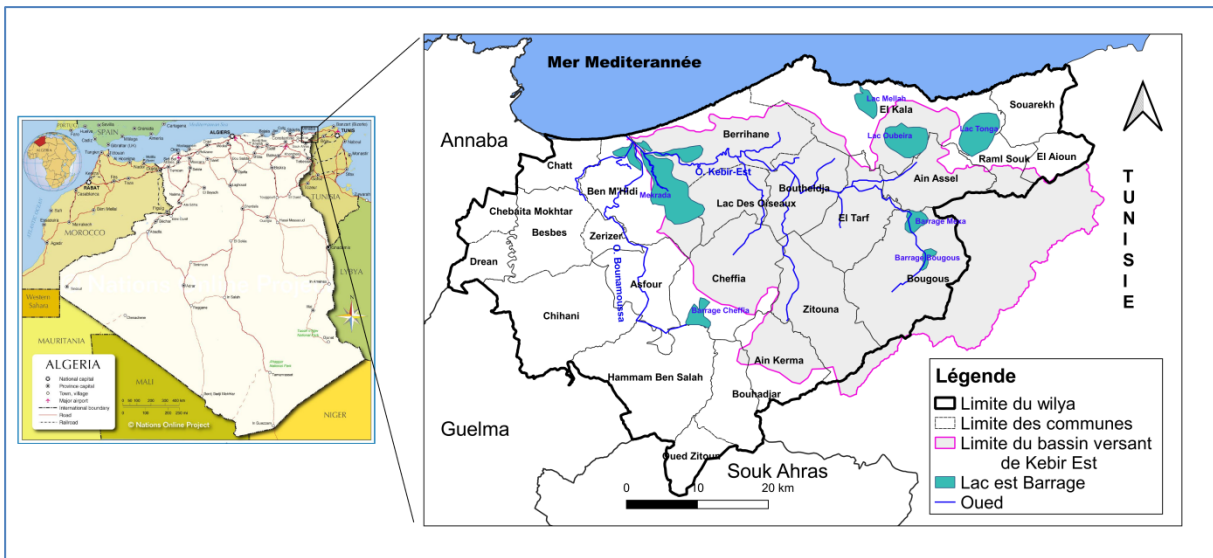


Figure 1: Situation géographique du Bassin Versant de l’oued Kébir Est

2 Le couvert végétal :

Le développement de la couverture végétale dépend de la combinaison des facteurs physico-géographiques tels que le climat, le relief, la lithologie et l'action humaine qui s'impose par la mise en culture des terres. Pour cela, il est nécessaire de connaître les différents types de végétaux et leur répartition dans le bassin de Kébir Est. La couverture végétale joue un rôle important dans l'écoulement superficiel et la protection du sol contre l'érosion hydrique et le transport des matériaux solides.

Tableau N°1 : peuplement forestiers dans la wilaya d’El Tarf (d’après le plan d’aménagement de la wilaya d’El Traf)

Espèces	Superficie en (ha)	Participation en (%)
Maquis	62173	37.06
Chêne Liège	59563	35.5
Pin maritime	18542	11.05
Eucalyptus	13047	7.78
Chêne zeen	6492	3.86
Clairière	4078	2.44

Peupliers	1278	0.76
Oléastre	1024	0.61
Autre espèce	850	0.51
Aulune	730	0.43
Total	167777	100%

3 Contexte socio-économique du Bassin versant de l’oued Kebir-Est :

Le Bassin versant de l’oued Kebir-Est est inclus en sa plus grande partie dans la wilaya d’El-Tarf hormis la partie Est qui se trouve sur le territoire tunisien. Faute de données socio-économiques des agglomérations tunisiennes du Bassin versant, notre étude porte sur la partie se trouvant sur le territoire algérien. Les communes principales concernées sont donc les communes de :

- Ramel Souk, Ain Assel, Bougous, El Taref, Zitouna,
- Ain Kerma, Bouteldja, Lac des oiseaux et Berrihane

3.1 Population :

Ces localités réunies rassemblent 130 492 habitants en 2013 selon la direction des services agricoles (DSA) d'El-Taref. Ainsi le tableau suivant illustre la répartition de cette population par commune dans le Bassin versant. Le calcul a été fait à partir du dernier recensement général de population et de l'habitat (RGPH) datant de 2008.

3.2 Agriculture :

Selon (ANDI, 2013), El Taref est « marquée par une vocation agricole de longue date et conserve aujourd'hui encore un réseau d'exploitation très riche avec une dominance des cultures herbacées. » Le vignoble n'occupe que 1,66 % de la surface agricole utile, L'arboriculture qui n'occupe que 8,13 % de la surface agricole utile, la culture industrielle de la tomate, de l'arachide et du tabac qui sont des créneaux naturellement de la région. La richesse floristique est estimée à 600 espèces qui s'étendent sur un espace forestier de 166.311 Ha. Selon (ANDI, 2013), l'agriculture dispose d'une Superficie Agricole Utile de 73.346 Ha et d'un potentiel forestier important dans toute la wilaya d'El Taref.

3.3 Tourisme :

Toujours selon (ANDI, 2013), la wilaya dispose d'un parc touristique très riche et très diversifié qui lui confère une place de choix dans le domaine du tourisme national voir international :

- 15 Hôtels dont 5 classés avec une capacité d'accueil de 150 lits.
- 05 zones d'expansions touristiques d'une superficie de 5185 ha dont 1033 ha aménageables.
- 13 plages situées le long de la corniche.
- 06 stations thermales dont l'eau est propice aux thérapies des maladies

3.4 Éducation et formation :

L'ensemble de la wilaya disposait de 2 300 classes d'écoles pour 7 856 dans, l'enseignement primaire en 2013 contre 51 392 collégiens (1 831 classes), L'enseignement secondaire comptait 19 510 élèves classés dans 20 lycées. L'université de la wilaya d'El Taref accueillait 10 500 étudiants au cours de la même année. (ANDI, 2013) Dans la formation professionnelle, Institut national spécialisé dans la formation professionnelle (INSFP) et 8 centres de formation professionnelle (CFPA) accueillent 3985 stagiaires. Tous ces élèves et étudiants jouent un grand rôle dans la consommation, la gestion et l'estimation de l'eau.

Chapitre 2 Cadre géologique :

La géologie de la wilaya d'El Tarf, comme pour le reste de la région frontalière algéro-tunisienne, se résume grossièrement dans les terrains telliens à la limite du domaine interne des Maghrébides formant l'essentiel du littoral Est algérien. Il s'agit d'une région formée essentiellement de terrains secondaires et tertiaires surmontés par des formations néogènes et quaternaires (**Marre en 1987**).

Ainsi, l'histoire géologique de cette wilaya ne débute qu'à partir du Trias et où se développent, principalement, les formations crétacées et oligo-éocènes et marginalement les affleurements miocènes et plio-quaternaires. En effet, cette région est développée juste à la limite Est et Sud-Est de l'accident délimitant par le Sud les terrains appartenant au domaine interne, ex du massif de l'Edough autour de Annaba.

Cependant, pour mieux étudier la géologie de cette région, il serait judicieux de l'examiner sur la base d'une étude stratigraphique, en allant du plus ancien des affleurements au plus récent.

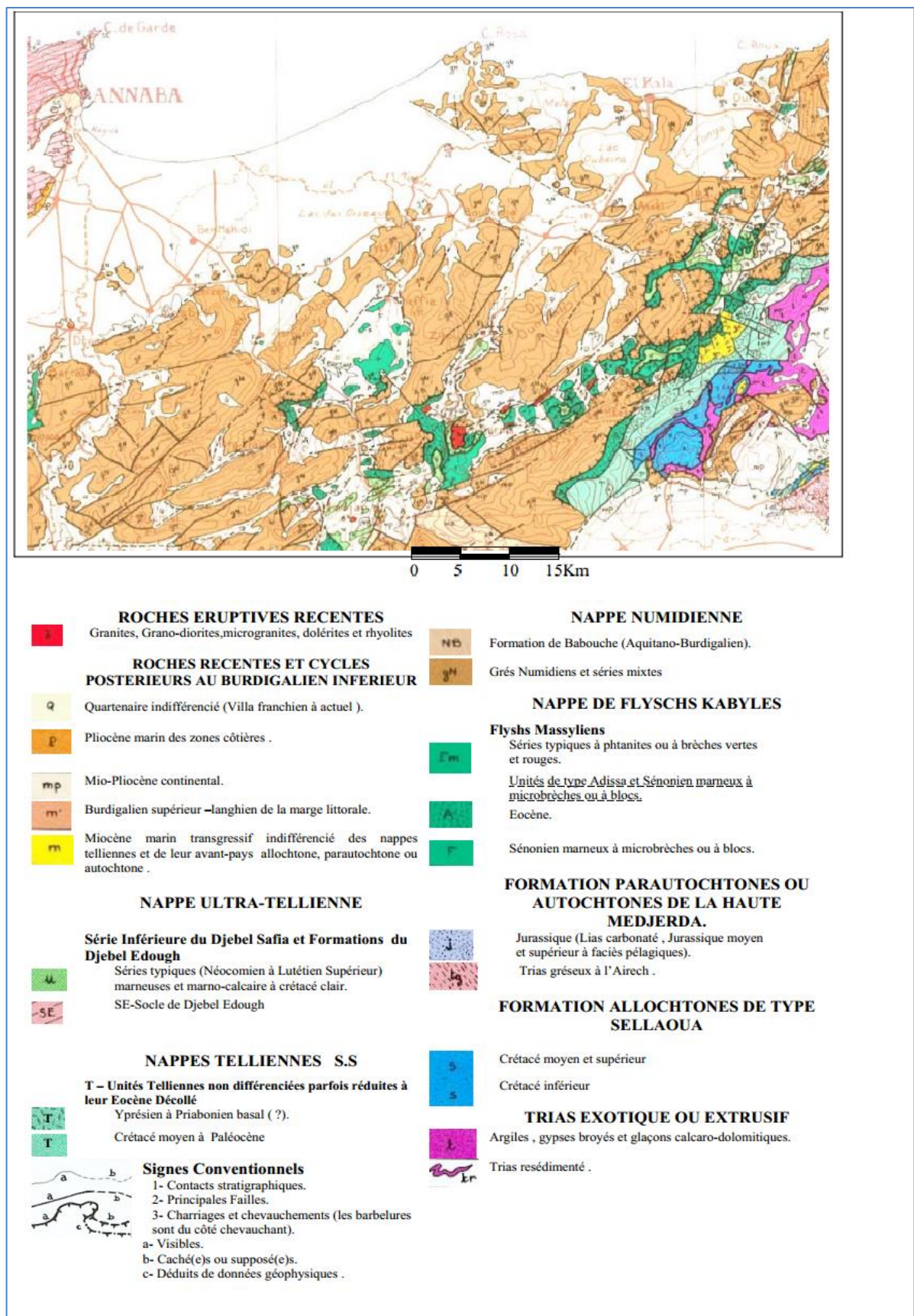


Figure N° 02 : Extrait de la carte géologique et structurale au 1/500000 de la chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens (Marre. A, 1987) in labar 2003.

1 Stratigraphie :

L'analyse stratigraphique des principaux affleurements développés à travers le territoire de cette wilaya met en évidence la succession de terrains variés dont l'âge des plus anciens débute au Trias. Les terrains plus anciens ne sont connus qu'en dehors de cette wilaya, dans le massif de l'Edough autour d'Annaba. Un massif appartenant au domaine interne des Maghrébides. Ainsi la géologie de la wilaya d'El Tarf se résume dans les affleurements appartenant au domaine tellien externe, dont l'histoire géologique varie du Trias jusqu'au Miocène moyen. Le Néogène et le Quaternaire constituent pour cette wilaya l'équivalent du domaine post-nappes (H. Rouvier in Ramdani, 1996).

1.1 Le Trias :

Les principales formations triasiques dans cette région n'affleurent qu'en dehors de cette wilaya, il n'y a qu'un seul pointement développé autour de Dj. M'sid à la limite Sud de cette wilaya. Elles ne sont donc signalées ici qu'à titre indicatif afin de reconstituer et de suivre l'évolution paléogéographique de cette région. Le Trias dans cette région est souvent représenté par le gypse, les évaporites et les argiles bariolées.

1.2 Le Jurassique :

Le jurassique est absent dans la wilaya d'El tarf, il n'est cité ici qu'à titre indicatif pour retracer les principaux événements de l'histoire géologique de cette région. Il existe toutefois quelques affleurements jurassiques en dehors de cette wilaya, dans la région de Souk Ahras au Sud, aux environs de Guelma au SW et dans les régions limitrophes de la Tunisie ou dans le domaine interne des Maghrébides entre Annaba et Skikda à l'Ouest.

1.3 Le Crétacé :

Les terrains crétacés sont relativement plus répandus que les terrains jurassiques dans cette région, mais qui n'affleurent que dans le domaine montagneux au Sud.

Les faciès les plus caractéristiques du Crétacé de cette région sont les argiles qui donnent parfois le caractère d'une formation schisto-gréseuseuse. Ils affleurent à travers plusieurs secteurs de cette partie de la wilaya, particulièrement, sur les deux rives de l'oued Cheffia entre Dj. Bou Abed au NW et Dj. Souani au SE, et sur la rive gauche de l'oued Soudan à l'Est de Draa Maïda, au Sud de l'agglomération de Asfour.

Le Crétacé est également très répandu autour de Aïn Kerma dans la vallée de l'oued Zitoun entre Zitoun et Aïn Kerma au Sud de l'agglomération d'El Tarf. Comme il arrive de le rencontrer sur les reliefs de la Haute Medjerda à la frontière algéro-tunisienne et au Sud de la wilaya d'El Tarf dans sa frontière avec celle de Souk Ahras au Sud de Dj. Msid.

Ils existent aussi d'autres faciès crétacés, mais qui affleurent en bordure de cette wilaya ou dans les wilayas limitrophes telles que Guelma.

- **L'Eocène et l'Oligocène :**

Ils sont représentés par des faciès argilo-gréseux d'âge numidien.

Les argiles numidiennes sont très répandues dans cette wilaya, surtout à travers les reliefs du domaine montagneux au Sud et dans le domaine des reliefs collinaires au NE. Ces formations sont souvent associées aux grès de même âge (les grès numidiens) et appartiennent tous, selon Vila. W (1983) à la nappe numidienne, classée ici dans le domaine du Tell externe. Ce sont des terrains qui évoluent souvent côte à côte, mais où la morphologie est différente, avec un ravinement fréquent dans les argiles et une altération en sable ou sablo argileuse dans les grès.

- **Le Miocène :**

Le Miocène dans cette région est représenté par les formations d'âge Pontien, il s'agit de formations sableuses, de conglomérats et d'argiles rouges ou grises. Le Miocène dans la wilaya d'El Tarf affleure nettement moins que l'Eocène et l'Oligocène, il n'est présent qu'aux alentours de Aïn El Kerma à l'amont de l'oued Zitoun et sur les deux rives de l'oued Cheffia et à l'amont de l'oued Bougous, en contrebas de Dj. Loulidja.

1.4 Le Pliocène :

Les mollasses calcaires marines et dunaires datées sur la carte géologique de Boutheldja, ex Blandan, de formations post-pliocènes sont probablement d'âge pliocène ou du moins fini pliocène.

Ce sont des formations qui affleurent dans plusieurs endroits de cette wilaya, particulièrement à l'Ouest d'El Kala, sur la façade Nord du Lac Melah et autour du Cap Rossa au NE du cordon dunaire de Berrihane.

1.5 Le Quaternaire :

Le Quaternaire dans cette zone n'est bien développé que dans la plaine de Ben M'Hidi et sur la marge littorale. Il est représenté par le remplissage alluvionnaire et par les dépôts fluviomarins très développés sur la zone littorale de cette wilaya et par les dépôts éoliens issus des différentes phases régressives quaternaires (**Joleaud. L, 1936**).

2 La tectonique :

Cette analyse stratigraphique a permis de relever que le territoire de la wilaya d'El Tarf appartient dans sa totalité au domaine externe des Maghrébides, le domaine interne n'est présent que sur sa marge occidentale, dans la région de Annaba.

Ainsi, les caractères de la déformation dans la wilaya d'El Tarf sont ceux des terrains telliens du domaine externe nappé et dont la majeure partie des formations sont des argiles et des grès numidiens. Ce sont des terrains plissés et faillés, parfois même chahutés où s'intercalent d'autres formations nappées crétacées et miocènes.

Les témoins de la déformation, à la fois souple et cassante, sont conformes aux structures telliennes et sont dominées par la direction NE-SW. Il arrive, cependant de voir des structures orientées suivant d'autres directions, comme les structures subméridiennes et celles orientées NW-SE.

3 Les terrasses d'oued el kébir Est:

3.1 Basse terrasse d'Oued El Kébir Est:

La pente de la terrasse d'oued El Kébir Est est très faible d'où la naissance des marécages qui sont répandus presque sur toute la plaine.

3.2 Moyenne terrasse de El Kébir Est:

La moyenne terrasse d'El Kébir Est reflète une liaison avec la basse terrasse et le bassin versant. Elle est drainée par la basse terrasse.

3.3 Haute terrasse d'El Kébir Est:

Elle est discontinue avec une série de faible puissance totalement drainée par le bassin versant sur les pentes.

Conclusion :

D'après la présentation géologique, tectonique et structurale de notre région d'étude, il ressort que :

- □ Le Quaternaire est représenté sur une grande majorité des terrains dans la région. Le processus de sédimentation est le résultat des cycles de transgression et régression constitue un matériel de remplissage avec une importance hydrogéologique.

- ☐ Les argiles et les grès numidiens se localisent au niveau des collines et des montagnes et formes des terrains de très faible perméabilité.
- ☐ Les dunes constituées de matériels sableux représentent des zones d'alimentation et de stockage des eaux souterraines du massif dunaire de Bouteldja.
- ☐ Les formations aquifères du système alluvionnaires de la vallée d'El Kébir Est et des sables dunaires sont les meilleurs réservoirs.

Chapitre 3 : Etude Hydroclimatologique

Pour mieux comprendre l'état des réserves des eaux souterraines et de surface, l'étude des conditions climatiques et des caractéristiques hydrodynamiques demeure indispensable. Ce sous-chapitre traite les caractéristiques climatiques, il s'agit d'une vue d'ensemble et d'un résumé des indicateurs caractérisant les conditions de recharge.

Notre étude est basée sur les données disponibles des deux stations pluviométriques, les plus proches de la zone du massif dunaire de Boutheldja, les Salines et Ben M'hidi pour une période d'observation de 20 ans (1990 / 2010). La carte pluviométrique de l'ANRH montre que le massif dunaire de Boutheldja située entre les isopièzes de 600 et 800 mm/ans.

1 Etude des facteurs climatiques :

1.1 Les Précipitation :

1.1.1 Les Précipitation Annuelles :

Constituants un facteur essentiel qui caractérise le climat d'une région, elles jouent un rôle prépondérant dans le comportement hydraulique des cours d'eau et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines. En ce qui concerne la pluviométrie (précipitations), la moyenne annuelle pour la période 1950/1996, était de 785 mm (station de Boutheldja); tandis que pour la période 1990 / 2010 elle est de 670 mm pour la station les Salines et 627mm pour la station Ben M'hidi mais ce chiffre varie également au cours des années (par exemple, 987.7mm pour 2004 et 408 mm pour 1997 (fig.3).

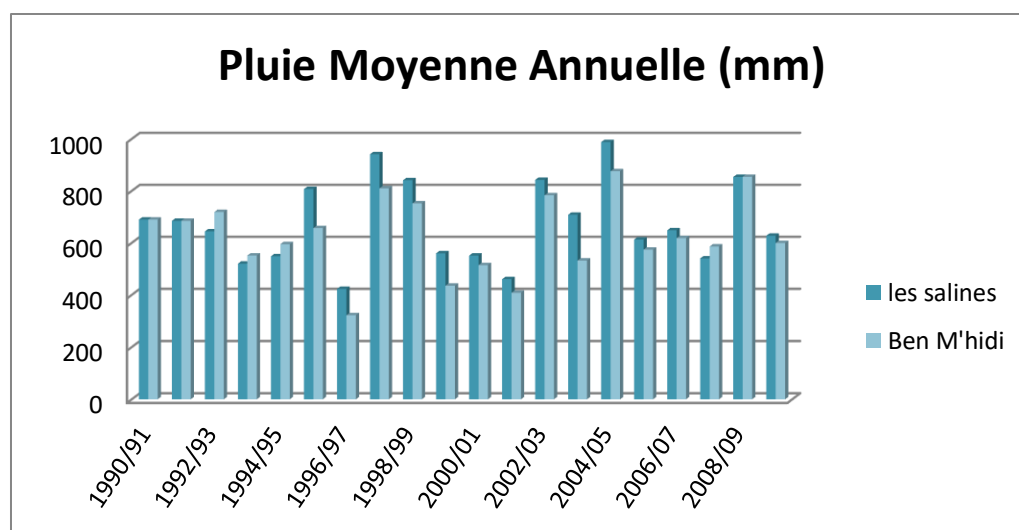


Figure 3 : Pluie moyenne Annuelle (1990-2009)

1.1.2 Les précipitations mensuelles :

Les principaux événements pluvieux ne sont pas répartis uniformément dans l'année, la plupart des pluies tombant entre septembre et mai, et la période estivale étant presque entièrement sèche. Dans les ensembles de données, une baisse générale des précipitations est identifiée comme la tendance générale, marquant le fait que la disponibilité de l'eau douce devient globalement plus faible. Cela a également un effet direct sur la quantité d'eau souterraine exploitée.

Sur une période d'observation qui s'étale sur plus de 19 ans, les précipitations moyennes mensuelles dans les deux stations sont représentées sur les histogrammes suivants. Ces histogrammes, donnent un aperçu sur les variations mensuelles et pluriannuelles des précipitations dans la région d'étude. Décembre est le mois le plus pluvieux au niveau des deux stations où on a enregistré une moyenne de l'ordre de 120 mm pour la station Les salines et 107 mm pour la station de Ben M'hidi. Tandis que le mois de juillet est le mois le moins pluvieux auquel on note une moyenne pour les deux stations variant entre 2 et 3.04 mm.(fig.04)

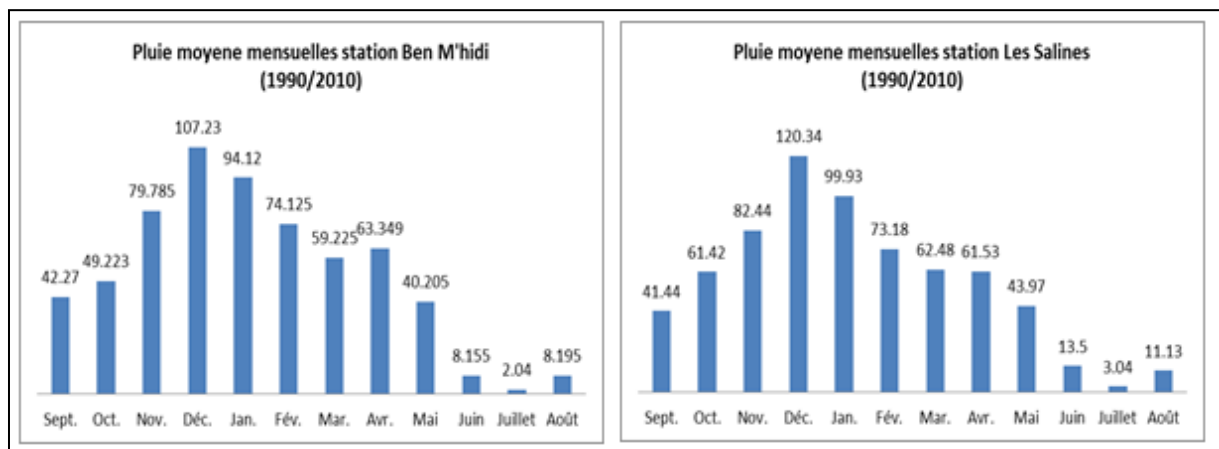


Figure 4 : Pluie moyenne mensuelles des stations les Salines et Ben M'hidi (1990-2009)

1.2 Les Températures :

Les températures sont le deuxième facteur important dans l'étude climatique car agissant directement sur le phénomène d'évapotranspiration et donc le déficit d'écoulement annuel et saisonnier.

Les températures utilisées se rapportent aux stations des Salines et de Ben M'hidi (20ans d'observation). Les températures moyennes mensuelles mesurées dans les deux stations sont reportées dans le tableau suivant :

Tableau N° 2 : Température moyenne mensuelles

T (C°)	Sept	Oct.	Nov	Déc.	Ja n.	Fév.	Mar	Avr.	Ma i	Juin	Juill et	Aoû t
les	22.7	19.8	15.3	13.0	11.	11.4	13.1	15.2	18.	22.5	25.09	26.0
Salines	1	1	2	1	1	7	3	3	7	5		2
Ben	23.4	20.2	15.4	12.3	10.	11.2	13.2	15.2	18.	22.1	24.93	26
M'hidi	3	6	3	4	8	6	6	3	7	4		

Le tableau des températures moyennes mensuelles (tab.02) montre une différence assez proche entre les températures des deux stations.

Les plus faibles valeurs sont mesurées aux mois de décembre, janvier, février et mars où on remarque que le mois le plus froid est le mois de janvier (avec une température de l'ordre de 11°C aux Salines et de 10.8°C à Ben M'hidi). Par contre les plus fortes valeurs caractérisent les mois de juin, juillet et août où on remarque que le mois le plus chaud est le mois d'août (avec une température de l'ordre de 25.09°C aux Salines et de 24.93°C à Ben M'hidi.(fig 05)

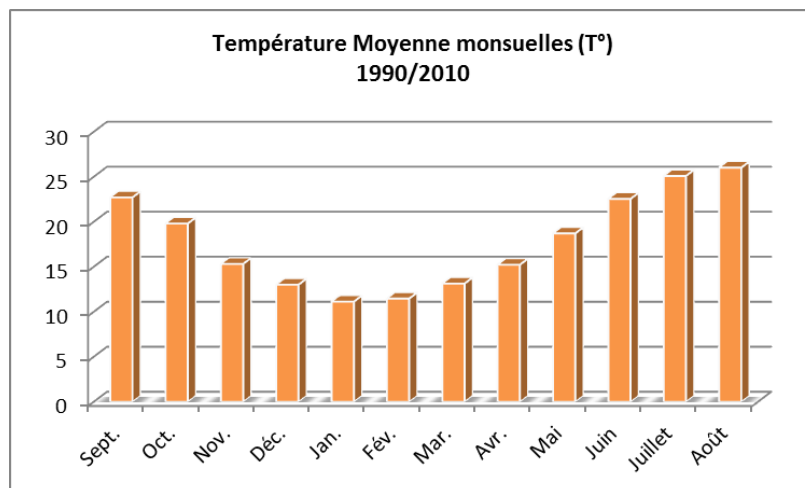


Figure 5. Variation des températures moyennes Mensuelles

1.3 L'humidité :

L'humidité relative de l'aire correspond au rapport de la tension de vapeurs réelles

Observées par la tension de la vapeur saturante à la même température. Elle nous permet de donner une idée sur l'état de l'atmosphère s'il est plus ou moins proche de la condensation.

Ce paramètre est utilisé comme coefficient de correction de l'évapotranspiration lorsqu'il est inférieur à 50%. A la station des salines (1975/2005), les moyennes mensuelles de l'humidité relative varient de 70% en été (juillet) à 78% en hiver (janvier). La moyenne annuelle est de 74 % (Fig.06).

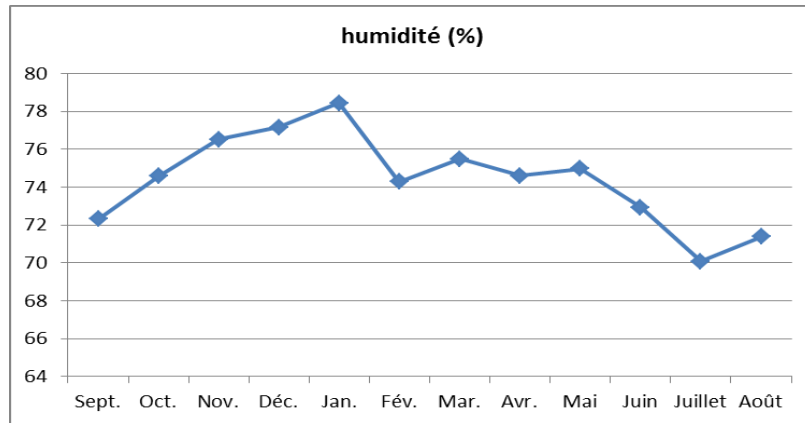


Figure 06 : Moyennes mensuelles et moyenne annuelle de l'humidité relative de l'aire à la station des Salines en % (1975 / 2005)

2 Le bilan Hydrique :

Les précipitations et la température moyennes mensuelles ont été utilisées pour calculer l'évapotranspiration potentielle avec la méthode Thornthwaite.

Les résultats du bilan hydrique annuel selon la méthode Thornthwaite révèlent une "ETP" extrêmement élevée avec une moyenne d'environ 900mm. L'ETR représente en moyenne environ 54% des précipitations totales. Dans l'ensemble, les périodes de recharge des nappes sont observées 6 à 7 mois de l'année d'octobre à avril. Il faut noter que ces pluies contribuent à la recharge de la nappe soit directement dans la plaine dans les zones perméables, soit par les massifs gréseux qui entourent la plaine.(fig 07)

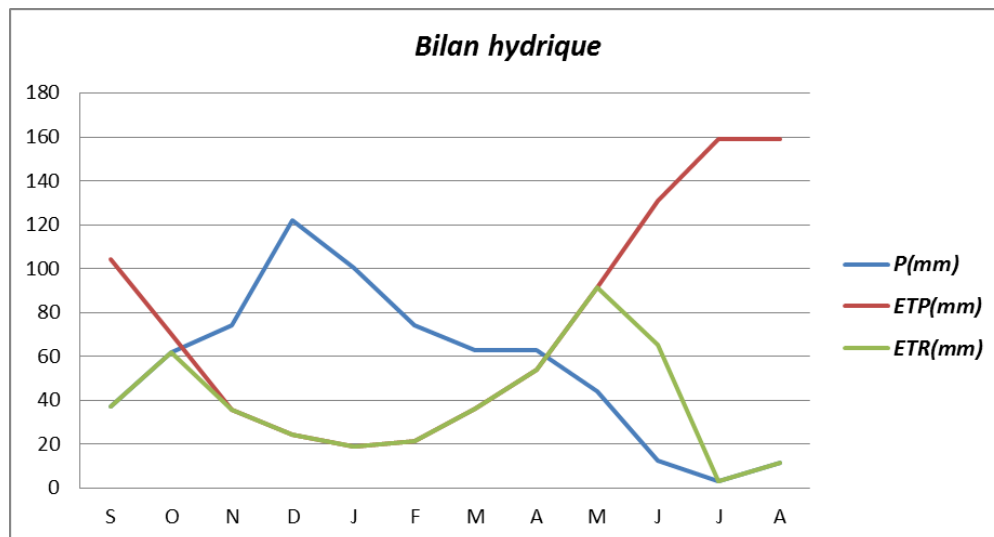


Figure 07 : Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite dans la Station Les Salines (1990-2009)

Chapitre 4 Cadre hydrogéologique

La carte hydrogéologique de la wilaya d'El-Tarf (Figure 08) établie par l'agence de bassinhydrographiqueConstantinois-Seybousse-Mellegueen2003distinguelesdifférentsaquifères existants dans la région. Deux importants systèmes aquifères sont répartis sur la plaine d'Annaba- Bouteldja et la plaine d'El tarf-Ain Assel.

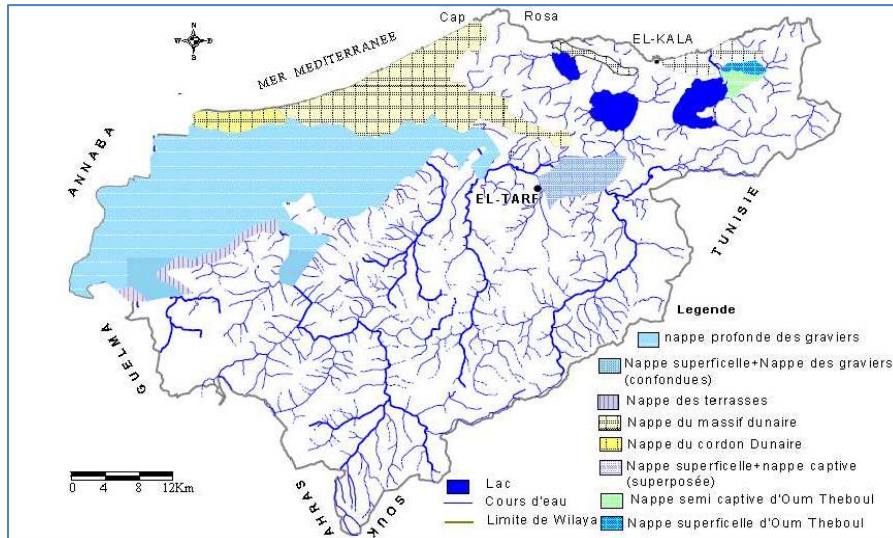


Figure 08:Carte hydrogéologique de la wilaya d'El-Tarf (ABH,2003) in (LABAR,2003)

1 La nappe de la plaine d'Annaba- Bouteldja

Cette plaine est caractérisée par une nappe profonde très intéressante appelée nappe des graviers. Elle est surmontée par une nappe libre couvrant l'ensemble de la plaine. Elle est limitée au sud par la nappe superficielle des terrasses constituée par des cailloutis et des galets, et a un ord par les deux nappes:

- Nappe superficielle du cordon dunaire au Nord-Ouest qui est constituée de sables dunaires éoliens et repousseur un substrat umargileux.
- Nappe superficielle du massif dunaire de Bouteldja du côté Nord Est, formée de sables éoliens épais souvent avec intercalations de lentilles d'argile.(fig 09)

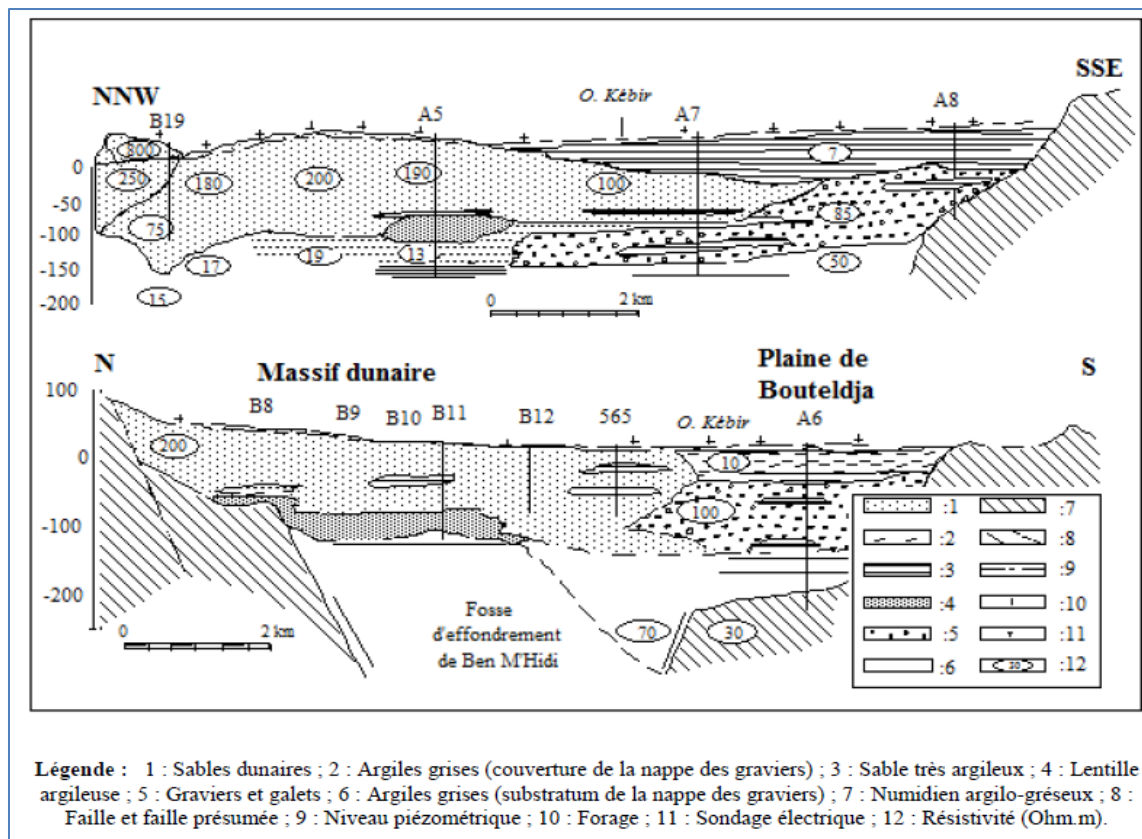


Figure 09 : Coupe schématique du système aquifère de la plaine Annaba- Bouteldja (hani A 2003)

2 La nappe de la plaine d'El Tarf-AinAssel :

Elle est caractérisée par la superposition de deux nappes: Nappe superficielle et nappe profonde captive

- Nappe superficielle couvrant l'ensemble de la plaine d'El Tarf, contenue dans des formations alluvionnaires et des argiles plus ou moins sableuses, Elle repose sur un substratum argileux qui forme le toit de la nappe captive des graviers.
- Nappe captive constituées essentiellement de galets et graviers et repose sur un substratum marneux imperméable. Dans ses rapports l'agence du bassin hydrographique Seybousse-Mellègue signale que dans la région Nord-*Ouest, cette nappe est en contact avec la nappe superficielle de Boutheldja dans sa limite Sud-Est et au niveau de Ain Khiair.(fig 10)

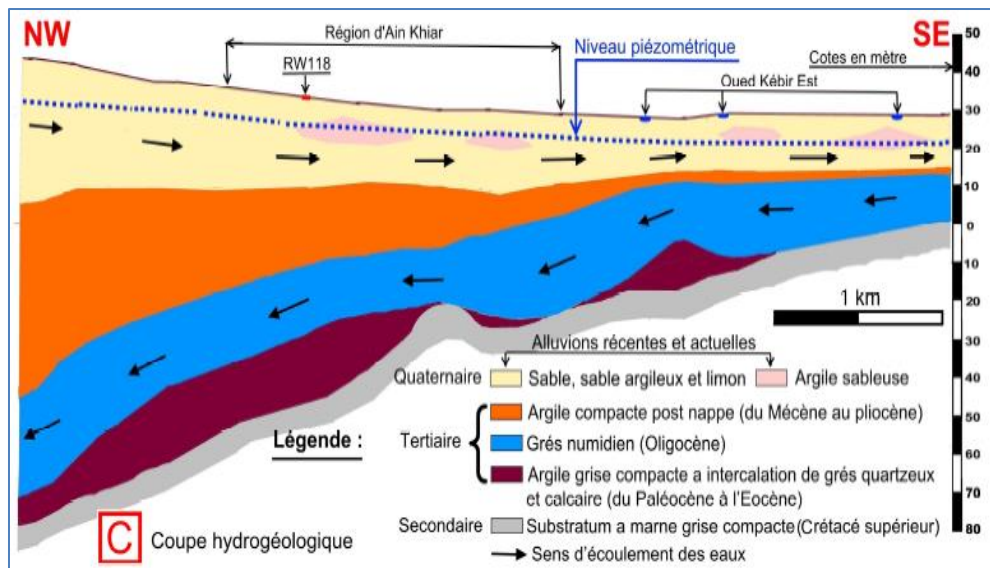


Figure 10 : Coupe schématique Nord-ouest/Sud-est du système aquifère de la plaine d'El Tarf

Chapitre 5 : Présentation des ressources en eau

1 Les ressources en eau du Bassin versant de l'oued kébir-Est :

1.1 Les eaux de surface :

Situé à l'extrême Nord-Est du pays, le Bassin versant de l'oued Kebir-Est se distingue par la particularité de son climat pluvieux et humide qui favorise un écoulement important des eaux de surface. Les dépressions naturelles (Mexa, Bougous, lac des oiseaux ...) favorisent l'accumulation en surface d'importantes eaux de pluies

Selon la direction hydraulique de la wilaya d'El-Tarf, la wilaya reçoit 503.000.000 m³ d'eau de pluie par an.

1.1.1 L'oued kebir-Est :

Le principal cours d'eau [désigné sous l'appellation fréquente « Kébir » (de l'arabe, signifiant : Grand)] du bassin versant de la Mafragh dont les eaux se déversent dans l'oued du même nom. Il draine une superficie d'environ 680 km² sur une Longueur de 59 km (Il draine toute la partie Est), les oueds Ballouta et Bougous constituent deux grands affluents de l'oued Kébir Est qui reçoit respectivement en rive gauche les oueds Guergour, Boulathan et Bouhalloufa.

En amont il résulte de la confluence de deux affluents : oueds Ballouta et Bougous, qui serpentent à travers les montagnes de Bougous, collectant ainsi les eaux précipitées sous forme de pluies et de neiges, ce n'est qu'à la hauteur de la localité de Mexna ou le barrage de Mexa se tient régularisant 41 hm³/an, que les deux affluents se rencontrent pour former l'oued Kébir. En bas vers le pont d'Ain Assel sur la RN44, l'oued est contrôlé par une station hydrométrique. A partir de ce point l'oued commence son chemin à travers les plaines alluviales où il dessine de nombreuses boucles, parfois même de véritables coudes. La pente demeure extrêmement faible, d'ailleurs en aval le cours d'eau devient un véritable canal sans profondeur au milieu des étendues limoneuses. Mais avant de se jeter à la mer, il se réunit avec oued Bounamoussa à l'embouchure sous le nom de la Mafragh (Exutoire unique).

Les apports moyens annuels d'oued Kébir Est à la station hydrométrique d'Ain Assel sont de l'ordre de 180 hm³/an (5,71 m³/s) jusqu'à 295 hm³/an, soit alors : 9,35 m³/s. Rappelant que l'oued Kébir Est traverse la commune d'El Tarf d'Est en Ouest ainsi il est l'oued le plus important de cette région.

1.1.2 Le barrage de Mexa :

Le barrage Mexa est situé dans la commune de Bougous Willaya d'El Tarf (près de la frontière Alger-Tunisienne), à 8 km du chef-lieu de la wilaya El Tarf, et de 71 km de la ville d'Annaba en suivant la route national N°44.

Avec une capacité de rétention de 30,27 Hm³ d'eau sur 103 Hm³ d'apport annuel, ce barrage a pour rôle l'alimentation en eau potable des villes d'Annaba, El-Tarf, El Kala, Souarekh, El Aioun, Ramel Souk, Drean, Besbes, Ben M'hidi, Echatt, Ben Amar, et Ain Assel. En dehors de l'alimentation de ces villes en eau potable, le barrage de Mexa est utilisé pour la régularisation des crues de l'Oued Kebir-Est et donc la réduction des inondations vers la plaine d'El-Tarf. Il est exploité par le département d'exploitation barrage Mexa de l'agence nationale des barrages et des transferts (ANBT). Son entretien est assuré par le même organisme. C'est un barrage conçu pour s'autoréguler grâce au déversoir dont il est muni. L'agence nationale des ressources en eau est chargée du suivi de la qualité de l'eau du dit barrage.(fig 11)



Figure 11 : Le barrage de Mexa (BENCHARAA et BOUADGIDGA 2021)

1.1.3 Le barrage de Bougous :

Le barrage de Bougous est situé au Sud-Est, à 20 km de la ville d'El-Taref sur l'oued Bougous. Il a été réalisé en 2005 par l'entreprise chinoise Sinohydro corporation et mis en service en 2010. Il occupe une superficie de 400 ha pour une capacité de rétention de

66,20 Hm³ et est exploité par le département d'exploitation barrage Bougous de l'agence nationale des barrages et des transferts (ANBT).

Tout comme le barrage de Mexa, il est conçu pour s'autoréguler grâce au déversoir dont il est muni et l'agence nationale des ressources en eau est chargée du suivi de la qualité de son eau. Son rôle est de soutenir le barrage de Mexa qui se trouve en aval et mais aussi d'alimenter en eau potable les agglomérations de Annaba, El-Taref, El Kala, Souarekh, El Aioun, Ramel Souk, Ain Assel, Bougous, Mechta M'jouda, Drean, Besbes, Ben M'hidi, Echatt, Ben Amar, Bouteldja, Lac des oiseaux, K'bouda, Sidi Kassi, Chihani, Chbaita Mokhtar et Zerizer.

1.1.4 Le lac des oiseaux :

De longitude 8°07' Est et latitude 36°42' Nord, d'altitude moyenne de 10 mètres et superficie de 120 hectares en période hivernal et 70 hectares en période sèche. Il est situé à l'Ouest de Bouteldja au Nord de la route d'Annaba RN44, il a une forme subcirculaire. Les argiles constituent son fond, c'est une réserve d'eau douce.(fig 12)

Un autre point en commun de ce barrage avec celui de Mexa est son rôle de régulateur de crue de l'oued Kebir-Est. (DHW-El Tarf, 2014)



Figure 12 : lac des oiseaux

1.1.5 Le lac oubeira :

De longitude 8°23' Est et latitude 36°50' Nord, d'altitude moyenne de 25 mètres. Ce lac est situé dans la partie occidentale d'El Kala à distance de 4 km, de forme subcirculaire avec un diamètre de 5 à 5,5 km, et une superficie de 2300 hectares de forme subcirculaire

avec une profondeur maximale de 4 m, son fond plus au moins plat et légèrement incliné vers le Nord, est constitué par des substrats sableux argileux. Ce lac endoréique d'eau douce d'origine naturelle est alimenté essentiellement par l'oued Messida en plus d'une dizaine de petits affluents des collines avoisinantes.(fig 13)

Il est classé réserve intégrale au sein du PNEK et site Ramsar. (La direction d'hydraulique de la wilaya d'El Taref, 2011).



Figure 13 : lac oubeira(photo personnelle 2022)

1.2 Les eaux souterraines :

La carte hydrogéologique de la wilaya d'El-Taref établie par l'agence de bassin hydrographique Constantinois-Seybousse-Mellegue en 2003 distingue les différents aquifères existants dans la région. Deux importants systèmes aquifères sont répartis sur la plaine d'Annaba- Bouteldja et la plaine d'El taraf-Ain Assel.

1.2.1 Nappe libre du massif dunaire de bouteldja :

Le long du littoral, un énorme massif dunaire s'amplifie de l'Ouest vers l'Est. Il prend alors une orientation NW-SE conforme aux vents dominants.

Le massif dunaire de Boutheldja forme une nappe libre reposant sur un substratum argilo-gréseux imperméable à semi-perméable. Il est constitué de sables éoliens épais de 20m (Est) à 120m (Ouest) souvent à intercalations argileuses sous formes de lentilles (Khérici,

1985 ; Ramdani, 1996). Cette nappe exploite des relations souterraines perméables avec la Méditerranée au Nord, les terrasses de l'Oued El Kébir-Est et la nappe profonde des graviers dans lesquelles elle se décharge (limite perméable de fuite) au Sud, les marécages à l'Ouest.

Elle jouit de deux limites à Est, l'une perméable au niveau des grés numidiens et l'autre imperméable à la limite des formations argileuses. En plus des précipitations qui constituent la principale source du massif dunaire, les marécages (Marais Righia et Oum-Agareb), les eaux qui ruissellent des sommets numidiens et les affluents de l'Oued El Kébir-Est sont des sources additionnelles. Cet aquifère est considéré comme vulnérable du fait de la présence de la mer et des marécages salés à son pourtour (Derradji, 2004). La profondeur de la nappe des dunes varie de 2 à 8 m, et les variations piézométriques de 0.7 à 3 m.

La nappe est alimentée par l'infiltration des précipitations (25-40 %), et les eaux qui ruissellent des sommets numidiens ont un débit d'environ 1100 l/s ou 35*10⁶ m³ /an (ENERGOPROJECT-ENHYD, 1992). Les eaux du massif dunaire sont captées et exploitées par 28 forages qui fournissent 600 l/s d'eau.

1.2.2 La nappe de la plaine d'El Taref:

1.2.2.1 Nappe profonde:

Cette nappe s'étend de l'Est vers l'Ouest avec un substratum marneux et un toit argileux d'épaisseur importante, le réservoir est constitué de galets et de graviers. La puissance de la nappe varie suivant la morphologie du substratum de 5 à 15m. La productivité d'un forage de cette nappe est de 4.0- 10.0 l/s. (ENERGO PROJECT ENHYD, 1992).

1.2.2.2 Nappe superficielle :

Elle couvre la totalité de la plaine d'El Taref, elle est contenue dans les formations alluvionnaires et les argiles plus ou moins sableuses, elle est séparée de la nappe captive par un horizon argileux qui constitue le toit de la nappe captive et le substratum de cette nappe. Ce sont les précipitations efficaces qui alimentent cette nappe. Au centre de la plaine la fluctuation est très importante avec une amplitude maximale de 4.5 m, cela est dû à l'exploitation par de nombreux puits, en allant vers le Nord de la plaine la fluctuation diminue; ceci est peut-être dû au drainage des Oueds : El Kébir-Est et Messida par la nappe. Par ailleurs au Sud-Ouest de la plaine la fluctuation varie de 1.5 à 2.5 m cela est dû à l'alimentation de la nappe par Oued Guergour.

Chapitre 6 : Matériel et méthode (présentation du SIG et du logiciel WEAP) :

Le présent travail vise à évaluer les ressources en eaux dans le bassin versant du Kebir-Est par l'utilisation du Système d'information géographique SIG (logiciel QGIS 3.16) et le logiciel WEAP. L'organigramme suivant présente l'organisation de notre travail et les étapes effectués.

1 Organigramme du travail :

Etape N°1 : La collecte des données des ressources en eaux et des caractéristiques socio-économique de la zone d'étude.

Etape N°2 : L'organisation des données sous format graphique comme les cartes et les plans, et sous format Excel pour les statistiques et les rapports descriptifs.

Etape N°3 : Sur le logiciel QGIS la première étape est la numérisation des données graphique et le calage des cartes et des plans après cette étape on a réalisé une base donnée géographique pour chaque carte.

Etape N°4 : Après la numérisation des cartes et la création des bases de données géographiques on va produire des cartes thématiques descriptives de notre zone d'étude.

Etape N°5 : Après avoir organisé la base de données des sites de demande et des ressources en eau, on procède à l'introduction de ces derniers dans le logiciel WEAP

Etape N°6 : Excusions du modèle et obtention des résultats.

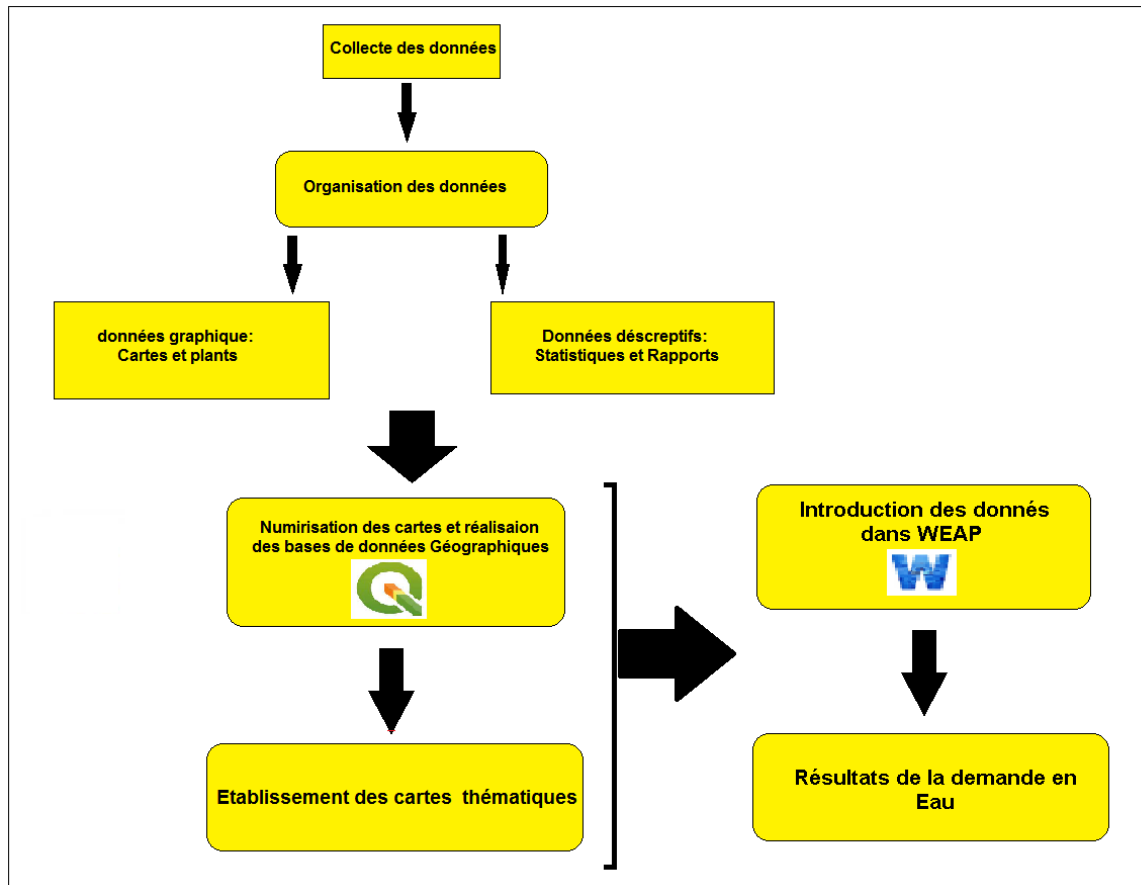


Figure 14 : Organigramme du travail

1.1 Généralité sur le Système d'information géographique SIG :

1.1.1 Définition SIG (1)

Les SIG sont considérées comme une des technologies de l'information les plus performantes car elle vise à intégrer des connaissances provenant de sources multiples et crée un environnement pluri-secteurs idéal pour la collaboration. Un système d'information géographique (SIG) est un moyen de gestion de base de données conçu pour saisir, stocker, analyser et visualiser des données à référence spatiale en vue de résoudre des problèmes complexes de gestion et de planification.

1.1.2 Définition SIG (2)

Système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace. Un système d'information géographique (SIG) est un système d'information capable d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, ainsi que de produire des plans et des cartes. Le terme fait référence aux outils logiciels. Cependant, le concept englobe : logiciels, données, matériel et les savoir-faire liés à l'utilisation de ces derniers.

1.2 La différence entre le SIG et la cartographie :

La méthode traditionnelle de préparation et d'analyse des cartes a été de superposer manuellement les cartes thématiques pour choisir les zones de contraintes et d'opportunités coïncidentes. La difficulté avec la méthode de recouvrement manuel était qu'ils pouvaient être publiés à différentes échelles ou projections. Plus il y a de couches de cartes incluses dans l'analyse et plus elles deviennent complexes, plus il est probable que l'erreur humaine entre dans l'analyse et plus le processus prend de temps. Le SIG peut prendre des cartes provenant de différentes sources et les enregistrer facilement et est cohérent dans son analyse de plusieurs couches de données cartographiques. Il est également plus rapide que les méthodes d'analyse manuelles, ce qui permet d'essayer d'autres variables dans l'analyse.

1.3 Les composants d'un SIG :

Un Système d'Information Géographique est constitué de 5 composants majeurs:



Figure 15 : Les composants d'un SIG

1.3.1 Le Matériel :

L'utilisation d'un SIG requiert l'utilisation d'un ou de plusieurs ordinateurs pour stocker les données, afficher les graphiques et traiter les données.

1.3.2 Les données :

La construction d'un système d'Information Géographique nécessite, trois composants principaux : des données localisées sur le territoire sous format Raster (Carte Image), données vectorielles) et des données alphanumériques (attributaires) organisées sous un système d'information (sous Excel par exemple).

- ✓ **Format de vecteur (Points, Lignes, Polygones):** Une représentation géométrique des objets de la réalité. Utilisation du concept d'objets géométriques à dimensions variables (points, lignes et polygones) pour représenter les entités

(naturelles ou anthropiques) distribuées sur le territoire (fig.16). Chaque entité est représentée par un objet localisé dans un système de coordonnées. Cet objet est relié avec un tableau d'attributs qui contient les valeurs thématiques décrivant l'entité représentée.(fig 16)

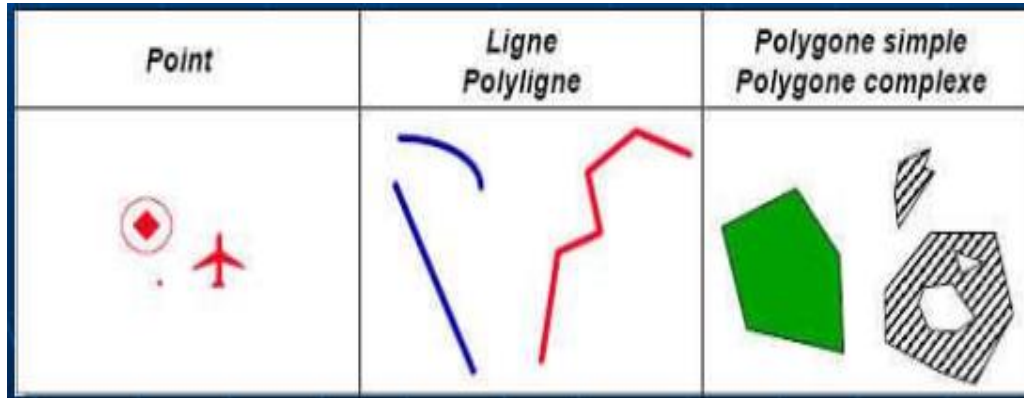


Figure 16: Données Vectoriels

- ✓ **Format Raster ou les données Raster** : Divise le territoire avec une grille régulière de cellules (pixels) ordonnées pour former une matrice. Cette dernière quadrille un espace continu où chaque pixel contient une seule valeur. On doit donc produire une image par thème (couche), ce qui utilise beaucoup d'espace disque. Les entités sont perçues de manière indirecte (par analyse).(fig17)

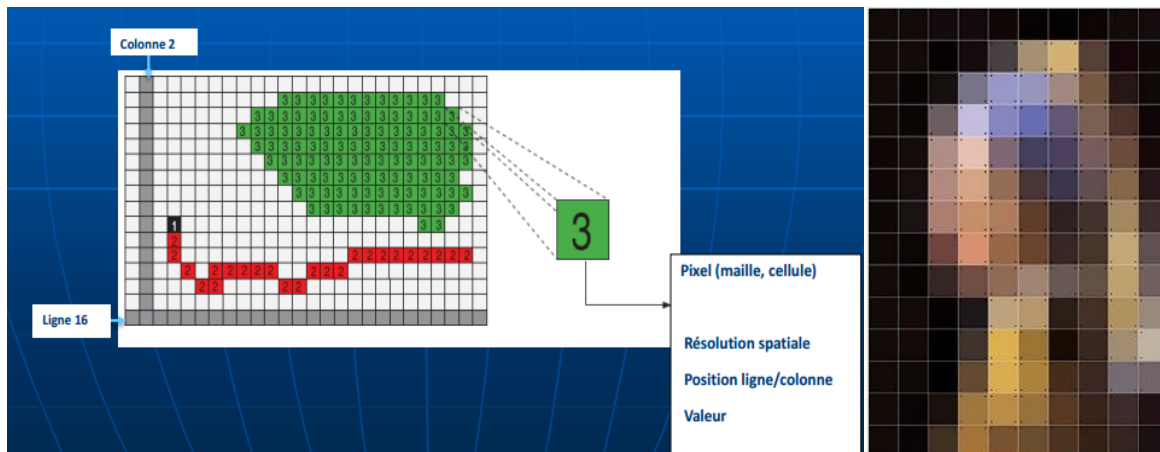


Figure 17: Données Raster

- ✓ **Les données attributaires** : Il s'agit de données alphanumériques récupérées sous format numérique (Excel, Texte,...) ou papier (un tableau de coordonnées topographique, un rapport d'étude,...). Ces données sont par la suite organisées sous un format numérique (système d'information) pouvant être lu par le logiciel de SIG utilisé.(fig 18)

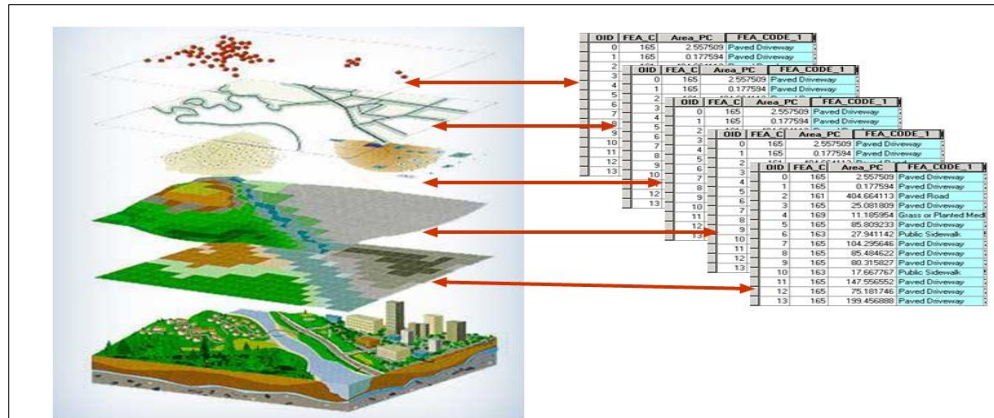


Figure 18 : les données attributaires

1.3.3 Les utilisateurs

Les SIG s'adressent à une grande communauté d'utilisateurs (urbanistes, géographes, militaires, commerciaux, informaticiens...) et aujourd'hui, en particulier avec l'apparition des SIG sur internet n'importe qui peut être amené à utiliser un SIG.

1.3.4 les logiciels

Les logiciels SIG représentent l'élément le plus important de l'outillage géomatique et il est important de choisir ces logiciels avec un grand soin. Les plus répandus de ces logiciels actuellement pour les chercheurs est le logiciel QGIS à cause de l'accès libre et la performance dans l'utilisation.

1.3.5 Les méthodes ou le savoir à faire

La mise en œuvre et l'utilisation d'un S.I.G ne peut s'effectuer sans l'application de méthodes, de règles et de procédures. Ces méthodes permettent une utilisation rigoureuse et cohérente du matériel, des logiciels et des données du S.I.G par l'ensemble des utilisateurs et cela afin de répondre aux objectifs fixés au préalable dans tout projet.

2 Le logiciel QGIS

QGIS est un logiciel SIG libre (open source). Il a été conçu en mai 2002. En juin 2002, il est établi en tant que projet sur Source Forge. Depuis 2007, il a été développé par Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). QGIS est distribué sous la licence GNU GPL (General Public License). Ceci permet aux utilisateurs de le partager et de le modifier librement (modifier le code source), tout en ayant la garantie d'avoir accès à un programme SIG non onéreux et librement modifiable.

QGIS peut fonctionner sous plusieurs systèmes d'exploitation tels que MacOS, Linux, d'Unix, les logiciels d'exploitation androïdes. QGIS utilise la bibliothèque logicielle

Qt (bibliothèque de création d'interfaces graphiques) et le langage C++, ce qui se traduit par une interface graphique simple et réactive.

QGIS gère un grand nombre de formats raster et vecteur, avec le support de nouveaux formats facilité par l'architecture basée sur les extensions (source : Copyright (c) 2004 - 2014 QGIS Development Team). L'amélioration permanente de ses fonctionnalités, qui englobe notamment la création de données, l'édition, la manipulation, l'analyse, le stockage et la représentation visuelle, QGIS devient ainsi populaire et connaît une large utilisation par des compagnies privées des organisations à l'échelle mondial.

Aujourd'hui, QGIS est utilisé pour les projets SIG suivants :

1. Visualisation des données sur les eaux usées, intégration des bases de données Supplémentaires, et accès direct aux protocoles d'inspection et de cameras vidéos ;
2. Visualisation et édition pour les systèmes de planification urbaine, de planification ;
3. environnementale, de gestion d'hydrologie, et de gestion des eaux usées ;
4. Visualisation des données d'inventaire souterrain (assainissement, adduction d'eau potable, gaz, électricité, et récemment réseaux de télécommunication) ;
5. Visualisation des données topographiques et cadastrales ;
6. Visualisation et édition de l'inventaire communal des sites naturels protégés ;
7. Visualisation et édition des données de planification urbaine et régionale ;
8. Visualisation et édition des données de l'infrastructure routière ;
9. Visualisation de statistiques créées directement depuis la base de données des habitants passés et présents ;
10. Planification et Visualisation pour l'aménagement énergétique (fourniture de gaz, chauffage à partir d'eaux usées, énergie géothermique en sous-sol, centrales de chauffage, etc.). Actuellement d'autres projets similaires sont développés.

3 Généralié sur le logiciel WEAP :

3.1 Approche du logiciel WEAP

WEAP se base sur l'analyse du bilan hydrique et tient compte de variables explicatives de natures diverses : précipitations, eaux de surface, eaux souterraines, installations de traitement, exigences des écosystèmes, demande en eau, génération de pollution, etc.. La structure des données et leurs niveaux de détail peuvent être personnalisés pour permettre des analyses particulières, et pour refléter les limites imposées par les données disponibles. Cette présentation rend WEAP applicable dans plusieurs domaines : municipal, agricole, aménagements des bassins versants, fluviaux, etc..

WEAP intègre non seulement la répartition de l'eau, mais aussi sa qualité et la préservation des écosystèmes. Ce qui lui permet de simuler une panoplie de problèmes complexes.

La modélisation sous WEAP se déroule en plusieurs étapes se regroupant en deux groupes :

1. Le montage du modèle où le système à modéliser est défini (période de temps à analyser, limites spatiales de l'aire à étudier, composants du système et la calibration du modèle).
2. Le résultat recherché incluant l'évaluation instantanée de la demande réelle de l'eau et de la charge polluante.

Les hypothèses qui peuvent être intégrées dans les simulations sont en rapport avec les coûts et des facteurs influençant la demande, la pollution, l'approvisionnement et la disponibilité de la ressource. Les scénarios à analyser s'appuient sur l'état actuel et permettent l'exploration de l'impact des hypothèses alternatives ou des politiques sur la disponibilité future de l'eau et l'utilisation. Ces scénarios sont évalués au regard de la disponibilité de l'eau, les coûts et avantages, la compatibilité avec les objectifs environnementaux, et la sensibilité à l'incertitude dans les variables clés.

WEAP calcule un bilan de masse de l'eau et de pollution en chaque point de calcul défini par l'utilisateur. L'eau est injectée dans le système pour répondre aux exigences de débit minimal et de consommation, sous réserve des priorités de la demande, les préférences de l'offre, du bilan de masse et d'autres contraintes. Les charges ponctuelles de pollution ainsi que les concentrations en polluants de nature diverse sont calculées.

WEAP fonctionne sur un pas de temps mensuel. Les mois sont indépendants, sauf pour les réservoirs et stockages. Ainsi, l'eau entrant dans le système dans un mois (débit tête par exemple, alimentation des nappes souterraines ou les eaux de ruissellement en tronçons) est soit stockée ou quitte le système à la fin du mois. L'échelle de temps mensuelle étant relativement longue, les flux sont supposés se produire instantanément. Ainsi, un site peut retirer la demande d'eau de la rivière, de consommer certains, le retour du reste à une usine de traitement des eaux usées qu'il traite et il retourne à la rivière. Ce flux de retour est disponible pour une utilisation dans le même mois à la demande en aval.

Chaque mois, les calculs se font pour chaque nœud selon la démarche suivante (SEI, 2011):

1. Définir la demande annuelle et de besoins d'approvisionnement mensuel.
2. Estimer les eaux de ruissellement et d'infiltration des bassins versants.
3. Quantifier les entrées et les sorties d'eau incluant les prélèvements. Durant cette étape, on vise à optimiser la gestion de la demande et les exigences de débit réservé, l'offre et d'autres contraintes.
4. Evaluer les charges polluantes et leurs concentrations engendrées sur le milieu naturel.
5. Apprécier la production hydroélectrique.
6. Jauger les coûts d'immobilisations et d'exploitation et des revenus.

3.2 . Structure du programme

Le logiciel WEAP comprend cinq fenêtres principales: (i) présentation schématique (ii) les données de base (iii) les résultats (iv) des aperçus, et (v) des notes. Ces fenêtres sont représentées par des icônes sur la barre d'outils à gauche de l'écran. WEAP calcule des scénarios avant que la fenêtre soit affichée, si des modifications ont été apportées au système ou sur les scénarios.

3.2.1 Présentation schématique

Il s'agit là de réaliser une présentation schématique de la structure à modéliser (figure 19). Les objets du menu sont glissés et déposés dans le système : la rivière est créée, les sites de la demande et d'alimentation sont positionnés, etc..

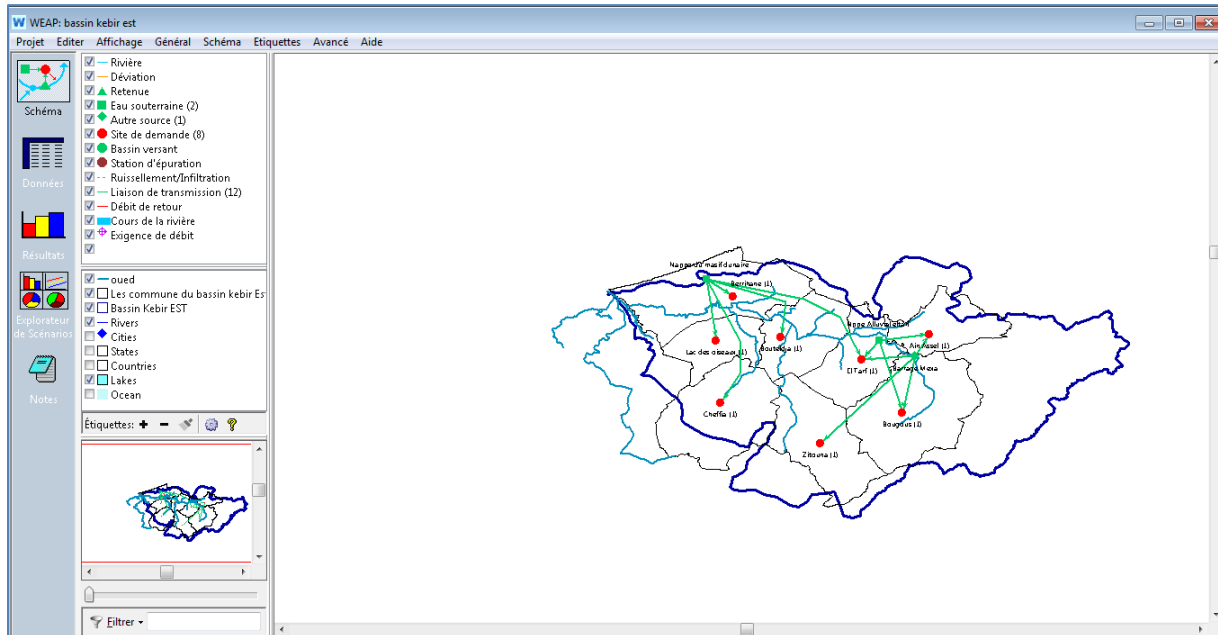


Figure 19 : Exemple de vue schématique

3.2.2 Affichage de données

La fenêtre donnée est utilisée pour ajouter des données au système schématisé. Cette fenêtre est structurée comme un arbre avec des branches. Les branches principales sont nommées hypothèses clés, les sites de la demande, l'hydrologie, l'approvisionnement et des ressources et la qualité de l'eau. Les objets créés dans la vue schématique sont représentés dans les branches. Autres subdivisions de la demande d'un site peuvent être créés par l'analyste. L'exemple présenté à la figure 20 montre en outre des sous-divisions de la demande sur les sites en classes d'utilisation des terres. La vue de données permet la création de variables et de relations, d'injecter les hypothèses de calcul en utilisant des expressions mathématiques, et des liaisons dynamiques à des fichiers d'entrée (SEI, 2005).

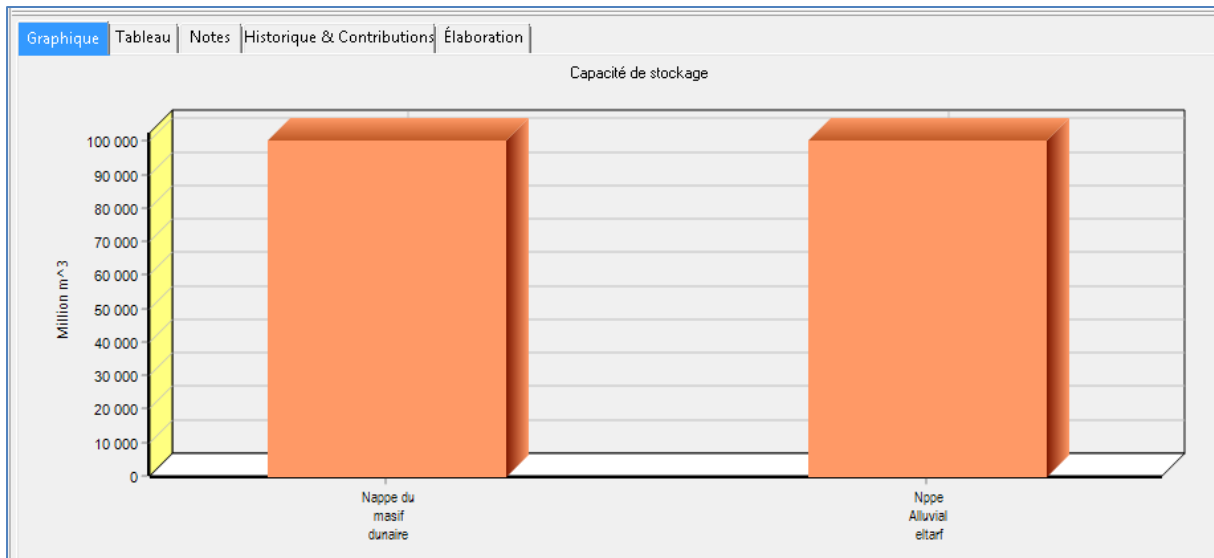


Figure 20 : Exemple de vue de donnée

3.2.3 Présentation des résultats

Le bouton résultats déclenche l'exécution de WEAP et les calculs de l'état des différentes variables: demande en eau, débits, exigences pour satisfaction de flux, réservoirs de stockage, eau souterraine, production hydroélectrique, évaporation, pertes de transmission, traitement des eaux usées, les charges de pollution et les coûts. Les résultats mensuels, annuels ou pour une période de temps donnée sont présentés sous forme graphique ou un tableau, ou affichées schématiquement. Les rapports peuvent être personnalisés en changeant les nœuds, les périodes de calculs, les types de graphique, les unités, les couleurs, etc.. Les rapports personnalisés peuvent être enregistrés comme «favori» pour servir de modèles. Aussi, les résultats intermédiaires peuvent être analysés afin de s'assurer que les données, hypothèses et les modèles sont valides et cohérentes.

Les rapports sont regroupés en cinq catégories principales :

- Demande
- Approvisionnement et Ressources
- captage
- Qualité de l'Eau
- Financière

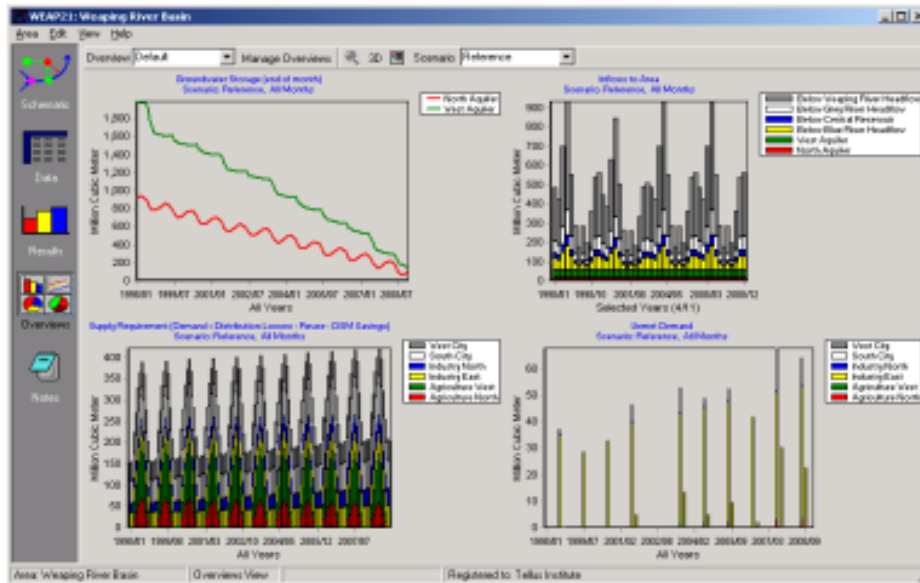


Figure 21 : Exemple de vue de Résultats

4 Application du SIG et du logiciel WEAP :

Le logiciel WEAP est un outil très important pour l'évaluation des ressources en eaux, le principal problème pour notre zone d'étude est la rupture entre les ressources en eau disponible et la demande en eau où on remarque à plusieurs reprises des perturbations dans la distribution d'eau potable pour les agglomérations dans les différentes communes de la wilaya d'ElTarf. Dans cette étude on va analyser l'évolution de la demande en eaux des communes par rapport aux ressources disponibles notamment celle destinées à l'alimentation en eau potable (AEP), fraction qui représente la demande principale dans la zone dans la période 2011-2022. Aussi On va procéder à l'utilisation du logiciel WEAP afin de suivre l'évolution du système jusqu'à l'horizon 2030.

4.1 Délimitation de la zone d'étude dans WEAP:

Dans WEAP, il existe déjà une carte du monde où on peut choisir et créer la zone d'étude. En sélectionnant la carte de l'Algérie et la wilaya d'ElTarf, puis on ajoute la limite du bassin versant de Kébir-Est sous format SIG.

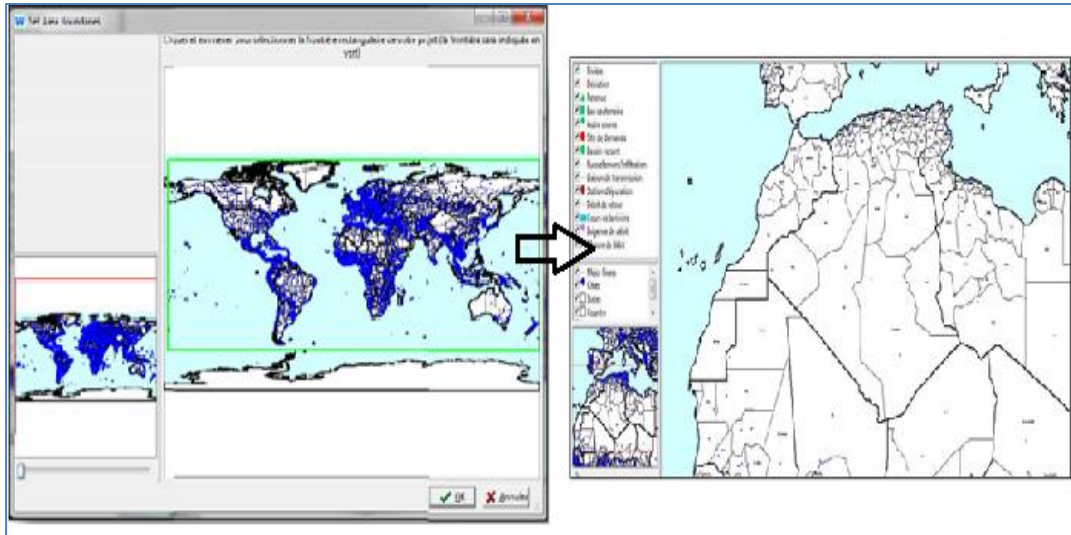


Figure 22 : Délimitation de la zone d'étude dans la carte du monde

4.2 Présentation du Système de distribution de l'eau

Après la définition de la zone d'étude sur WEAP, la deuxième étape est la schématisation du système de distribution en eau potable (AEP) dans le bassin versant de Kebir-Est, dans cette partie on va définir trois composant du système qui sont ;
Les sites de demande ; les ressource en eau et les relations de transmission comme le montre la figure (19).

4.2.1 Les sites de demande :

La carte suivante représente (figure 23) la répartition des sites de demande dans le bassin versant de Kebir-Est ; urbaine, industriel et agricole. Vue que le site demande prioritaire est l'alimentation domestique d'eau potable, dans le présent projet les sites de demandes définis par le logiciel sont les agglomérations des communes du bassin versant de Kebir-Est. Boutheldja, ElTarf, Ain Assel, Zitouna, Lac des Oiseaux, Bougous, Cheffia et Berrihane.

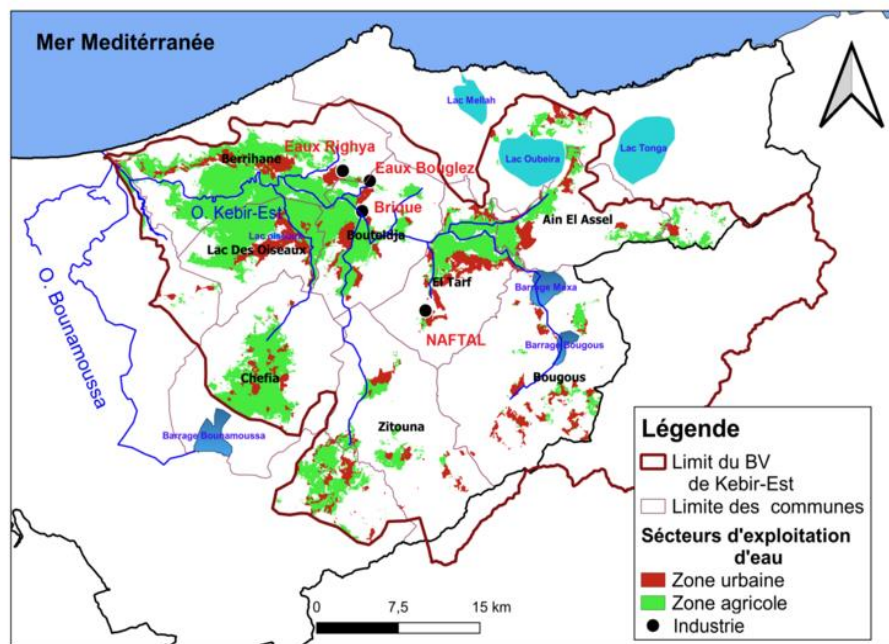


Figure 23 : Répartition des sites de demande dans le bassin de Kébir-Est

4.2.2 Les ressources en eaux :

Au niveau du bassin de Kébir-Est les principales ressources en eau utilisées pour l'alimentation en eau potable (AEP) sont l'aquifère du massif dunaire de Boutheldja, la nappe Alluviale d'EITarf et le barrage de Mexa dans la commune de Bougous.(fig 24)

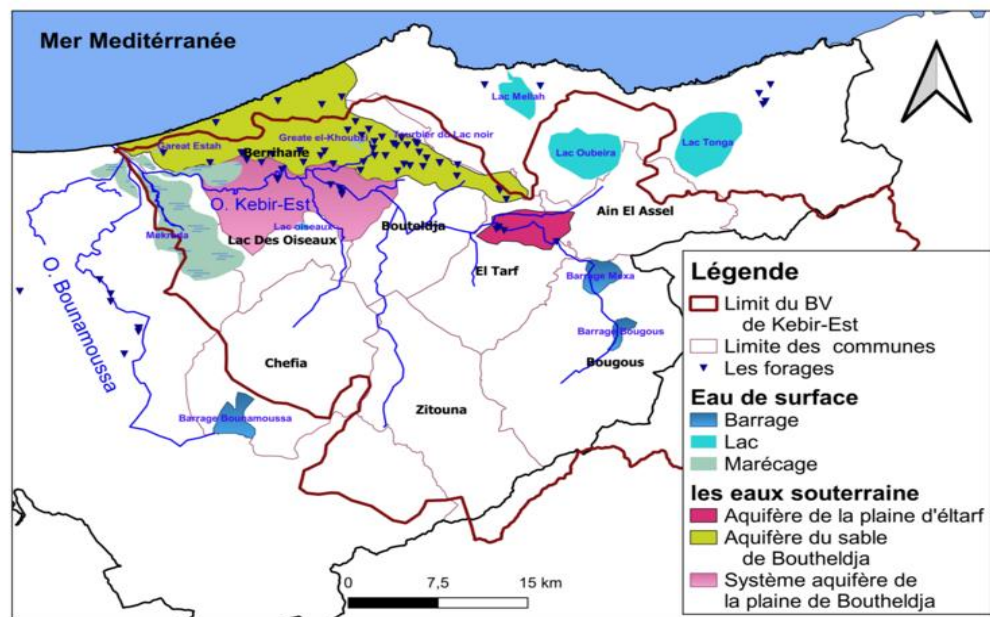


Figure 24 : Répartition des ressources en eau dans le bassin versant de Kebir-Est

4.3 Les liaisons de transmission et schématisation du système de distribution :

La figure 23 représente une schématisation du système de distribution d'eau potable dans le bassin versant de l'oued kébir-Est réalisée par le logiciel WEAP.

Le tableau N° 03 suivant représente une description des sources d'alimentation pour chaque commune.

Le tableau N° 03 description des sources d'alimentation pour chaque commune.

Commune	Source d'alimentation (AEP)
ElTarf	Nappe du massif dunaire de Boutheldja, Nappe Alluvial d'ElTarf, Barrage Mexa
Boutheldja	Nappe du massif dunaire de Boutheldja
Ain Assel	Nappe du massif dunaire de Boutheldja, Nappe Alluvial d'ElTarf, Barrage Mexa
Berrihane	Nappe du massif dunaire de Boutheldja
Lac des oiseaux	Nappe du massif dunaire de Boutheldja
Cheffia	Nappe du massif dunaire de Boutheldja
Bougous	Barrage Mexa
Zitouna	Barrage Mexa

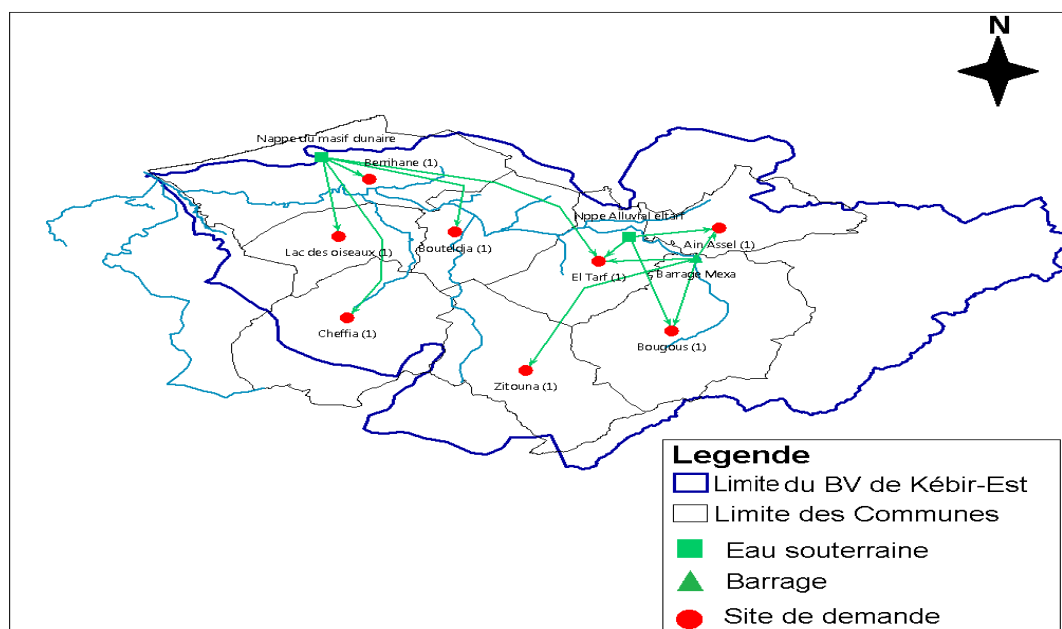


Figure 25 : Schématisation du système de distributions des ressources en eau dans WEAP

4.4 Réglage des paramètres généraux et données entrées

La modélisation des systèmes de distribution d'eau demande en premier lieu un paramétrage du logiciel. Inclus le choix de la période de simulation, les données pour les sites des demande et les caractéristiques des ressources en eaux.

4.4.1 Choix de la période de simulation

Le compte courant est créé depuis que nous avons créé la zone d'étude. On choisit comme période d'étude (2011-2030) et comme année de référence l'année 2011 (figure 26). On a choisi l'année 2011 a cause de la disponibilité des données dans cette période.

Years and Time Steps

Time Horizon
 Current Accounts Year: 2011
 Last Year of Scenarios: 2030

Time Steps per Year
 12
☒ Add Leap Days?

Time Step Boundary
☒ Based on calendar month
☐ All time steps are equal length
☐ Set time step length manually

Water Year Start
 January

#	Title	Abbrev.	Length	Begins	Ends
1	January	Jan	31	1 Jan	31 Jan
2	February	Feb	29	1 Feb	29 Feb
3	March	Mar	31	1 Mar	31 Mar
4	April	Apr	30	1 Apr	30 Apr
5	May	May	31	1 May	31 May
6	June	Jun	30	1 Jun	30 Jun
7	July	Jul	31	1 Jul	31 Jul
8	August	Aug	31	1 Aug	31 Aug
9	September	Sep	30	1 Sep	30 Sep
10	October	Oct	31	1 Oct	31 Oct

Time Step Name Format: October / Oct

The study period will run from January, 2011 to December, 2030.

? Help Close

Figure 26: Choix de la période de simulation

4.4.2 Les données d'entrées pour les sites de demande urbaine

WEAP demande une gamme de données pour les sites de demande domestique (urbaine) qui sont fonction du nombre de population de chaque commune dans une année définie, la demande annuelle individuelle en eau potable (la dotation), le taux d'accroissement de la population pour la simulation périodique. Le tableau suivant représente les données entrées pour chaque commune (tab 04)

Tableau N°4 : Les informations nécessaires pour les sites de demandes

Commune	Population 2011	Taux d'accroissement de population (1998-2008)	Dotation (L/J/hab)
El Tarf	27481	1.5 %	200
Boutheldja	18548	1.5 %	150
Ain Assel	17640	1.5 %	150
Cheffia	11044	1.5 %	150
Berrihane	10044	1.5 %	150
Zitouna	10211	1.5 %	150
Bougous	11510	1.5 %	150
Lac des Oiseaux	8443	1.5 %	150

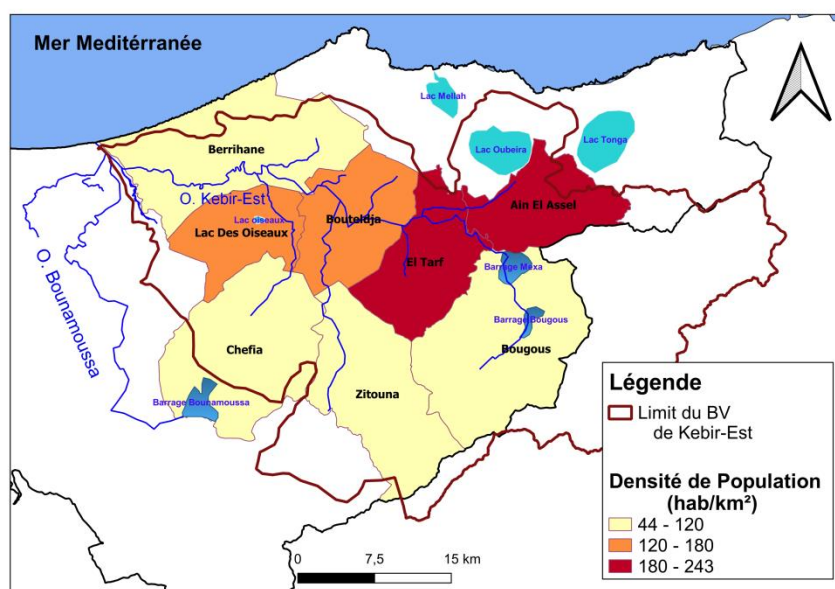
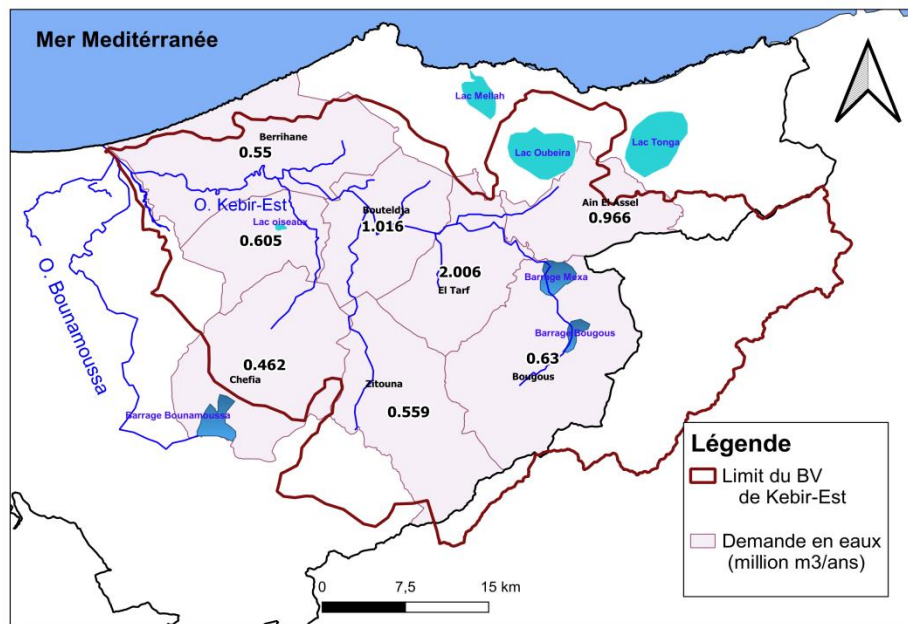


Figure 27 : Répartition de la densité de population dans le BV de Kebir-Est 2011 d'après ONS



**Figure 28 : Répartition de la demande en eau dans le BV de Kebir-Est 2011
d'après DHW El Taref**

4.4.3 Les données d'entrées pour les ressources en eau

Les sites demande urbaine et les communes du bassin versant de kebir Est sont alimenté principalement par le Barrage de Mexa dans la commune de Bougous et la nappe du massif dunaire de Boutheldja et par les forages de la nappe alluvial d'ElTarf avec faible quantité.

4.4.4 Données pour les ressources en eau souterraine :

Les eaux souterraines représentent la source principale d'alimentation en eau potable dans le bassin versant du Kebir-Est est. Le tableau suivant représente la production des nappes d'eau souterraines dans la zone d'étude (Tab 05).

Tableau N° 05 : Production des nappes d'eau souterraines 2010-2018 (AGIRE 2019)

Volume prélevé Nappe Hm³ D'eaux souterraines	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Massif dunaire de Boutheldja	18.95	22.64	16.86	9.42	14.13	11.36	10.42	7.51	7.323
Alluvial El Tarf	1.7								

4.4.5 Données pour les ressources superficielles :

Au niveau de la zone d'étude la seule source d'eau superficielle utilisée pour l'approvisionnement en eau des communes est le barrage de Mexa le tableau suivant représente les caractéristiques du barrage.

Tableau N° 06 : caractéristiques du barrage Mexa (DHW El Tarf 2009)

Barrage	Capacité hm³	Apport moyen annuel hm³	Volume régularisé hm³	Débit vers la wilaya d'El Tarf hm³
Mexa	57	35.6	20	13.8

Chapitre 7 : Résultats et discussions :

1 Exécution du modèle et Analyse des résultats

Le modèle a été exécuté pour une période de 19 ans du 2011 jusqu'à 2030 et ce en utilisant les données de référence obtenues des autorités de l'eau (Direction d'hydraulique d'El Tarf DHW, Algérien des Eau ADE et L'agence de gestion intégrée des ressources en eau AGIR).

1.1 Résultat d'analyse de l'évolution de la demande en eau de différentes communes 2011-2030

1.1.1 Evaluation de la production des ressources en eau 2011-2021

D'après les données obtenues des autorités de la wilaya d'ElTarf et AGIRE La production des ressources en eau atteint les 20 million m³, dont 13.8 représente les eaux du barrage de Mexa et plus de 10 million m³ représentés les eaux des différents aquifères. Le tableau n°05 représente l'évolution de la production des différentes nappes, pour la nappe alluviale d'El Tarf le débit prélevé est d'environ 1.7 million m³. Pour la nappe du massif dunaire de Boutheldja les résultats obtenus montrent une diminution de la production de la nappe de 18.95 million m³ en 2011 jusqu'à 7.32 million m³ en 2018. Cet abaissement des débits fournis par la nappe du massif dunaire de Boutheldja est causé principalement par la détérioration du grand nombre des forages captant la nappe et les projets de réhabilitation lancés dans la zone depuis l'année 2016 d'après ADE Annaba. On note que la majorité des forages à l'arrêt sont destinés pour l'alimentation de l'eau potable des communes de la ville d'Annaba. Donc cette diminution ne touche pas les agglomérations du bassin versant du Kebir-Est comme Boutheldja, Eltarf, Lac des eaux et Cheffia.

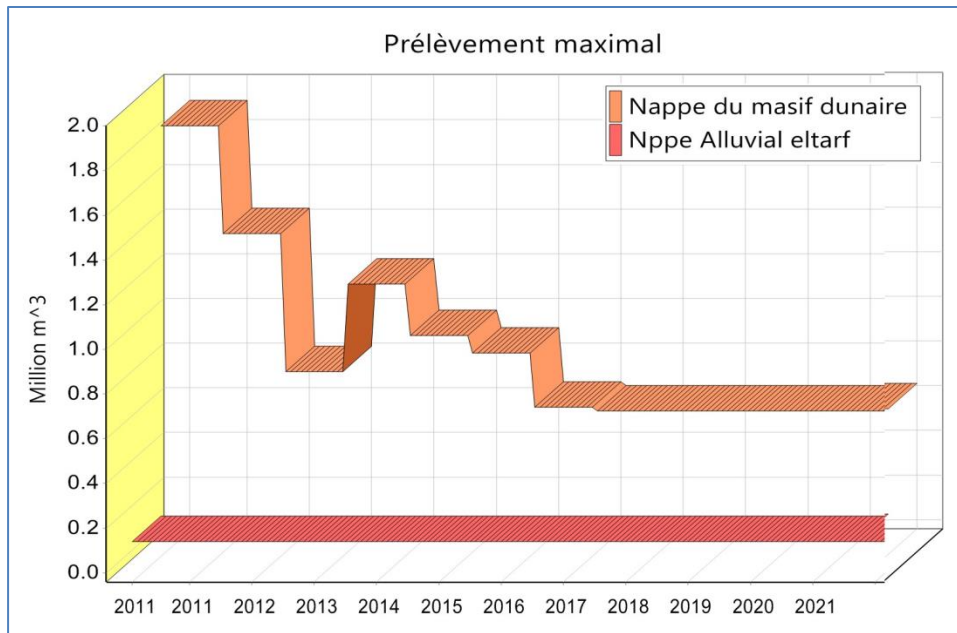


Figure 29 : Variation de la production des eaux souterraines 2011-2021

1.1.2 Evolution de la demande en eau 2011-2030

La carte de la figure 30 montre l'évolution de la demande en eaux des communes du bassin versant de Kebir-Est du 2011 jusqu'à 2030. Le tableau 07 présente les valeurs de la demande en eau pour la période de référence entre 2011 et 2021, et pour la période future jusqu'à 2030. La figure 30 montre que la demande en eau global des communes pour l'alimentation en eau potable (AEP) pour un taux d'accroissement de 1.5% est évoluée de 6.8 million m³ jusqu'à 7.884 million m³ en 2021. Avec ce rythme d'accroissement de la population, la demande en eaux vas évoluer jusqu'à 9 millions m³. Le graphe de la figure 30 montre que la plus faible demande en eau est dans la commune du lac des eaux et la plus grand demande est dans la commune d'EITarf.

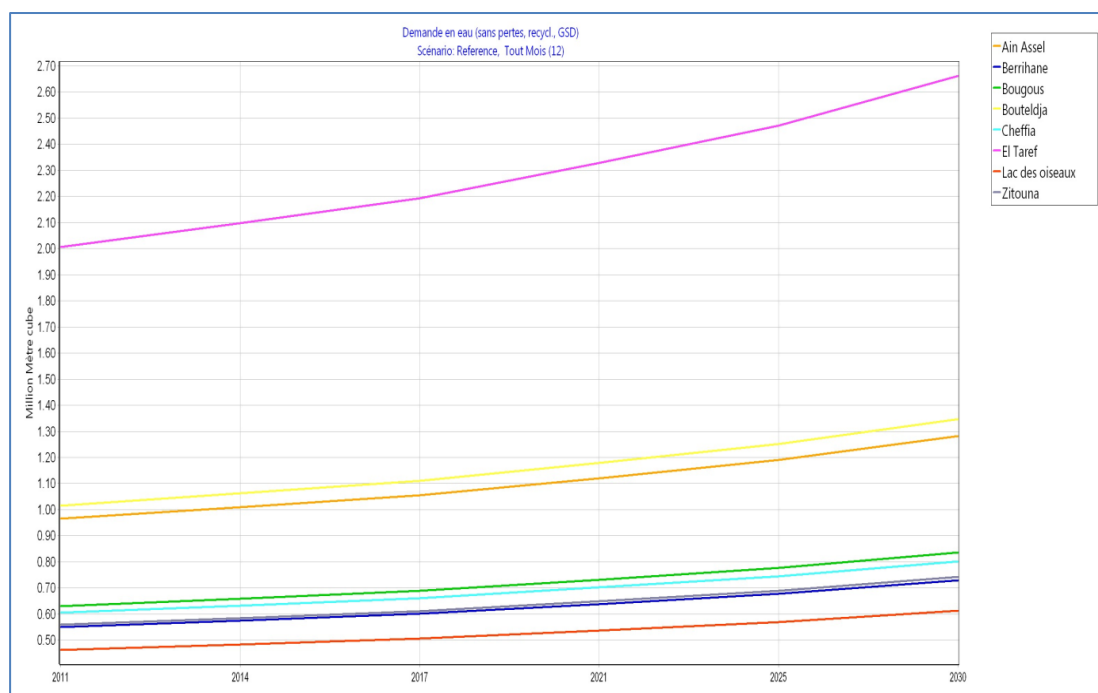


Figure 30 : Evolution de la demande en eau de la période 2011- 2030

Tableau N° 07 : Evolution de la demande en eau de la période 2011- 2030

Commune	2011	2014	2017	2021	2025	2030
Ain Assel	0.966	1.010	1.056	1.121	1.190	1.282
Berrihane	0.550	0.575	0.601	0.638	0.677	0.730
Bougous	0.630	0.659	0.689	0.731	0.776	0.836
Bouteldja	1.016	1.062	1.110	1.179	1.251	1.348
Cheffia	0.605	0.632	0.661	0.702	0.745	0.802
El Taref	2.006	2.098	2.194	2.328	2.471	2.662
Lac des oiseaux	0.462	0.483	0.505	0.536	0.569	0.613
Zitouna	0.559	0.585	0.611	0.649	0.689	0.742
Total	6.793	7.104	7.428	7.884	8.368	9.015

La figure 31 représente le recouvrement des sites de demande de l'année 2011 jusqu'au 2030. La figure montre une satisfaction complète de tous les communes du bassin versant de Kebir-Est avec un recouvrement de 100 %. Donc on conclut qu'il n'y a pas un manque d'eau dans le bassin de kebir-Est pour cet Horizon.

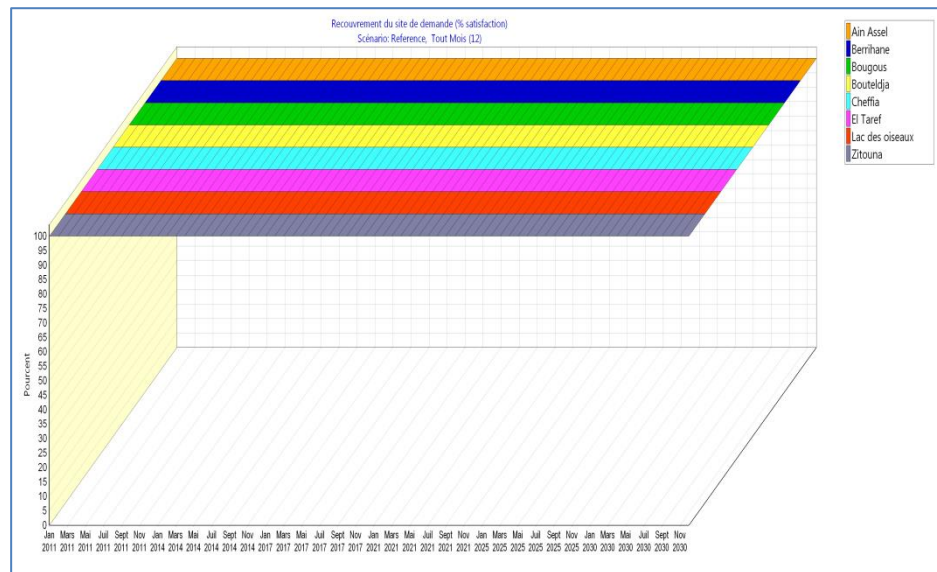


Figure 31: Recouvrement des sites de demande 2011-2030

Conclusion :

Les résultats et les valeurs obtenues par les autorités nationales de l'eau montre que le débit fournit par les différentes sources dans le bassin pour les communes du bassin versant de Kebir-Est atteignent les 20 million m^3 . Les résultats de simulation de l'évolution de la demande en eau théorique montre que la zone ne dispose pas d'une population importante et la demande actuelle ne dépasse pas les 8 million m^3 par ans. Cette valeur reste faible en comparaison avec le potentiel hydrique dans le bassin (20 million m^3), mais réellement dans la vie quotidienne on remarque toujours un manque trop remarquable des eaux de robinets dans toutes les communes de la Wilaya d'ElTarf et même du bassin de Kebir-Est. D'après cette application du logiciel WEAP dans la zone d'étude on conclus que le problème principale est le manque d'une gestion intégré des ressources en eau dans le bassin.

Conclusion Générale

Le bassin versant de l'oued Kebir-Est est l'une des régions les plus humides de l'Algérie. Malgré cette position favorable, on rencontre des difficultés de gestion des ressources en eau. Ceci est dû à la pauvreté de la région en eau souterraine mais aussi à un faible moyen de rétention des eaux de pluie et une mauvaise gestion des eaux usées.

La région est soumise à l'influence d'un climat Méditerranéen caractérisé par une période humide qui s'étend du mois d'octobre au mois de mai, et une autre sèche qui débute au mois de mai et se termine au mois de septembre. Elle reçoit en moyenne une pluviométrie variant entre 620mm et 987mm, sous une température moyenne annuelle de l'ordre de 26.02 °C.

Le bilan hydrique de la zone d'étude montre les caractéristiques suivantes : une évapotranspiration réelle d'environ 54% des précipitations et plus de 51d'excédent qui se traduit plus tard en infiltration efficace.

Les changements climatiques n'épargnent pas cette région du monde. En effet, depuis des décennies on a remarqué une irrégularité des précipitations dans le bassin versant. Ce qui mène à réfléchir sur les différentes situations que pourraient se trouver la population dans le futur.

La gestion des ressources en eau dans le bassin versant d'oued El Kebir Est est un processus systématique pour le développement durable, l'attribution et le suivi de l'utilisation des ressources en eau dans le contexte des objectifs sociaux, économiques et environnementaux.

Afin d'évaluer les ressources en eaux dans le bassin versant du Kebir-Est, nous avons utilisé le Système d'information géographique SIG (**logiciel QGIS 3.16**) et le **logiciel WEAP**.

Le Logiciel QGIS 3.16 nous a permis de :

- organiser les données de la région d'étude sous format graphique comme les cartes et les plans (Répartition des ressources en eau, des sites de demandes, système de distribution des eux...etc) et sous format Excel pour les statistiques et les rapports descriptifs.

- numériser les données graphiques et de faire le calage des cartes et des plans afin de réaliser une base donnée géographique pour chaque carte.

Après avoir organisé la base de données des sites de demande et des ressources en eau, on a introduit ces derniers dans le logiciel **WEAP** pour créer un modèle des systèmes de distribution des eaux selon la demande

Selon la disponibilité des données on a choisi la période de l'année 2011 jusqu'à l'année 2021 comme période de référence, l'étude de la demande en eau global des communes pour l'alimentation en eau potable (AEP) pour cette période et avec un taux d'accroissement de 1.5% est évoluée de 6.8 million m³ jusqu'à 7.884 million m³ en 2021.

La plus faible demande en eau est dans la commune du lac des eaux tandis que la plus grande demande est enregistrée dans la commune d'ElTarf.

La projection de la simulation à l'Horizon 2030 montre une satisfaction complète de tous les communes du bassin versant de Kebir-Est avec un recouvrement de 100 %. Donc on conclut qu'il n'y a pas un manque d'eau dans le bassin de kebir-Est pour cet Horizon.

L'application du logiciel WEAP dans la zone d'étude montre que le manque d'une gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin reste le principal problème rencontré dans cette région.

Perspective et recommandation

Des efforts restent à faire dans le domaine de protection quantitative et qualitative de ces ressources en eau, les recommandations suivantes sont proposées pour affronter les défis de l'eau qui se présentent pour l'avenir dans le bassin d'oued El Kebir sont:

- Maintenir et renforcer les efforts de mobilisation de l'eau par la construction des ouvrages de captages (barrages, retenues, forages, etc.) et la préservation des infrastructures hydrauliques déjà existants.
- Mettre en place les conditions institutionnelles et les outils nécessaires pour une gestion intégrée des ressources en eau.
- Développer la connaissance dans le domaine de la prévision hydrométéorologique, de suivi et de contrôle des ressources en eau.
- L'amélioration du réseau d'observation hydrométrique par l'implantation des stations de jaugeage et des stations pluviométriques.
- Le suivi systématique de la piézométrie permet d'avoir une convergence numérique des ressources en eau souterraines disponibles.

- La maîtrise et l'atténuation des impacts négatifs de la pollution sur le potentiel des ressources en eau par la surveillance permanente de la qualité des eaux.
- Installation de stations d'épuration pour le traitement des eaux usées urbaines et industrielles
- Proposition des périmètres de protection autour des sources potentielles d'approvisionnement en eau.
- Prendre des mesures de prévention et de protection contre les crues par la construction de barrages et de retenues d'écrêtement.

Références Bibliographique :

Aichouri I., 2016 : « Modélisation de l'intrusion marine dans l'aquifère côtier d'Annaba. Apport des analyses salinométriques », thèse de Doctorat, Université de Badji Mokhtar-Annaba, Département de Géologie.

Arranz R., 2006: «Future water demands and resources in the Olifants catchment, South Africa: a scenario analysis approach using the WEAP model», Department of Civil Engineering In partial fulfillment of the requirement for the Degree of Master of Science Colorado State University Fort Collins, Colorado.

Bahroun S,2016 : «objectif s environnementaux de rejet pour les polluants dans le milieu récepteur et optimisation du pouvoir auto-épurateur :cas de L'oued Kébir Est(Nord –Est Algérien »

Bentahar K., 2014 : « Gestion quantitative et qualitative de l'eau de la ville de Tlemcen », mémoire de Magister, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, Département D'hydraulique.

Bencharaa Ch et Bouadjidja J :Cartographie et densité des populations d'une espèce bioindiatrice ,la tortue Emys orbicularis au niveau des zones humides d'El Taref et Annaba»

Bouklia-Hassane R., 2011: « Contribution à la gestion de l'eau dans la ville d'Oran », mémoire de magister, Université des sciences et de la technologie d'Oran, département d'hydraulique.

Bounab S, 2017 : «ressources en eau et développement durable
Cas de la region Annaba-El Tarf (Nord-Est Algerien) »

Benbouziane Z., 2016 : « Gestion de la ressource en eau du projet mao », mémoire de Magister Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, Département D'hydraulique.

Derradji E F., Kerici N., Romeo M et Caruba R., 2004, Aptitude des eaux de la vallée de la Seybouse à l'irrigation (Nord-Est algérien), Revue Sécheresse ; volume 15 N°4, pp353-360.

Droogers P., Terink W., Hunink J., Kauffman S., et Godert V. L., 2011 : « Options de gestion de l'eau verte dans le bassin du Sebou, Maroc - Analyse avantages-coûts utilisant le modèle WEAP », Green Water Credits Report M2a / FutureWater Report 102.

ENERGOPROJEKT-ENHYD : Etude de l'Aménagement de la Plaine d'El Tarf

Hamlat A., 2014 : « Contribution à la gestion des ressources en eau des bassins versants de l'ouest Algérien à l'aide d'un système informatisé », thèse doctorat l'Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf département d'Hydraulique.

Hamzaoui S., 2011, Gestion et impact des déchets Solides urbains sur l'environnement, El tarf commune, Mémoire de magister,Faculté des Sciences de la terre, Université d'Annaba, 105p.

Hani A., 2003, Analyse méthodologique de la structure et des processus anthropiques : application aux ressources en eau d'un bassin côtier méditerranéen, Thèse de doctorat d'état, Es. Sciences, IST, Université d'Annaba, 213p.

Joleaud. L, (1936): Etude géologique de la région de Bône-la Calle, B.S.G.A (2), n°12, 199 p.

Khelfaoui F., 2014 : « Qualité et gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin versant du Saf-saf (Nord-Est Algerian) », Thèse de Doctorat Université de Badji Mokhtar -Annaba, Département de Géologie

Khérici N., 1985, Aquifère sableux de bord de mer, hydrodynamique et hydrochimie. Exemple de la nappe de Bouteldja (N-E Algérie), Thèse de 3^{ème} cycle, U.S.T.L, Montpellier, 202p.

Labar S., 2003, Contribution à l'identification des aires inondables et qualité physicochimiques des eaux stagnantes temporaires dans la vallée de la Mafragh « Extrême Nord Est Algérien », Mémoire de magister, Faculté des Sciences de la terre, Université d'Annaba, 106p.

Messatfa K., 2015 « Etude de la vulnérabilité des ressources en eaux aux changements climatiques : cas du bassin de la Tafna », Mémoire de Magister, Université des sciences et de la technologie d'Oran, Département d'hydraulique.

Savoskul Oxana S., Elena V. Chevnina, Felix I. Perziger, Ludmila Yu. Vasilina, Viacheslav L. Baburin, Alexander I. Danshin A.I., Bahtiyar Matyakubov et Ruslan R. Murakaev, 2003: « Water, Climate, Food, And Environment in the Syr Darya Basin », Contribution to the project ADAPT (Adaptation strategies to changing environments).

Stockholm environment institute, (2015). « Pourquoi WEAP ? » [en ligne]. Site disponible sur <http://www.weap21.org/index.asp?action=201> (page consultée le 23 Mars 2015, 12 Avril 2015, le 02 Mai 2015)

Stockholm environment institute, (2015). « Tutorial, une collection de modules autonomes pour aider à apprendre le logiciel WEAP », Mai 2008. [document PDF]

RAMDANI A.,(1996). Hydrogéologie et mobilisation de la nappe dunaire de Bouteldja. Magistère, Université d'Annaba, Algérie. 138p.

Tutorial, 2008 « Une collection de modules autonomes pour aider à apprendre le logiciel WEAP », https://www.weap21.org/downloads/WEAP_Tutorial_French.pdf

TOURKI Mahmoud, (2010). « Étude de l'érosion et du transport solide dans le bassin versant de l'Oued Kébir Est Nord-Est Algérien ». Thèse de magister en hydrogéologie et construction hydraulique. Annaba : Université Badji Mokhtar Annaba. 290 p.