

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MUSTAPHA STAMBOULI DE MASCARA



Faculté des **S**ciences de la **N**ature et de la **V**ie  
Département des **S**ciences **A**gronomiques



*Mémoire de fin d'études pour l'obtention du  
diplôme Master 2*

*Spécialité : Hydrogéologie, Sol et Environnement (HSE)*

*Thème :*

*Optimisation de la gestion de la petite et moyenne  
hydraulique en zone de montagne, cas du périmètre  
de KACHOUT (Wilaya de Mascara).  
Modélisation par le logiciel WEAP 21*

*Présenté par :*

**SERGMA Abdelkader**

*Devant le jury :*

M <sup>r</sup> BENFETTA H.	MCA	Président
M <sup>r</sup> BENSLIMANE M.	MCA	Encadreur
M <sup>me</sup> BENFETTA S.	MAA	Examinatrice
M <sup>r</sup> BOUASRIA S.	MAA	Examineur

*Année Universitaire : 2015/2016*

## المخلص

إدارة الموارد المائية المتكاملة لهو مفهوم يقوم على التوازن بين توفر المياه لإقليم معين والطلب على المياه من القطاعات الاجتماعية والاقتصادية المختلفة. في الجزائر، لا سيما في الغرب حيث كان هناك استمرار للجفاف الذي يؤثر على احتياطي المياه، وستوجب هذا الوضع تحديا للبحث عن عملية الاستخدام الرشيد والفعال للموارد المائية، تضم جميع المستخدمين والمستهلكين لهذه المادة. وجود مناهج متعددة إلى جانب نماذج تعظيم الاستفادة من نظام إدارة المياه على نطاق واسع وتلك مساهمة المياه المستخدمة لتقديم بعض الإجابات لهذه المشكلة ووضع إستراتيجية المياه، لا سيما في القطاع الزراعي. تحقيقا لهذه الغاية، و WEAP نموذج للتسيير (نظام تقييم المياه والتخطيط) التي أوصت بها منظمة الأغذية والزراعة الدولية يصبح كأداة للتنبؤ الموارد المائية، بتقدير العرض والطلب.

وتشمل هذه المساهمة في تطبيق هذا البرنامج لقياس محيط Kachout، من حوض تجميع المياه من ارتفاع مينا، في ولاية مسكرا (واد طحت). المعطيات المناخية عام 2013، لدراسة هذه المنطقة، فضلا من أجل رقمنة talwegs، في المناطق الحضرية، والموقع الزراعي والحيواني، والبنية التحتية، واستقر على موقع النظام. ويستند هذا السيناريو المستقبلي لتوزيع المياه على أربعة تم إنشاؤها (4) فرضيات: (1) احتياجات المياه للأغراض المنزلية. (2) شرط مياه الري. (3) نسبة استخدام المياه السنوي و (4) معدل نمو السكان. تسمح نتائج تطبيق برنامج WEAP للتنبؤ في المستقبل (2023)، ووضع خطة لإدارة المياه عبر BV على شكل الرسوم البيانية والخرائط) وأخذ بعين الاعتبار في هذا النظام العرض / طلب، مع الأخذ بعين الاعتبار السيناريو المرجعي (SC1) و تغيير المناخ في المستقبل القريب

**كلمات مفتاحية:** المياه، WEAP، حوض التجميع، ووادي طحت، محيط Kachou، مسكرا.

## RÉSUMÉ

La gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) est un concept fondée sur l'adéquation entre les disponibilités hydriques d'un territoire donné et la demande en eau des différents secteurs socio-économiques. En Algérie, et particulièrement à l'Ouest du pays où sévit, une sécheresse persistante, affectant les réserves hydriques, cette situation, relève d'un défi pour la recherche d'une démarche d'utilisation rationnelle et efficace de la ressource en eau, associant l'ensemble des usagers-consommateurs.

Les multiples approches combinées aux modèles d'optimisation du système de gestion de l'eau à l'échelle du bassin versant permettent de fournir des éléments de réponse à cette problématique et d'asseoir une stratégie de l'eau, notamment dans le secteur agricole. A cet effet, le modèle WEAP (*Water Evaluation and planning System*) recommandé par la FAO s'avère une alternative incontournable en tant qu'outil de prévision des ressources en eau, simulant l'offre et la demande.

La présente contribution consiste à une application de ce logiciel à l'échelle du périmètre de Kachout, relevant du bassin versant de la haute Mina, dans la wilaya de Mascara (Oued Taht). Les paramètres climatiques de l'année 2013, retenus ont de cette zone d'étude, ainsi que la numérisation des talwegs, localisation urbaine, agricole, élevage, infrastructure, ont été réglés sur le système du site. Le scénario futur de la distribution de l'eau est basé sur quatre (4) hypothèses ont été créées : (i) *besoin en eau domestique* ; (ii) *besoin en eau d'irrigation* ; (iii) *ratio d'utilisation d'eau annuelle* et (iv) *taux de croissance démographique de la population*.

Les résultats d'application du logiciel WEAP permettent de projeter dans le futur (2023) un plan de gestion de l'eau à l'échelle du BV (sous forme de graphes et cartes) et d'établir un bilan hydrologique et de offre/demande, tenant compte d'un scénario de référence (sc1) ainsi que de la vulnérabilité due aux changements climatiques dans un futur proche.

**Mots clés :** Eau, WEAP, bassin versant, Oued TAHT, périmètre Kachout, Mascara.

## ABSTRACT

Integrated Water Resources Management (IWRM) is a concept based on the balance between water availability of a given territory and the water demand of different socio-economic sectors. In Algeria, particularly in the West of the county where there is a persistent drought affecting water reserves, this situation reports to a challenge to research a process of rational and efficient use of water resources, involving all users-consumers.

Multiple approaches combined with optimization models of water management system at the catchment scale used to provide some answers to this problem and establish a water strategy, particularly in the agricultural sector. To this end, the model WEAP (*Water Evaluation and Planning System*) recommended by FAO proves an essential alternative as a tool for forecasting water resources, simulating supply and demand.

This contribution consists in an application of this software to scale the perimeter of Kachout, within the watershed of the high Mina, in the wilaya of Mascara (Oued Taht). Climatic parameters of 2013, have retained this study area, as well as the digitization of talwegs, urban, agricultural location, livestock, infrastructure, were settled on the site of the system. The future scenario of the water distribution is based on four (4) assumptions were created: (i) *domestic water needs*; (ii) *water requirement of irrigation*; (iii) *ratio of annual water use* and (iv) *growth rate of the population*.

The results of application of WEAP software used to project into the future (2023), a water management plan across BV (as graphs and maps) and establish a water balance and offer / request,

taking into account a reference scenario (sc1) and vulnerability due to climate change in the near future.

**Keywords:** Water, WEAP, watershed, Oued TAHT, perimeter Kachout, Mascara.

## **Liste des figures**

<i>Fig. I.1: Les cinq affichages du Modèle Weap</i> .....	4
<i>Fig.I. 2 : Fenêtre cartographie WEAP</i> .....	5
<i>Fig.I. 3 : Fenêtre basse de données</i> .....	6
<i>Fig.I. 4 : Organigramme du fonctionnement du logiciel WEAP 21</i> .....	9
<i>Fig . II.1 : Localisation bassin versant d'Oued TAHT</i> .....	12
<i>Fig. II.2. Histogramme des Variation précipitations moyens mensuelles (Ain El Hadid )</i> .....	20
<i>Fig. II.3. Histogramme des Variation précipitations moyens mensuelles (Sidi Ali Ben Amar)</i> .....	20
<i>Fig. II.4. Histogramme des précipitations saisonnières</i> .....	21
<i>Fig. II.5. Diagramme des Variation précipitations moyens annuelles des 2 Stations (2004-13)</i> .....	22
<i>Fig. II.6. Histogramme des précipitations moyens annuelles des 2 Stations (2004-2013)</i> .....	22
<i>Fig. II.7. Diagramme des Variation Température mensuelles en fonction du temps de station d'Ain El Hadid</i> .....	23
<i>Fig. II.8. Diagramme des Variation Température mensuelles en fonction du temps de station Sidi Ali Ben Amar</i> .....	24
<i>Fig. II.9. Histogramme des Humidité moyenne mensuelle (%) : Station d'Ain El Hadid, Période (2004-2013)</i> .....	26
<i>Fig. II.10. Histogramme des Humidité moyenne mensuelle (%) : Station Sidi Ali Ben Amara, Période (2004-2013)</i> .....	26
<i>Fig. II.11. Diagramme Ombrothermique de la station d'Ain El Hadid</i> .....	28
<i>Fig. II.12. Diagramme Ombrothermique de la station Sidi Ali Ben Amar</i> .....	28
<i>Fig. III.1 : Carte du Monde</i> .....	32
<i>Fig. III.2: Carte limite des bassins versants d'oued Mina avec les réseaux hydrographiques</i> .....	33
<i>Fig. III.3 : Fenêtre des hypothèses clés</i> .....	34
<i>Fig. III.3 : Création du scénario</i> .....	35
<i>Fig. III.4: Scénario de référence</i> .....	35
<i>Fig. III.4: Fenêtre de donnée des séries temporelles des besoins en eau futurs pour l'irrigation</i> .....	36
<i>Fig. III.5 : Fenêtre « Méthode de l'année hydrologique » définition de chaque type de climat</i> .....	37
<i>Fig. III.6: Fenêtre « Méthode de l'année hydrologique » avec la séquence des types d'année</i> .....	38
<i>Fig. III.7: Fenêtre montrant les scénarios en méthode de l'année hydrologique</i> .....	39
<i>Fig. III.8: Fenêtre mode d'entre des données</i> .....	41
<i>Fig. III.9 Fenêtre « sites de demandes » avec les données et graphes</i> .....	41
<i>Fig. III.10 Fenêtre « Sites de demandes » et les besoins en eau secteurs élevages</i> .....	41
<i>Fig. III.11: Fenêtre débit sur le barrage</i> .....	42
<i>Fig. III.12 : Boîte à dialogue Information générale pour le Bassin versant</i> .....	43
<i>Fig. III.13 : Boîte à dialogue pour choisir la méthode de calcul</i> .....	43
<i>Fig. III.14 : Fenêtre des données représentant les précipitations mensuelles du bassin versant</i> .....	44
<i>Fig. III.15 : Fenêtre des données représentant la surface du bassin versant</i> .....	44
<i>Fig. IV.1: Le sous bassin versant d'oued Mina d'après le Modèle WEAP</i> .....	45
<i>Fig. IV.2: la demande en eau sans perte du scénario de référence</i> .....	46
<i>Fig. IV.3: Recouvrement de site de demande pour scénario de référence</i> .....	47
<i>Fig. IV.4: Demande en eau non satisfaisante des sites de demande pour scénario de référence</i> .....	47
<i>Fig. IV.5: Demande en eau sans perte pour les scénarios</i> .....	48
<i>Fig. IV.6: Demande en eau non satisfaisante des Scénarios</i> .....	48
<i>Fig. IV.7: Recouvrement de site de demande avec tous les Scénarios</i> .....	49
<i>Fig. IV.8: Eau distribuée à chaque site de demande scénario de référence</i> .....	49
<i>Fig. IV.9: Ruissèlement d'eau de pluie</i> .....	50
<i>Fig. IV.10: Eau distribuée en scénario de référence et changement climatique</i> .....	50
<i>Fig. IV.11. Evolution des débits d'eau de surface</i> .....	51
<i>Fig. IV.12. Evolution de l'évapotranspiration réelle</i> .....	52

<i>Fig. IV.13.Débits des sites de demandes en eau scénario changement climatiques avec toutes sources et destination .....</i>	<i>53</i>
<i>Fig. IV.14.Débit du site de demandes Scénario de référence.....</i>	<i>54</i>

## **Liste des tableaux**

<i>Tableau II.1. Les coordonnées et les caractéristiques des stations.....</i>	<i>19</i>
<i>Tableau II.2.: Les variations des précipitations mensuelles(station d'Ain El Hadid).....</i>	<i>19</i>
<i>Tableau II.3: les variations des précipitations mensuelles(S. A. B. Amar) .....</i>	<i>20</i>
<i>Tableau II.4: variations des précipitations saisonnières.....</i>	<i>21</i>
<i>Tableau II.5: variations des précipitations annuelles .....</i>	<i>21</i>
<i>Tableau II.6: Représente les variations de température à la station d'Ain El Hadid .....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau II.7: Représente les variations de température à la station S. A. B. Amar.....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau II.8. Evapotranspiration annuelle.....</i>	<i>25</i>
<i>Tableau II.9. Variations de vitesses du vent (station Ain El Hadid).....</i>	<i>25</i>
<i>Tableau II.10. Variations de vitesses du vent à la station Sidi Ali Ben Amar .....</i>	<i>25</i>
<i>Tableau .II.11. Humidités relatives moyennes mensuelles (%) : station d'Ain El Hadid.....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau . II.12. Humidités relatives moyennes mensuelles(%) : Station Sidi Ali Ben Amara.....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau II.13.Moyenne mensuelle et annuelle des précipitations et de température Station d'Ain El Hadid.....</i>	<i>27</i>
<i>Tableau II.14: Moyenne mensuelle et annuelle des précipitations et de température Station S.A.B Amar .....</i>	<i>28</i>
<i>Tableau II.15.La répartition annuelle des apports de Oued TAHT.....</i>	<i>29</i>
<i>Tableau II.16. Estimation des crues pour différentes périodes de retour sont comme suit .....</i>	<i>30</i>
<i>Tableau III.1: Taux d'utilisation de l'eau pour l'irrigation pour l'année future.....</i>	<i>36</i>
<i>Tableau III.2: Définitions des types de climats .....</i>	<i>37</i>
<i>Tableau III.3: Répartition des types d'années.....</i>	<i>38</i>
<i>Tableau III.4: Liaisons de transmission et débit de retour.....</i>	<i>40</i>

## ***INTRODUCTION GENERALE***

L'eau est un élément vital pour toute société et un facteur prépondérant pour son sort économique. En Algérie, pays à climat généralement aride, la demande en eau, tant pour l'AEP, que pour l'agriculture et l'industrie ne cesse de s'accroître d'année en année et par conséquent de plus en plus difficile à satisfaire par la conjugaison de la multiplicité des besoins face à leur vulnérabilité de la ressource aux changements climatiques.

Face à des situations de pénuries ou de déficit chronique, les pouvoirs publics tentent de construire des ouvrages hydrauliques pour stocker les eaux pluviales pour pouvoir les mettre au service des usagers en temps opportun, en quantité suffisante et en qualité souhaitée. Cela se traduit par une programmation, préparée minutieusement, permettant de planifier les actions engagées.

L'objectif de cette contribution consiste à étudier la dynamique de la petite et moyenne hydraulique dans la nouvelle politique de la gestion intégrée des ressources en eau et ce, à travers le cas du périmètre de Kachout dans la Wilaya de Mascara (Ouest algérien).

Outre, l'absence d'une synchronisation entre l'offre et la demande, s'ajoute également la non maîtrise des enjeux internes, marqués par des conflits d'usage de cette infrastructure hydro-agricole nouvellement réceptionnée.

Autres motifs du choix de ce site résident également dans le fait qu'il s'agit d'un périmètre d'irrigation déclassé et abandonné par manque d'eau, bénéficiant d'une opération d'infrastructure de mobilisation (barrage d'Oued Taht) et la réhabilitation de son réseau d'irrigation, favorisant l'émergence d'une agriculture compétitive.

La démarche adoptée est basée sur l'application du modèle WEAP (*Water Evaluation and planning System*), développé par SEI (*Stockholm Environment Institute*) et recommandé par le FAO en tant qu'outil de prévision des ressources en eau, simulant l'offre et la demande.

Ce logiciel d'optimisation permettra de fournir des éléments de réponse à la problématique de la gestion de l'eau à l'échelle d'un bassin, notamment :

- évaluation des besoins en eau par chaque secteur d'utilisation ;
- modélisation, simulation et optimisation de la gestion des ressources en eau ;
- appréciation des acquis et de la stratégie de la GIRE mise en œuvre.

Pour atteindre ces objectifs, le présent mémoire est structuré en quatre chapitres successifs :

- Le premier chapitre, est consacré à une présentation de la zone d'étude.
- Le second chapitre, présentera le tutorial du logiciel WEAP 21.
- Dans le troisième chapitre est consacré à la modélisation par le WEAP 21 appliqué au bassin versant d'Oued TAHT.
- Le quatrième chapitre est réservé aux résultats et discussions.

## CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

### II.1. Localisation géographique :

Le site d'étude est un périmètre sublittoral, situé dans l'Ouest de l'Algérie. Il fait partie du sous bassin versant d'Oued Taht, affluent d'Oued Mina à 70 km au Sud-est de Mascara. Le site du barrage se situe à proximité de l'agglomération d'Ain Ferrah. De par son contexte montagneux le site du barrage et son périmètre irrigué formant une cuvette, sont accessibles par des pistes. Au plan cartographique, le site du barrage est localisé aux coordonnées Lambert suivants : X= 325,8 ; Y= 233,2 1 et Z = 360 (figure II.1).

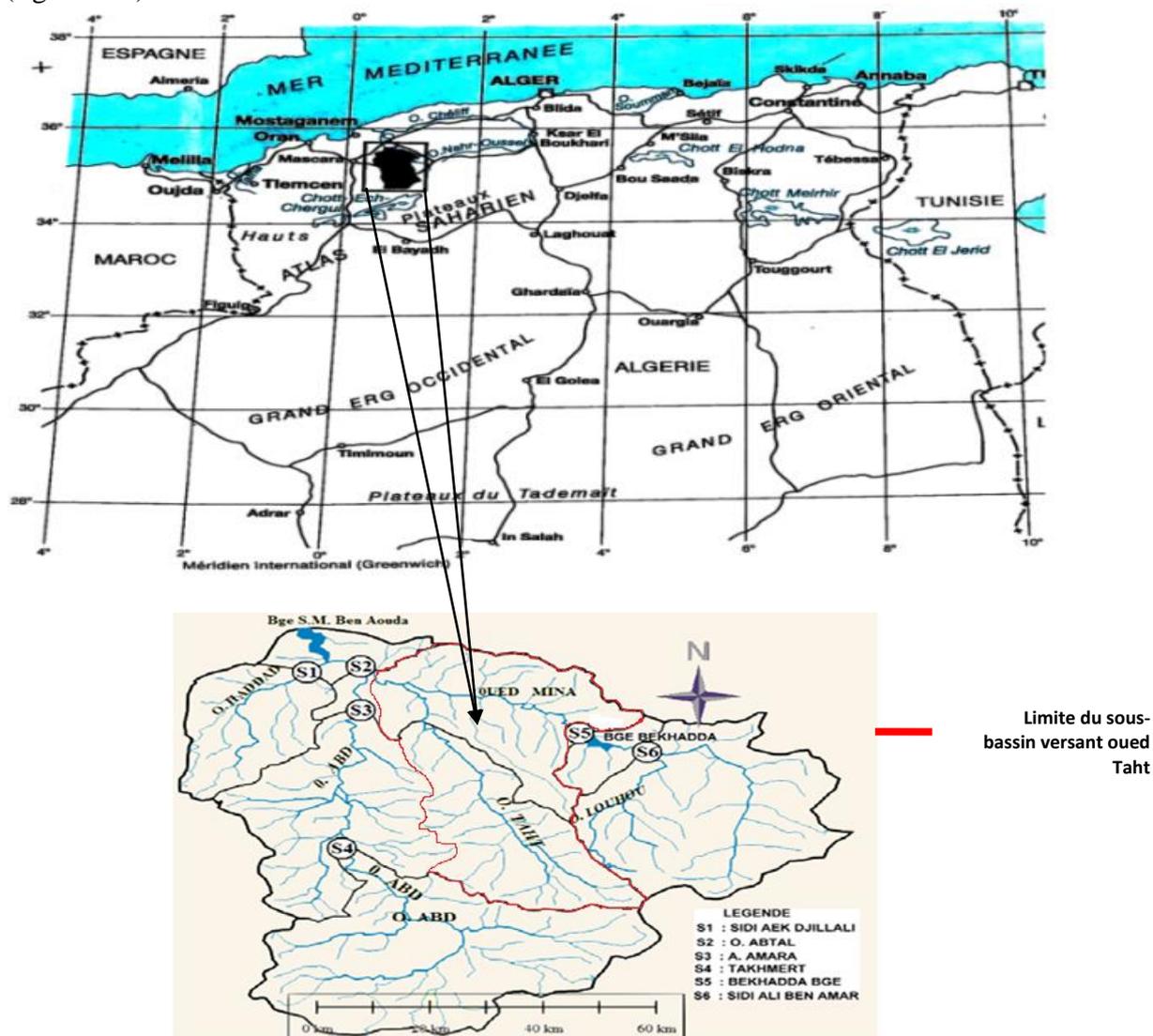


Figure II.1. Localisation bassin versant d'Oued TAHT

### II.2. Caractéristiques générales du barrage Oued TAHT

- Localisation : Carte d'Etat Major Djillali Ben Amar n° 3 - 4, type 1960,
- Echelle 1/25.000e
- Coordonnées Lambert X = 325,8 ; Y= 233,2 ; Z = 360

#### Bassin versant du barrage :

- Surface totale du bassin versant..... : 83,38 Km<sup>2</sup>
- Précipitation moyenne annuelle ..... : 397 mm/an.
- Evaporation moyenne annuelle..... : 1 843 mm/an.

- Apport moyen annuel..... : 15 Hm<sup>3</sup>/an
  - Apport solide moyen annuel..... : 98 200 m<sup>3</sup>/an
- Digue :** (en enrochements avec noyau en argile).
- Côte de la crête..... : 399,50 m
  - Hauteur maximale du fond de l'oued ..... : 39,50 m
  - Longueur en crête..... : 127 m
  - Largeur de la crête ..... : 6 m
    - Talus amont ..... : 1V/2H
    - Talus aval ..... : 1V/2H
- Volume des remblais :**
- Enrochements (recharges)..... : 181 000 m<sup>3</sup>
  - Argile (noyau)..... : 36 000 m<sup>3</sup>
  - Filtre fin ..... : 22 000 m<sup>3</sup>
  - Filtre gros ..... : 18 500 m<sup>3</sup>
  - Rip-Rap ..... : 7500 m<sup>3</sup>
- Retenue:**
- Côte de la retenue normale..... : 392,00 m
  - Côte des plus hautes eaux ..... : 397,20 m
  - Côte du volume mort..... : 384,00 m
  - Volume utile..... : 7 Hm<sup>3</sup>
  - Volume annuel régularisé ..... : 8,5 Hm<sup>3</sup>
- Crues:**
- Vingtennale (Q 5%);..... : 200 m<sup>3</sup>/s
  - Millénaire (Q 0,1%)..... : 404 m<sup>3</sup>/s
  - Dixmillénaire (Q 0,01%)..... : 523 m<sup>3</sup>/s

### ***II.3 Les travaux de réalisation du barrage d'Oued Taht***

Les travaux de réalisation du barrage d'Oued Taht, commune d'Aïn Ferah, à 75 km au sud-est du chef-lieu de wilaya, qui devront être achevés en juin 2016.

### ***II.4 Destination de l'ouvrage***

L'ouvrage aura pour objet la mobilisation d'une ressource en eau qui sera destinée principalement pour l'alimentation en eau potable des communes limitrophes (Ain Ferrah, Oued El Abtal et Djillali Ben Amar) [5].

### ***II.5 Aspects socio-économiques***

L'agriculture et l'élevage sont les activités les plus importantes de la région. L'existence des grandes surfaces agricoles et l'existence d'un système d'irrigation dans certains domaines d'exploitation offrent des possibilités pour un développement de l'agriculture. Néanmoins, un problème d'eau pour l'irrigation se pose, malgré l'existence de deux barrages sur l'Oued Mina (Bakhada et Sidi Mohamed Ben Ouda). La construction d'un barrage sur l'Oued Et Taht peut régler, en plus du problème d'eau potable, une partie du problème d'eau pour l'irrigation [5].

### ***II.6 Etat actuel du Périmètre de Kachout***

D'une superficie totale à 400 ha, le prélèvement (prise d'eau) est effectué par pompage sur la nappe locale par le biais de puits individuels, au nombre de 67, dont le débit global est de l'ordre de 400 l/s. Une étude d'avant-projet détaille APD a été élaborer par le bureau d'étude ENHYD en 1994, la réalisation est en cours depuis 2013 pour la réhabilitation du périmètre avec une extension de la superficie équipée

totale actuelle de 500 ha est extensible jusqu'à 1500 Ha irrigable, afin de satisfaire les besoins alimentaire de 6530 habitants de la population d'Ain Ferrah [6].

La gestion du périmètre est assurée par un syndicat d'irrigant qui s'occupe de l'entretien du réseau d'irrigation et la collecte des redevances. Les agriculteurs sont organisés entre eux pour ce qui est des tours d'eau. La majorité de l'irrigation est de type gravitaire, desservant des parcelles sous forme jardins pour satisfaire leurs besoins alimentaires [6].

Le périmètre est composé de deux parties, celle de la partie amont qu'est équipée par des conduites force en PEHD dont la superficie est de 250 ha, et la partie aval est équipée par des canaux à ciel ouvert qu'est couvre une superficie de 250 ha. Le périmètre est équipé par deux réservoirs  $2 \times 1000 \text{ m}^3$  et une station de pompage d'une capacité de 135 l/s [6].

Actuellement l'irrigation est effectuée par des lâchers du barrage Benkhada à l'amont du périmètre (wilaya de Tiaret alimenté). Les prélèvements d'eau des cultures riveraines se font illicitement a partir du cours d'eau en cas des lâchers [6].

Le périmètre de Kachout est doté par un canal de dérivation situé à l'aval du barrage d'Oued TAHT, à proximité de la rive droit du fleuve même. Une fois la mise en eau, la pompe aspirera de la station de pompage puis un refoulement aux deux réservoirs  $2 \times 1000 \text{ m}^3$  ensuite à la distribution gravitaire par réseau de distribution à la parcelle [6].

La culture dominante à 100 % dans le périmètre de Kachout actuellement est la céréaliculture à sec qui atteindrent les 200 ha, dont les agriculteurs ont sollicités de la survie de ce périmètre par la réalisation de ce petit barrage afin de résoudre ces multiples problèmes, surtout que les 50% de ces agriculteurs ont connu l'exode, et abandonné leurs terres par manque d'eau et manque des moyens [6].

Les agriculteurs regagneront leurs terres une fois la mise en eau du futur Barrage. En moyenne, la main d'œuvre permanente employée est 32 travailleurs concernant les chefs d'exploitation et la main d'œuvre saisonnière employée est de 1 à 2 travailleurs par exploitation a raison de 32 à 64 travailleurs saisonniers sont utilisées principalement pour le désherbage et la récolte [6].

La capacité de stockage ou la retenue est de  $7 \text{ Hm}^3$ , dont les  $1,5 \text{ Hm}^3$  destiné à usage agricole,  $4 \text{ Hm}^3$  à l'usage AEP des agglomérations d'Ain Ferrah, Sidi Abdeldjebar et Oued El Abtal, le volume régularisé de la retenue est de  $8,5 \text{ Hm}^3$ . Le provisionnement de l'eau se fera par une conduite forcée projetée depuis le barrage de Taht à la station de pompage du périmètre de Kachout au niveau des deux réservoirs  $2 \times 1000 \text{ m}^3$ . La distribution est de type gravitaire. Le fonctionnement du réseau d'irrigation est conditionné par l'achèvement de l'ouvrage de mobilisation [6].

Cet ouvrage aura un impact positif par l'irrigation de périmètre de Kachout et le renforcement de la région d'Ain Ferrah, Sidi Abdeldjebar et oued El Abtal en eau potable. A relever que le périmètre se trouve dans une position conflictuelle du fait que le site du barrage est à l'aval où l'on retrouve une demande pressante des agriculteurs de la wilaya de Relizane qui revendique une part des eaux du barrage d'Oued Taht [6].

## ***II.7 La gestion du périmètre de Kachout***

La gestion et l'entretien du périmètre de Kachout sera pris en charge par l'office nationale d'irrigation et de drainage l'ONID qui remplacera le collectif d'irrigants. Le mode d'irrigation gravitaire reste le seul moyen pour subsister aux cultures, surtout que les eaux souterraines sont non satisfaisantes au besoin de l'irrigation [6].

La gestion de l'eau est donc soumise à la loi de l'offre à travers le périmètre piloté par l'office national de l'irrigation et de drainage, surtout qu'il est équipé par des prises d'eau et des bornes à la parcelle, mais cela reste insuffisant d'autant plus que le réseau de distribution n'est pas équipé par des installations des compteurs individuels pour conduisant l'utilisateur à l'économie de l'eau et de les inciter à l'investissement dans la mise en place des systèmes d'irrigation économique, tel que le goutte à goutte [6].

La réalisation d'un tel investissement induira la création d'une centaine d'emplois dans le secteur agricole et une disponibilité en divers produits alimentaires et atténuer l'exode rurale (abandon des terres) [6].

## ***II.8 Système agricole installé :***

- ✓ Superficie agricole utilisée : 9415 hectares
- ✓ Superficie irriguée : 500 hectares
- ✓ La superficie forestière : 7764 hectares
- ✓ Zone pastorale : 5024 hectares
  - La production végétale
    - A- Céréales : 7 360 hectares dont 207 hectares irrigués
    - B- Fourrages : 80 hectares
    - C- Légumes verts : 113 hectares
    - D- les arbres fruitiers :
      - ✓ Arbres (oliviers) : 93 hectares
      - ✓ D'autres arbres : 07 hectares

Le coefficient cultural utilisé selon les différents stades de croissance pour la céréaliculture mi saison dominante dans le périmètre de Kachout :  $K_c=1$ .

- L'élevage :
  - A- Bovin : 956 têtes
  - B- Ovins et caprins : 54 125 têtes

## ***II.9 Cadre géologique***

Cette partie décrit la géologie et les conditions géotechniques du site, elle s'appuie sur les reconnaissances qui ont été exécutées au cours des études précédentes. En particulier, des sondages mécaniques et géo-électriques, ainsi que des essais de laboratoire ont servi à l'étude des caractéristiques géotechniques et hydrogéologiques du site [5].

### ***a-Géologie régionale***

La région du site du barrage de Oued ET TAHT est située à la limite du domaine tellien et du domaine pré atlasique: au Nord le domaine tellien constitué par un empilement de nappes pelliculaires, résultant d'une poussée vers le Sud des terrains

autochtones, et dont les sédiments plastiques ont été intensément plissés et fracturés. Au Sud le domaine pré atlasique constitué de sédiments relativement plus rigides et faiblement plissés [5].

### ***b- Lithostratigraphie***

Les principales entités stratigraphiques de la région du site sont :

- \* Jurassique :
  - des marnes et des calcaires d'âge callovo-oxfordien
  - des grés, des marnes et des calcaires zoogènes d'âge argovien.
  - des dolomies massives et des calcaires d'âge zuracien.
- \* Miocène :
  - des poudingues et des grés d'âge cartenien.
- \* Quaternaire :

Dépôts alluvionnaires de terrasses, trois terrasses ont été distinguées, elles se caractérisent par des épaisseurs variables de silts argileux et de graviers sableux. Les silts argileux prédominent dans la basse terrasse où ils recouvrent les dépôts graveleux sur une épaisseur moyenne de 4 m environ.

### ***c- sismicité***

La région de Mascara est considérée comme une région présentant une activité sismique assez importante. Le relevé des données de la sismicité historique et instrumentale actuel, ainsi que les données relatives à la tectonique ont été pris en considération pour le choix de l'accélération, la valeur de 0,13 g a été retenue pour le séisme de projet et (0,36g) pour le séisme exceptionnel [5].

### ***d- Le site et de la cuvette du barrage***

\* ***Topographie du site*** : les structures du site et de la cuvette sont caractérisées par une épaisse série monoclinale d'âge jurassique légèrement plissée et fracturée au cours de l'oligocène suivie d'un intense ravinement et dépôts de sédiments détritiques dans les paléovallées [5].

\* ***Géologie de la cuvette*** : Le fond de la cuvette est recouvert par des dépôts silto-limoneux avec a la base un niveau graveleux, celui-ci parait plus important. La morphologie en terrasses successives est peu marquée si ce n'est par le niveau inférieur et moyen qui domine l'oued de quelques mètres [5].

#### ***\* Etanchéité de la cuvette***

La nature de substratum essentiellement formé de marnes du callovo-oxfordien garantit l'étanchéité de la cuvette. Localement les bancs calcaires peuvent être perméables mais ceux-ci ne semblent pas être importants [5].

#### ***\* Stabilité des berges***

Les pentes généralement faibles des berges de la cuvette excluent toute possibilité de glissement [5].

#### ***\* Géologie du site***

L'axe du barrage de Oued TAHT est implanté dans les gorges entaillées par l'Oued dans les formations conglomératiques et gréseuses du Cartésien.

## ***1.10 Etude hydro-climatologie***

La maîtrise de l'eau dans une région suppose avant toute mise en exploitation, une quantification des apports et des pertes afin de déduire les ressources disponibles. Il s'agit donc, à partir des paramètres climatiques (précipitations, température, vent, évaporation) de faire une synthèse et d'essayer de dégager les caractéristiques climatiques à l'échelle de la région. Les paramètres climatiques jouent aussi un rôle déterminant dans le comportement du régime des cours d'eau superficielles.

### ***a- Morphométrie du bassin versant***

Les caractéristiques physiques et hydrographiques ont été calculées à partir de la carte au 1/50.000.

- ✓ la surface du bassin versant est de 83.38 km<sup>2</sup>
- ✓ le périmètre du bassin versant est de 152 km
- ✓ la longueur du thalweg le plus long est de 15,52 km
- ✓ les altitudes des extrêmes minimales et maximales du bassin versant sont respectivement de 360 m et 1250 m et l'altitude moyenne est de 346 m
- ✓ la pente moyenne du bassin versant est de 12,9%.

### ***b-Hydrographie***

- ✓ Le réseau hydrographique totalise une longueur de 2527 km
- ✓ La densité de drainage est évaluée à 3,25 km/km<sup>2</sup>
- ✓ La pente moyenne de l'oued ET TAHT, jusqu'au site est de 9,05m/Km.

### ***c- Les précipitations***

#### ***\* Les stations pluviométriques du secteur d'étude :***

Notre zone d'étude comporte deux stations pluviométriques (station d'Ain El Hadid et Sidi Ali Ben Amar). Les coordonnées et les caractéristiques des stations sont mentionnées sur le tableau II.1.

**Tableau II.1. Les coordonnées et les caractéristiques des stations.**

<b>Stations</b>	<b>Code</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude</b>	<b>Paramètres</b>	<b>Période d'observation</b>
d'Ain El Hadid	013004	35.125	0.625	584	P, T, V	<b>(2004-2013)</b>
Sidi Ali Ben Amar	012909	35.125	0.937	699	P, T, V	<b>(2004-2013)</b>

#### ***\* Station d'Ain El Hadid***

Nous disposons une série de mesures enregistrées à la station d'Ain El Hadid (Tableau II.2).

**Le tableau II.2: Les variations des précipitations mensuelles.**

<b>Station</b>	<b>Sep</b>	<b>oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>	<b>jan</b>	<b>fév</b>	<b>Mar</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jui</b>	<b>Juil</b>	<b>Aout</b>	<b>Année</b>
Ain El Hadid	33.41	44.95	64.5	58.72	62.73	68.01	66.55	70.31	67.79	17.53	4.87	5.55	564.92

L'examen des données de précipitation pour la période (2004-2013) de la station de station d'Ain El Hadid montre que les mois de Février et Avril sont les plus pluvieux

et les mois de Juillet et Août sont les plus secs. Le module pluviométrique moyen annuel est de 564.92 mm (Figure II.2).

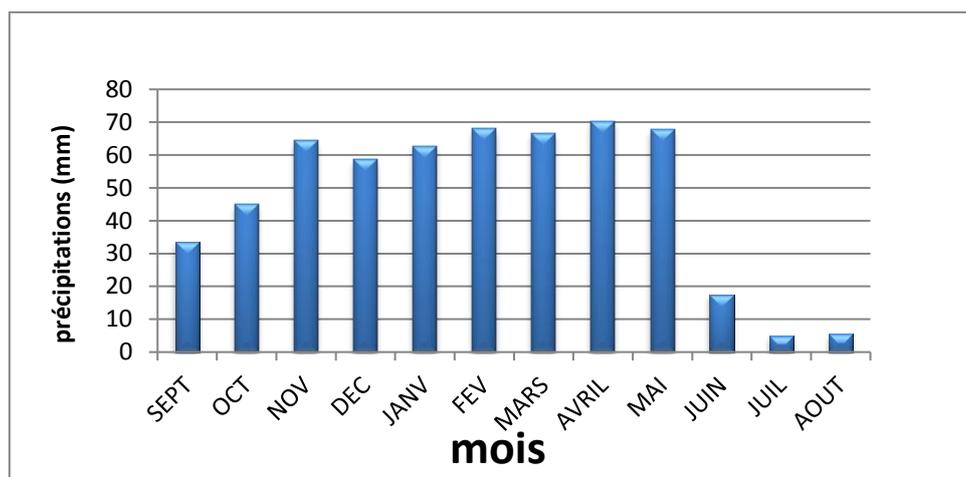


Figure II.2. Histogramme des variations des précipitations moyennes mensuelles (station d'Ain El Hadid).

❖ *Station de Sidi Ali Ben Amar*

**Tableau II.3. Variations des précipitations mensuelles.**

Station	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Année
S. A. B. Amar	34.16	45.79	59.16	58.52	65.29	72.43	70.06	63.8	66.83	17.53	4.66	6.83	565.06

Le module pluviométrique moyen annuel est de 565.06 mm, dont la précipitation effective est de 98%. Les mois les plus pluvieux sont : Février, Mars. Les mois les plus secs sont : Juillet et Août (Figure II.3).

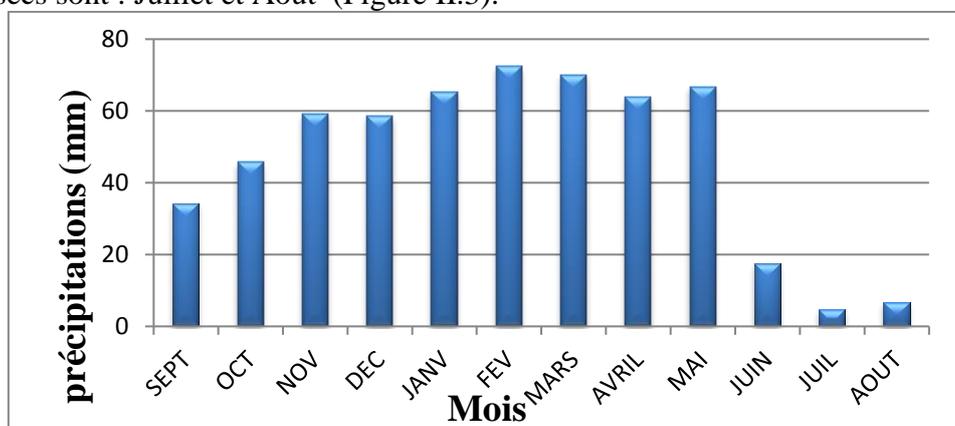


Fig.II.3. Histogramme des Variation précipitations moyens mensuelles (Station de Sidi Ali Ben Amar).

**b- Les variations des précipitations saisonnières**

Ces variations sont regroupées dans le tableau II.4. Les saisons sont réparties comme suit :

- Automne (Septembre, Octobre, novembre).
- Hiver (Décembre, Janvier, Février).
- Printemps (Mars, Avril, Mai).
- Été (Juin, Juillet, Août).

**Tableau II.4. Variations des précipitations saisonnières.**

Stations	Moyenne saisonnière	Automne	Hiver	Printemps	Eté
Ain El Hadid	mm	142.86	189.46	204.56	27.95
S. A. B. Amar	mm	139.11	196.24	200.69	29.02

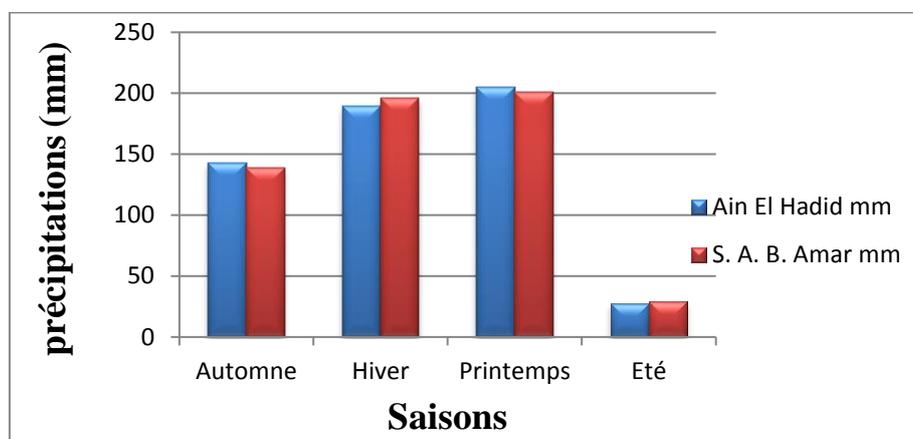


Fig.II.4. Histogramme des précipitations saisonnières.

Les résultats montrent que le printemps est la saison la plus pluvieuse (Figure II.4).

**c- Les précipitations annuelles**

Les valeurs des précipitations annuelles des deux stations d'étude pour la période allant de 2004 à 2013 sont représentées dans le tableau II.5.

**Tableau II.5: variations des précipitations annuelles**

Station Année	Ain El Hadid	Sidi Ali Ben Amar
2004	557.94	529.6
2005	353.06	363.3
2006	438.84	452.05
2007	490.48	503.79
2008	693.36	714.17
2009	658.18	707.95
2010	616.65	643.89
2011	654.8	638.45
2012	552.69	475.88
2013	633.23	621.4
<b>Moyenne sur 10 ans</b>	<b>564.92</b>	<b>565.05</b>

Les figures II.6 visualisent l'évolution de la pluviométrie annuelle sur une période moyenne pour ces deux stations. Les courbes de variations interannuelles des précipitations représentent globalement la même allure.

La courbe de tendance (ligne verte) indique la valeur normale de la pluviométrie dans la région. En dessous de cette courbe, il y a un climat sec à très sec représenté de l'année 2004 à 2007 et 2012, climat humide et très humide 2008 à 2011.

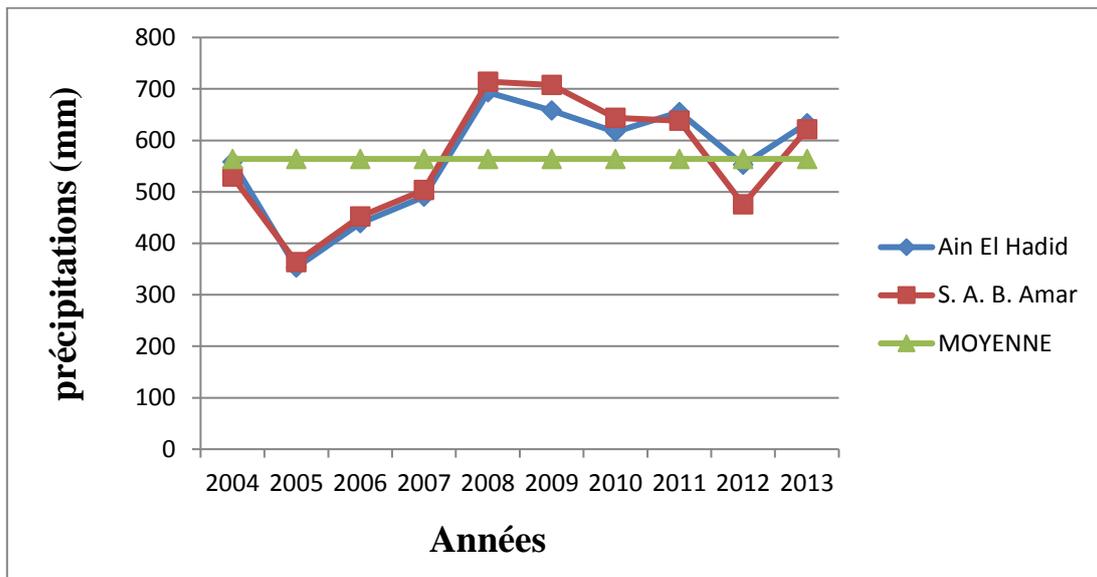


Fig.II.5. Diagramme des variations précipitations moyens annuelles des 2 stations (2004-2013)

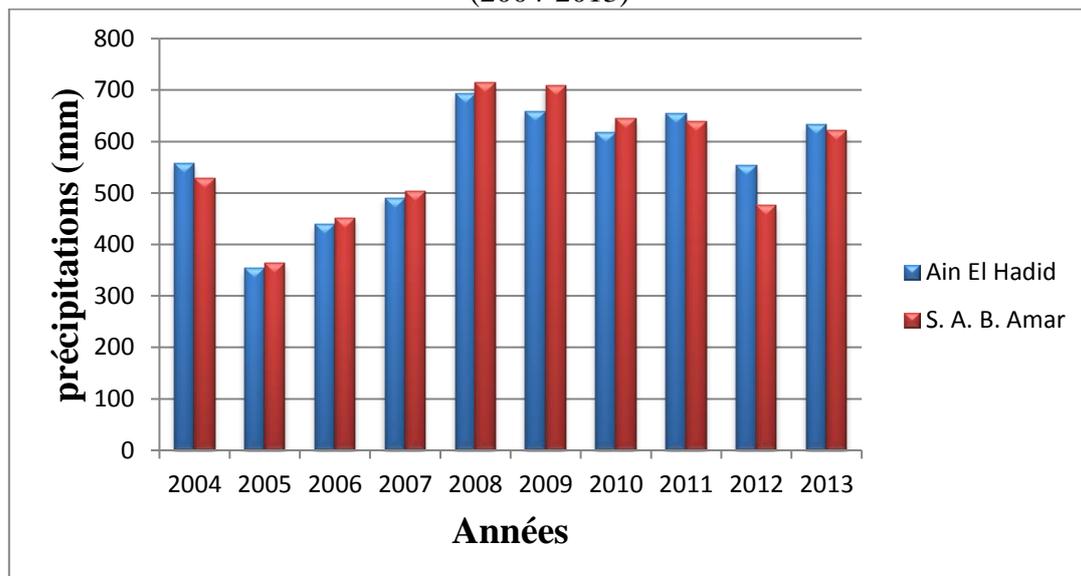


Fig.II.6. Histogramme de précipitations moyennes annuelles des deux Stations (2004-2013)

### *d-Température*

Elle constitue avec les précipitations un paramètre majeur qui permet de définir le climat d'une région. C'est aussi l'un des termes essentiels dans la définition du déficit d'écoulement. Pour notre secteur d'étude, la station d'Ain El Hadid est la seule où nous avons pu disposer d'une série de mesures de ce paramètre pendant une décennie (2004-2013).

#### *\* Station d'Ain El Hadid*

Tableau II.6. Représente les variations de température à la station d'Ain El Hadid

Mois	M (°C) min	M (°C) max	M+m / 2 (moy.)
Janvier	0.09	18.05	9.07
Février	1.11	18.34	9.73
Mars	0.84	22.64	11.74
Avril	0.46	27.02	13.74
Mai	1.89	29.32	15.61
Juin	4.24	41.06	22.65
Juillet	11.68	40.82	26.25
Août	11.45	40.75	26.10
Septembre	8.77	37.66	23.22
Octobre	3.04	33.04	18.04
Novembre	1.36	27.66	14.51
Décembre	0.09	19.91	10.00
<b>Moyenne annuelle</b>	<b>3.75</b>	<b>29.69</b>	<b>16.72</b>

D'une manière générale le minimum apparaît en Janvier (9.07 C°) alors que le maximum apparaît en Juillet (26.25 °).

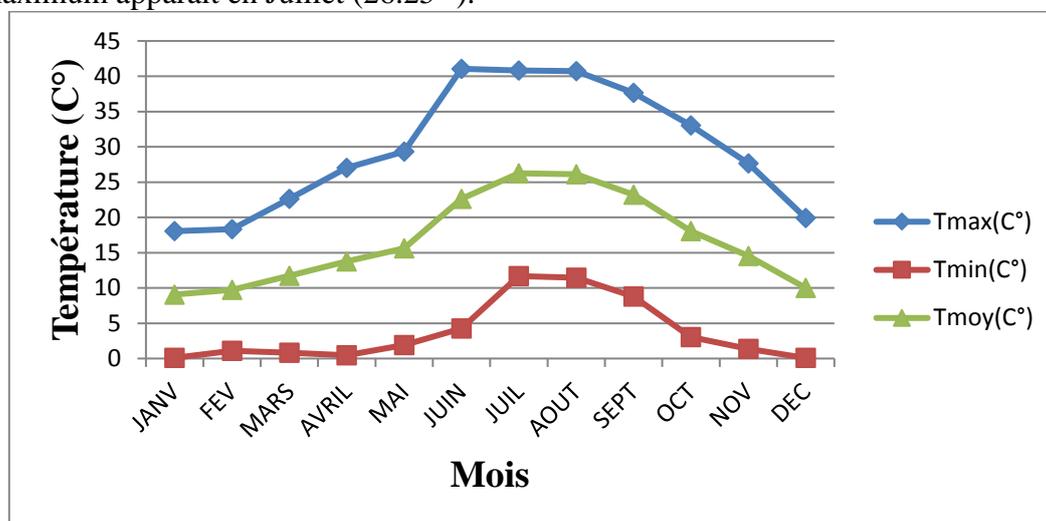


Fig. II.7. Diagramme des Variations Températures mensuelles en fonction du temps station d'Ain El Hadid

Le tracé des courbes des variations des températures (Fig.II.7) montre deux périodes extrêmes :

- Une période froide correspondant aux mois des Décembre, Janvier et Février
- Une période chaude correspondant aux mois des Juillet et Août.

Ces courbes des températures mensuelles moyennes montrent une croissance régulière des températures de Janvier à Août, suivie d'une décroissance jusqu'à décembre. Le minimum et le maximum absolus se situent respectivement aux mois de Janvier (0.09°C) et Juillet (40.82°C). La température moyenne annuelle est de : 16.72°C.

❖ *Station Sidi Ali Ben Amar*

**Tableau II.7. Représente les variations de température - station Sidi Ali Ben Amar**

Mois	M (c°) min	M (c°) max	M+m / 2 (moy.)
Janvier	0.07	16.97	8.52
Février	0.62	17.3	8.96
Mars	0.75	22.22	11.49
Avril	0.05	26.69	13.37
Mai	1.53	29.56	15.55
Juin	3.24	39.17	21.21
Juillet	12.05	40.24	26.15
Août	11.43	40.77	26.10
Septembre	9.1	33.93	21.52
Octobre	3.09	30.51	16.80
Novembre	0.14	25.72	12.93
Décembre	1.1	13.69	7.40
<b>Moyenne annuelle</b>	<b>3.60</b>	<b>28.48</b>	<b>16.04</b>

D'une manière générale le minimum apparaît en Décembre (7.40 °C) alors que le maximum apparaît en Juillet (26.15° C).

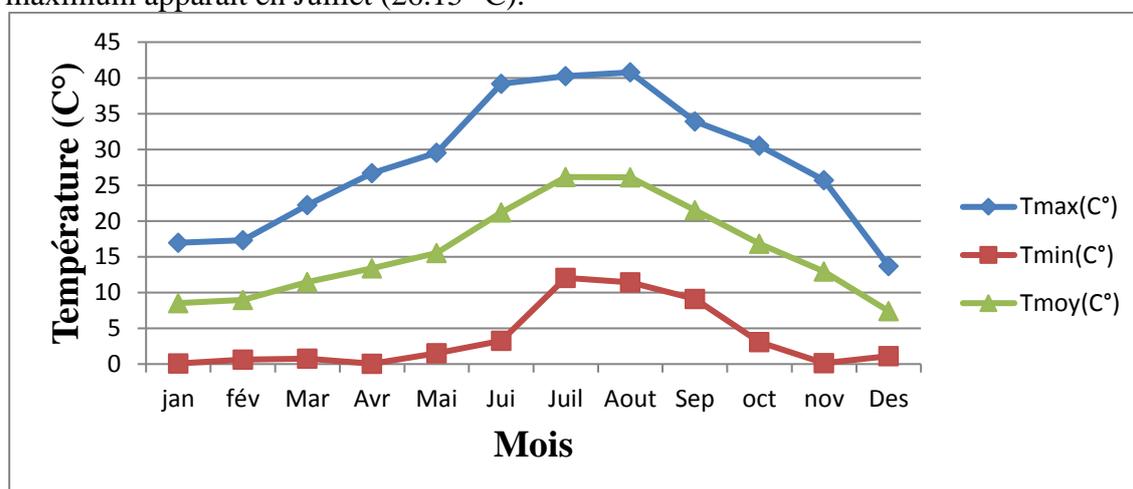


Fig. II.8. Diagramme des Variations Température mensuelles en fonction du temps Station Sidi Ali Ben Amar

La température minimum et le maximum absolus se situent respectivement aux mois de Janvier (0.05°C) et Juillet (40.77°C). La température moyenne annuelle est de : 16.04°C.

#### *e- Evapotranspiration annuelle*

L'évapotranspiration annuelle dans le bassin versant est en moyenne de 82,78mm, L'évaporation sur une nappe d'eau libre est en moyenne de 1843 mm son coefficient de variation de 0,08 montrant une très faible irrégularité annuelle [5].

**Tableau II.9. Evapotranspiration annuelle**

Mois	Sep	oct	nov	Des	jan	fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
E T P	10.9	7.20	5.02	2.68	3.31	2.59	3.54	4.57	5.65	10.45	13.65	13.24

Source : ANRH Ain fares

#### *f- Le vent*

C'est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat. Nous disposons de données de mesures pour les périodes récentes ou nous avons utilisé une série de 10 ans (2010-

2013). Le tableau suivant montre la moyenne annuelle des vitesses du vent pour la période de 2004 à 2013.

**Tableau II.10. Variations de vitesses du vent (station Ain El Hadid)**

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Vmax (m/s)	5.78	4.85	6.30	7.42	6.12	9.61	5.97	5.54	5.44	6.27
Vmin (m/s)	1.06	0.89	0.96	0.97	0.76	0.92	0.81	0.79	0.66	0.64
Vmoy (m/s)	2.38	2.30	2.35	2.29	2.37	2.49	2.49	1.89	1.92	2.02

La vitesse moyenne annuelle du vent est de l'ordre de 1,89 à 2,49 m/s

**Tableau II.11. Variations de vitesses du vent à la station Sidi Ali Ben Amar**

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Vmax (m/s)	6.33	5.25	6.13	7.85	5.74	9.48	5.76	5.06	5.23	6.07
Vmin (m/s)	0.94	0.95	0.90	0.83	0.72	0.95	0.88	0.73	0.66	0.41
Vmoy (m/s)	2.31	2.21	2.28	2.23	2.28	2.41	2.43	1.87	1.91	2.01

La vitesse moyenne annuelle du vent est de l'ordre de 1,87 à 2,43 m/s

### *g- Humidité relative*

Les valeurs de l'humidité relative (%) sont données dans le tableau II.12.

**Tableau II.12. Humidités relatives moyennes mensuelles (%) : station d'Ain El Hadid, période (2004-2013).**

Mois	Sep	oct	nov	Des	jan	fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
Hr (%)	44	59	75	74	79	78	73	74	69	43	49	47

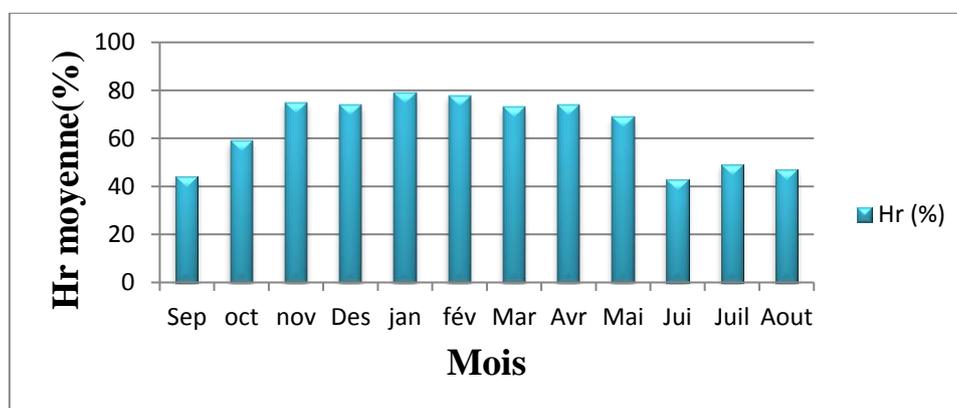


Fig. II.9. Histogramme des Humidité moyenne mensuelle (%) : station d'Ain El Hadid, Période (2004-2013).

L'Humidité est élevée pendant la saison hivernale, par contre elle diminue en été du fait que les températures sont plus fortes. Le degré hygrométrique au niveau de la région est relativement fort (63.67% en moyenne) ce qui modère un peu le climat de région.

**Tableau II.13. Humidités relatives moyennes mensuelles(%) : Station Sidi Ali Ben Amara, Période (2004-2013).**

Mois	Sep	oct	nov	Des	jan	fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
Hr (%)	53	48	65	75	79	78	74	74	68	43	47	45

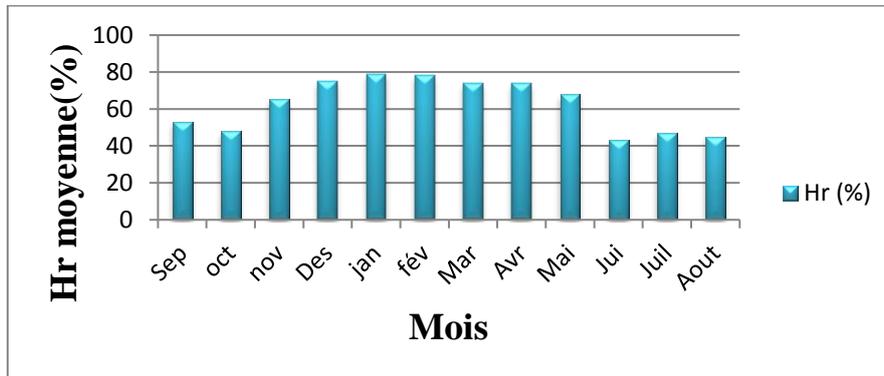


Fig. II.10. Histogramme des Humidités moyenne mensuelle (%) : Station Sidi Ali Ben Amara, Période (2004-2013).

#### ***h- Etude de la relation température et précipitation***

Plusieurs auteurs ont proposé un certain nombre d'indices permettant par analogie de préciser le domaine de variations des paramètres météorologiques qui les caractérisent, aussi nous appliquerons ces méthodes à la station de d'Ain El Hadid.

- ❖ Méthode de visualisation des périodes de sécheresse et de réalimentation pluviale :
- ❖ Courbe pluviothermique : (Gausсен et Bagnouls)

La méthode pluvio-thermique permet la visualisation de l'étendue des périodes sèches et humides. Pour Gausсен et Bagnouls, un mois sec est celui où le total moyen des précipitations exprimé en mm est inférieur ou égal au double de la température moyenne exprimée en degrés centigrades, soit  $P \leq 2T$  °C.

Cette relation permet d'établir des diagrammes pluvio-thermiques sur lesquels les températures sont portées à une échelle double de celle des précipitations.

- pour un mois sec, la courbe des températures passe au-dessus de la courbe des précipitations.

- pour un mois humide, la courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures.

**Tableau II.13. Moyenne mensuelle et annuelle des précipitations et de température- Station d'Ain El Hadid.**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm)	62.73	68.01	66.55	70.31	67.79	17.53	4.87	5.55	33.41	44.95	64.5	58.72
T (°C)	9.07	9.73	11.74	13.74	15.61	22.65	26.25	37.5	23.22	18.04	14.51	10.0

La courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures pendant les mois humides qui s'étendent de Novembre jusqu'à Mai donc la période est excédentaire. La courbe des précipitations passe au-dessous de celle des températures pendant les mois secs de Mai jusqu'à Octobre, c'est la période est déficitaire.

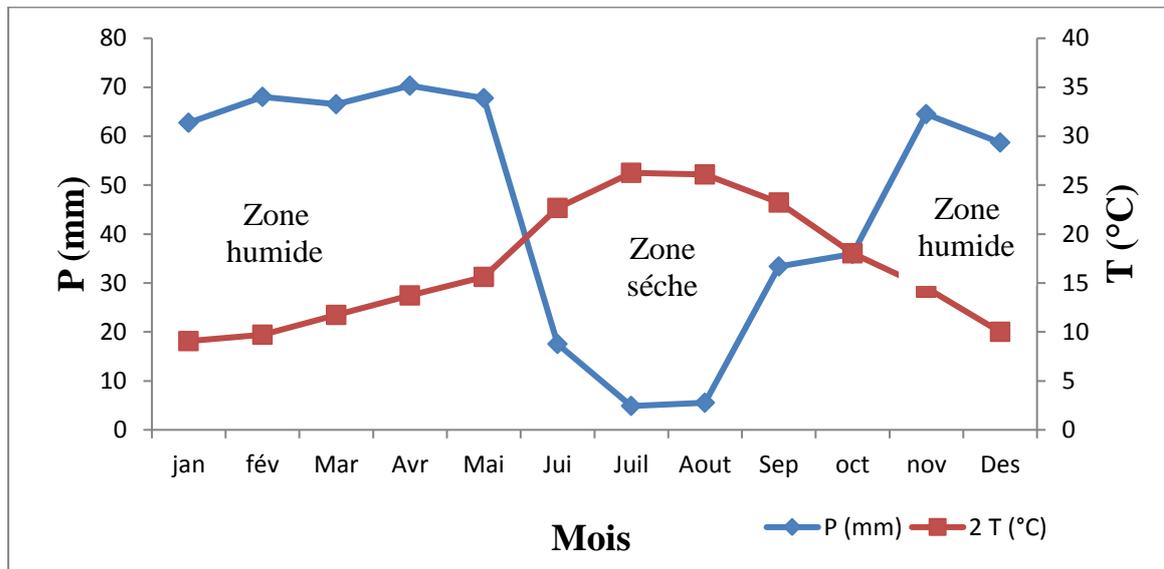


Fig.II.11. Diagramme ombrothermique de la station d'Ain El Hadid.

**Tableau II.14. Moyenne mensuelle et annuelle des précipitations et de température- Station Sidi Ali Ben Amar.**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm)	65.29	72.43	70.06	63.8	66.83	17.53	4.66	6.83	34.16	45.79	59.16	58.52
T (°C)	8.52	8.96	11.49	13.37	15.55	21.21	26.15	26.1	21.52	19.3	12.93	7.4

Les mois humides qui s'étendent de Novembre jusqu'à Mai donc la période est excédentaire. Les mois secs de Mai jusqu'à Octobre, c'est la période est déficitaire.

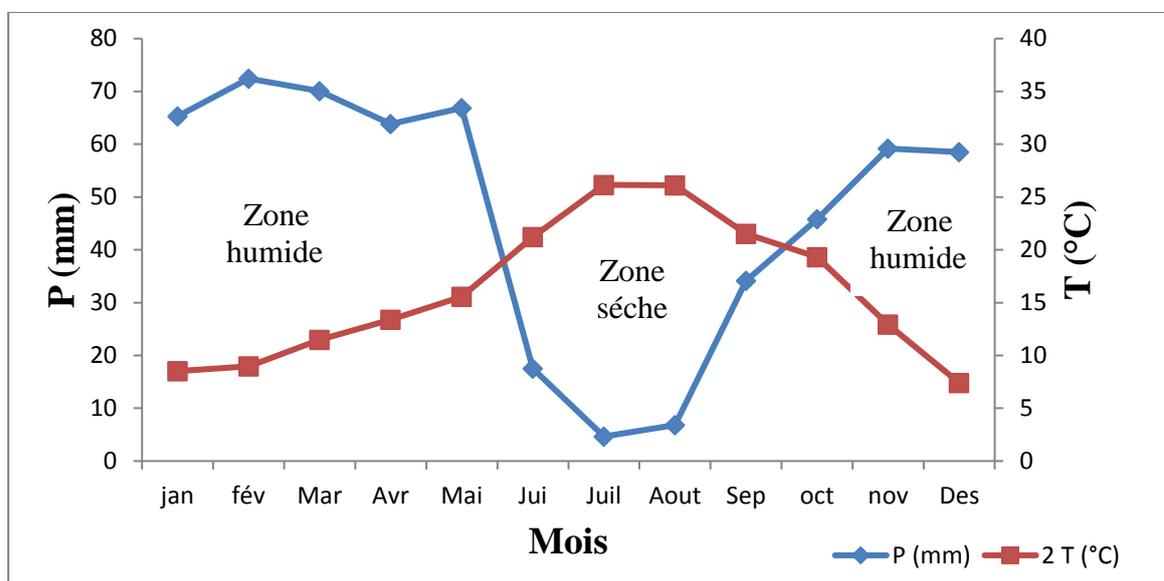


Fig.II.12. Diagramme Ombrothermique de la station Sidi Ali Ben Amar.

### *I.11. Etude des apports liquides*

#### *a-Apport interannuel moyen*

L'estimation des paramètres hydrologiques nécessaires au dimensionnement de l'ouvrage s'est faite avec trois approches :

- ✓ la série de la station représentative de Kef Mahboula (21 années d'observation)
- ✓ l'analyse régionale
- ✓ et les formules empiriques

L'apport interannuel moyen a été estimé à 15 Millions de m<sup>3</sup> avec un coefficient de variation de 0,67[5].

**b- Apports fréquents :**

Les apports fréquents sont nécessaires pour le dimensionnement et la régularisation (AEP, Industrie, Irrigation etc..) de la capacité de l'ouvrage.

✓ **Période humide :**

Période de retour (années)	4	5	10	20	50	100
Apport (Hm <sup>3</sup> )	21.9	23.6	28.0	31.8	35.9	41.2

Source : ANBT- barrage oued ET TAHT

✓ **Période sèche**

Période de retour (années)	10	5	4	2
Apport (Hm <sup>3</sup> )	2.04	6.50	8.20	15.0

Source : ANBT- barrage oued TAHT

**c- Distribution annuelle des apports**

La répartition interannuelle des apports à l'échelle mensuelle est étudiée à l'aide de la série de la station représentative de Kef Mahboula.

**Tableau II.15. La répartition annuelle des apports de Oued TAHT**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
<b>APPORT en %</b>	4,1	6,7	6,4	10,9	16,7	11,5	11,3	12,8	10,0	4,5	2,8	2,3
<b>APORT en m<sup>3</sup>/s</b>	0.237	0.387	0.370	0.630	0.96	0.665	0.653	0.740	0.587	0.260	0.162	0.133

Source : ANBT- barrage Oued TAHT

- La saison humide, durant laquelle 73,2% des apports s'écoulent, s'étale de décembre à Mai.
- Chaque mois enregistre individuellement au moins 10% des apports annuels;
- L'hydraulicité est la plus forte au mois de janvier où elle atteint les 16,7%.
- La saison sèche n'accumule donc que 26,8% des apports annuels pour les six mois restants.
- L'étiage est plus prononcé en Juillet et Août durant lesquels les apports n'atteignent pas les 3%.

**d- Estimation des crues**

Les débits de pointe de fréquence donnée Q<sub>max</sub> (F) sont traités avec la série des débits de crues de Kef Mahboula. Ces débits sont nécessaires pour les études de laminage et' du dimensionnement des ouvrages annexes du barrage. Le débit de pointe moyen (Q<sub>max</sub>) est égal à 67,32 m<sup>3</sup>/s.

**Tableau II.16. Estimation des crues pour différentes périodes de retour sont comme suit :**

Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100	1000	1000
Q <sub>max</sub> (F) en m <sup>3</sup> /s	65.7	124	163	200	248	285	404	523

Source : ANBT- barrage Oued TAHT

### ***1.12 Apports solides***

L'estimation de l'envasement est nécessaire pour le dimensionnement de l'ouvrage (tranche morte), son mode d'exploitation et la détermination de sa durée de vie. Pour l'évaluation de l'apport solide, on a utilisé les mesures effectuées sur le barrage de Bakhadda, avoisinant du site d'étude dont le bassin versant est situé dans des conditions physico-géographiques similaires. L'apport solide mesuré de  $4,91 \text{ Hm}^3$  pour une durée de 50 ans soit  $75 \text{ m}^3/\text{Km}^2\text{ans}$  [5].

### ***1.13. Qualité des eaux***

Les résultats des analyses des échantillons prélevés dans l'oued ET TAHT au niveau de la cuvette du barrage montre que ces eaux sont bicarbonatées calciques et moyennement minéralisées, leurs duretés TH ont une valeur moyenne de  $32^\circ\text{F}$ , soit  $320 \text{ mg/l}$  de caco 3. Elles sont donc de bonne potabilité de point de vue chimiques [5].

### ***Conclusion***

Le bassin versant d'Oued TAHT s'étend sur une superficie de formation marnomiocène, morcelée par réseau de failles. Le climat du bassin versant est très sec dans son ensemble, l'hiver est rigoureux dans les régions élevées. A noter l'existence de chutes de grêle de Décembre à Avril et du sirocco qui sévit pendant les mois chauds, la température moyenne annuelle est de  $16^\circ\text{C}$ . La précipitation moyenne interannuelle sur le bassin versant est estimée à  $564.92 \text{ mm}$ .

Certes, la réalisation du barrage d'Oued El TAHT permettra d'atténuer les conflits d'usage et enjeux de gestion de l'eau entre les agriculteurs en amont et en aval du périmètre, mais cela reste insuffisant. Le recours vers les systèmes d'irrigation économiques en eau, tels que le goutte à goutte, nécessite des actions participatives et des aménagements spécifiques, afin de permettre l'accès à la ressource à une large population d'agriculteurs.

L'encouragement des agriculteurs à l'implantation de l'arboriculture dans le but d'une meilleure durée de vie du barrage est vivement recommandé, afin de faciliter le partage de l'eau. Le principe d'agir sur la demande en eau, réduit les pertes et le gaspillage de l'eau, d'où la nécessité de procéder à l'installation impérative des compteurs d'eau individuel ou collectif par l'organisme gestionnaire (ONID).

Par ailleurs et dans le cadre d'une optimisation la gestion des ressources en eau des périmètres irrigués, il est recommandé de mettre en œuvre un programme de développement visant à :

- La réhabilitation des infrastructures hydrauliques existantes (périmètres, barrages) ;
- Une utilisation optimale des moyens modernes de l'irrigation pour une meilleure économie de l'eau (goutte à goutte, aspersion,....).

## ***Chapitre I : PRESENTATION DU LOGICIEL WEAP 21***

Le logiciel WEAP est utilisé pour la planification de l'exploitation de toutes les ressources en eau que ce soit eau de pluie, eau de surface ou eau souterraine. C'est un logiciel de modélisation hydrologique pour la gestion intégrée et durable des ressources en eau.

### ***1.1. Description du logiciel***

Le logiciel WEAP est déjà utilisé dans divers pays, y compris les Etats-Unis, le Mexique, le Brésil, l'Allemagne, le Ghana, le Burkina Faso, Madagascar et la Thaïlande. WEAP ou « Water Evaluation and planning System » est créé par Stockholm Environment Institute (SEI) à Tellus Institute 11 Arlington Street, Boston, MA U2116-3411 USA par les chercheurs : Jack Seiber, Water Systems Modeler ; Chris Swartz, Research Associate et Annette Huber – Lee, Director Water Program Stockholm Environment Institute[6].

### ***1.2. Principaux objectifs du logiciel***

WEAP place l'évaluation des problèmes spécifiques de l'eau dans un cadre global. Il intègre plusieurs dimensions : entre les besoins et l'approvisionnement, entre la quantité et la qualité de l'eau, et entre les objectifs de développement économique et les contraintes environnementales.

Les objectifs de ce système d'évaluation et de planification de l'eau (WEAP) sont :

- d'incorporer ces dimensions dans un outil pratique pour des ressources d'eau avec la projection future
- d'examiner des stratégies alternatives de développement et de gestion de l'eau
- de fournir un système de base de données pour la demande ou besoin en eau et les informations de maintien d'approvisionnement
- de prévoir certaines situations des ressources en eau en simulant la demande, les ressources exploitables, les écoulements et stockage, et les sources de pollutions, les traitements et décharges
- d'analyser le développement socio-économique en évaluant une gamme complète des options de développement et de gestion de l'eau, et en tenant compte des utilisations multiples et concurrentes des systèmes aquatiques [7].

### ***1.3. Acquisition du logiciel***

Le logiciel WEAP est téléchargeable sur le site : <http://www.weap21.org>. Par contre, pour le fonctionnel, il faut obtenir un permis ou licence d'utilisation pour les types d'utilisateur. Pour l'obtention, il faut remplir et envoyer un formulaire. Le SEI (*Stockholm Environment Institute*) envoie par e-mail le nom d'utilisateur et un code d'enregistrement, les instructions pour activer le logiciel WEAP et pour permettre le dispositif « économiser données » fonctionnel. Le permis d'utilisation est valide pour une durée déterminée [7].

### ***1.4. Structure du Logiciel WEAP***

WEAP se possède cinq présentations principales : représentation cartographique et graphique, affichage des données et des résultats, présentation des notes et observations. Ces affichages sont présentés par des icônes graphiques sur la "barre

d'affichage", située à côté gauche de l'écran. En cliquant sur l'une de ces icônes, une présentation voulue est affichée. Ces cinq affichages sont présentés ci-dessous (Fig.1, a, b, c, d, e).

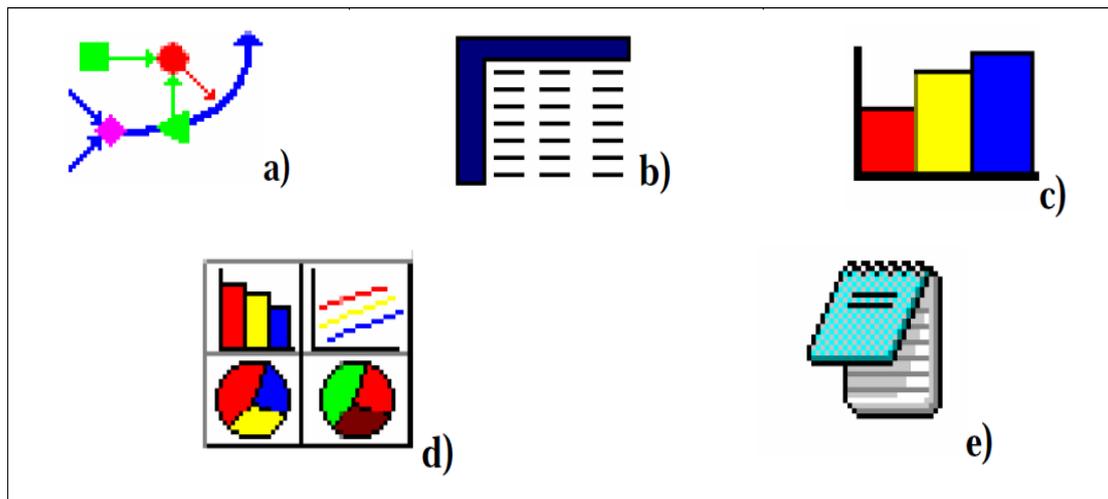


Fig. I.1. Les cinq affichages du Modèle Weap

### 1.4.1. Cartographie

C'est le point de commencement pour toutes les activités dans WEAP (Fig.1a). Elle sert à créer, éditer ou aussi ajouter des couches ArcView ou d'autres SIG standard de la zone d'étude comme couche de fond. Ainsi, on peut accéder rapidement à l'analyse des données et à l'affichage des résultats pour n'importe quel nœud en cliquant sur l'objet qui nous intéresse [7]. Les objets sont montrés dans la 2ème fenêtre gauche avec les signes conventionnels utilisés (Fig. I.2.).

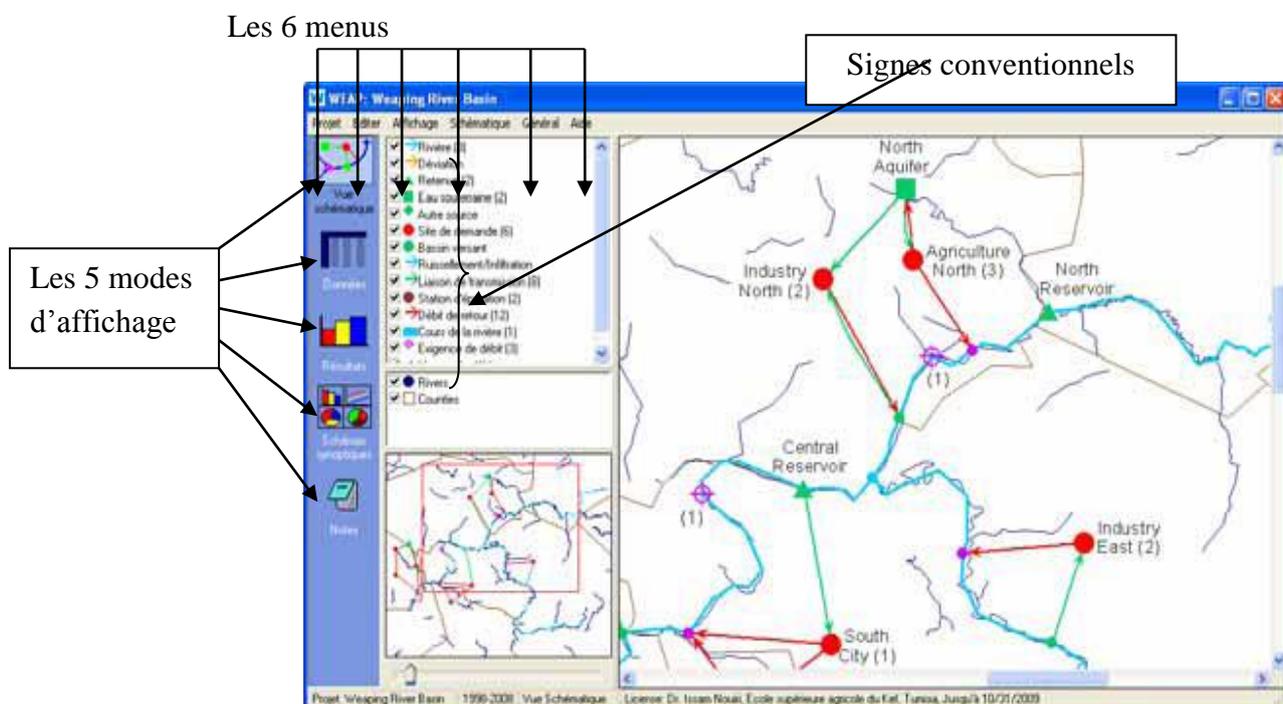


Fig. I. 2. Fenêtre cartographie WEAP

### 1.4.2. Base de données

C'est l'endroit pour la création des structures, du modèle et des suppositions de données (Fig.1b). Pour l'affichage des données, l'écran est divisé en quatre carreaux (Fig.II.3) :

#### i. Sur la partie supérieure

Un lien hiérarchique (menu lien) est employé pour créer et organiser des structures de données dans six suppositions principales (1) : principale clé, sites de demandes, hydrologie, approvisionnement et ressources, qualité de l'eau et d'autres suppositions. Par exemple, cliquer sur « site de demande » la branche lien du côté gauche de l'écran, les données pour tous les emplacements de demande apparaissent sur le côté droit de l'écran [7].

#### ii. Sur la gauche inférieure

Un schéma du secteur apparaît. En cliquant sur l'élément qui apparaît sur le schéma, il sera accentué dans le lien et des données seront montrées dans les tables de saisie de données vers la droite (2). Quand on clique sur une branche dans le lien, l'élément associé clignotera brièvement [7].

#### iii. Sur la partie droite supérieure

Une table de saisie de données apparaisse. Cette table sert à écrire les expressions qui définissent les comptes courants (3), pour éditer des données et pour créer le modèle des rapports.

Au-dessus de ce tableau de saisie de données, il y a un ensemble de boutons donnant l'accès aux différentes catégories de variables liées à chaque branche [7].

#### iv. Au dessus tableau de saisie de données

Un cadre de résultats apparaît, il représente graphiquement les données saisies dans la table de saisie de données. Sur le coté droit, il y a un barre d'outil pour changer la forme du diagramme (couleurs, effets 3D, grilles, nombre de positions décimales, etc...) [7]. Les données numériques peuvent être transférées directement dans Microsoft Excel.

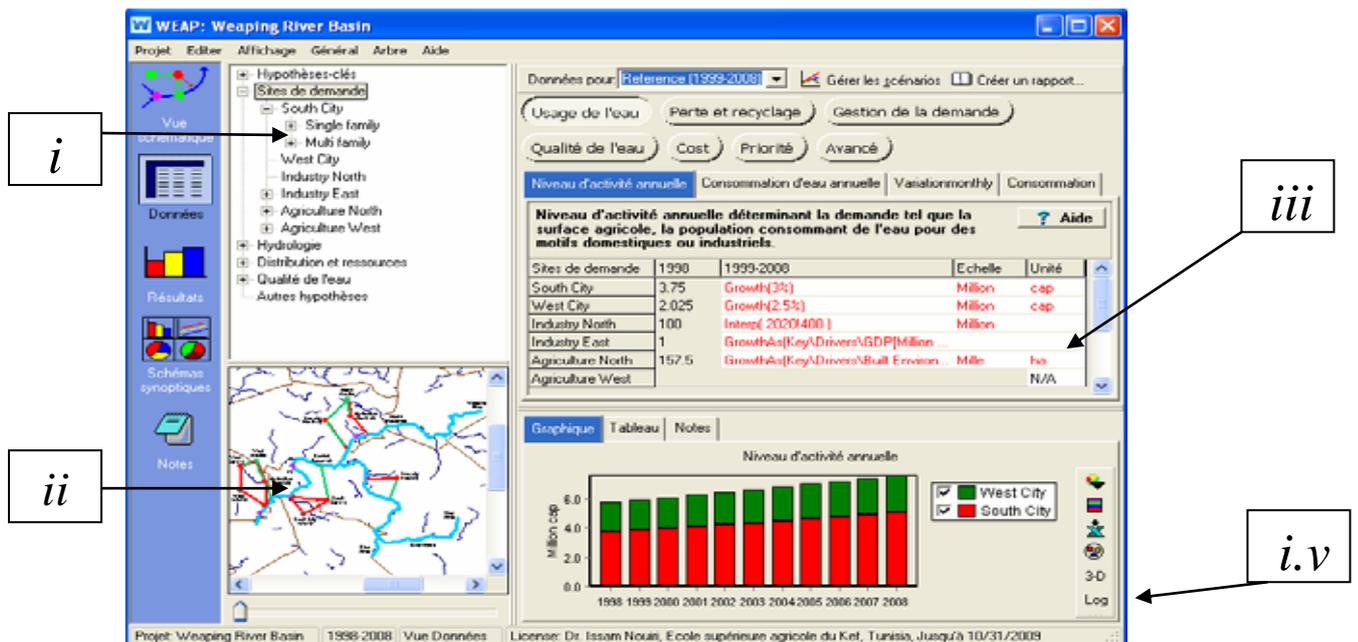


Fig.I. 3. Fenêtre basse de données

#### ***1.4.3. Présentation des résultats***

C'est le menu qui permet d'afficher de façon détaillé et flexible toutes les sortes de modèles (Fig. 1c), dans les diagrammes, les tables et le menu schéma. Cette présentation peut montrer une grande variété de diagrammes et de tables couvrant chaque aspect du système : demandes, approvisionnement et chargements environnementaux [7]. Les résultats peuvent être exportés dans l'Excel

#### ***1.4.4. Représentation graphique***

La représentation graphique (Fig.1d) est employée pour grouper l'ensemble des diagrammes "Favoris" et les tables (créés dans le menu résultat). Avec cette représentation, on peut examiner simultanément les différents aspects importants du système, tels que les demandes, le niveau de stockage, etc. Les graphes peuvent être copiés dans Word [7].

#### ***1.4.5. Bloc Notes***

L'écran de notes est un outil simple de traitement de texte (Fig.1e) avec lequel on peut écrire des informations documentaires et des références pour chaque branche du lien. On peut importer les notes vers le texte (Microsoft Word) [7].

### ***1.5. Fonctionnement du logiciel***

WEAP fonctionne donc suivant cinq (5) étapes.

#### ***1.5.1. Créer une zone d'étude***

Dans cette partie, il s'agit de créer une carte de la zone d'étude. On peut utiliser des cartes traitées avec des logiciels de traitement cartographique (SIG) en particulier ArcWiev. Cette carte va servir comme fond des dessins des éléments nécessaires pour pouvoir faire la simulation tels que les emplacements urbains, les rivières, les sources d'eaux souterraines, les réservoirs, les barrages les industries, les sites agricultures et les autres types d'emplacement selon l'étude [7].

#### ***1.5.2. Créer les hypothèses clés et références***

Puisque le logiciel pourrait faire une simulation basée sur le calcul de la demande et l'approvisionnement en eau, l'écoulement, l'infiltration, le stockage, et le traitement général de pollution, la qualité de l'eau, etc.... Il est donc primordial de créer la base de données avec les différentes hypothèses clés et les différents scénarii [7].

##### ***1.5.2.1. Hypothèses clés***

Ce sont des variables définies par l'utilisateur du logiciel qui servent de clés principales pour faire l'analyse. Dans notre étude, nous avons quatre (4) hypothèses clés servant comme données de base pour le logiciel utilisation d'eau domestique, besoins en eau pour l'irrigation, pourcentage mensuel d'utilisation d'eau domestique, taux de croissance de la population pour l'année du scénario futur [7].

##### ***1.5.2.2. Références***

Il est nécessaire d'avoir une année ou une période de référence pour servir de modèle. Toutes les données à utiliser doivent être comprises entre cette année ou période de référence [7].

### 1.5.3. Proposition de Scénarios

Dans WEAP, le scénario typique est composé de trois étapes une année de compte courant choisie comme année de référence du modèle dont on ajoute les données ou une période, un scénario de référence établi à partir du compte courant et sert pour simuler l'évolution, probable du système sans interposition, des autres scénarii pour évaluer les effets des changements socioéconomiques, changements climatiques probables pour l'année ou projet futur [7].

### 1.5.4. Saisir les données

Les données sont à saisir en cliquant droite après avoir créer les éléments dans la zone d'études (placer les emplacements urbains, industriels, élevages,.....) ou en passant dans le menu d'affichage de la base de données [7].

### 1.5.5. Présenter les résultats

Les résultats se présentent sous forme de graphe et (ou) de tableau. On aura deux résultats à comparer : les résultats de l'année de référence et de l'année de scénario de changements climatiques [7]. Le fonctionnement du logiciel peut être représenté par le diagramme ci-dessous (Fig.I. 4).

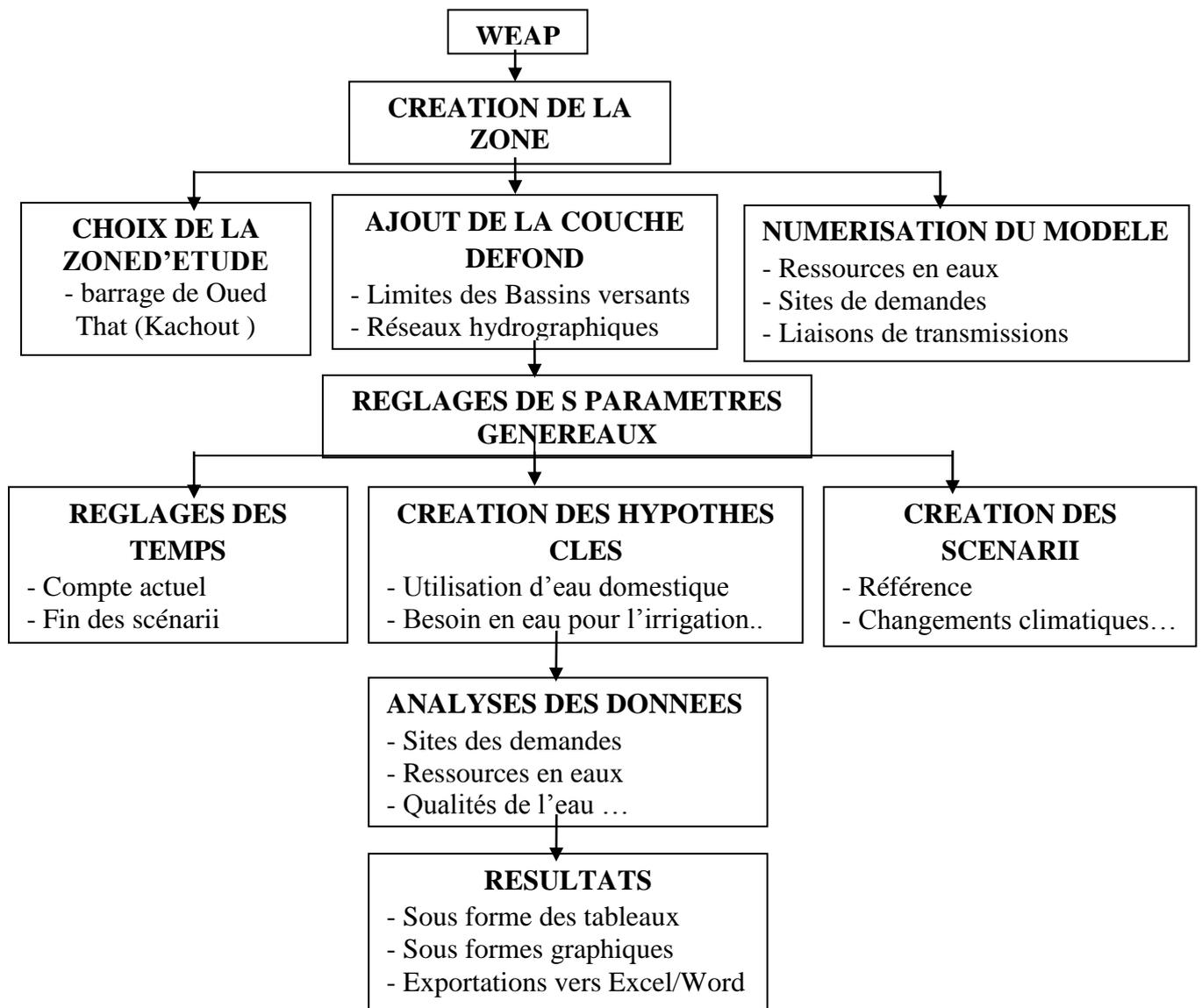


Fig.I. 4 : Organigramme du fonctionnement du logiciel WEAP 21

## ***1.6. Données nécessaires***

Les données sont différentes suivant l'étude que l'on veut procéder.

### ***1.6.1. Etude de l'offre et de la demande en eau***

Pour l'étude de l'offre et de la demande ou l'étude de l'approvisionnement en eau, les principales données nécessaires sont la quantité d'eau domestique utilisée, la quantité d'eau utilisée pour l'irrigation, la quantité d'eau utilisée pour l'élevage, les nombres ou effectifs d'utilisateurs (population, bétails,...), la surface cultivée, les précipitations, l'évapotranspiration, les débits.

Ces données supposées englobant d'une part, les ressources en eau et d'autre part, les principaux usagers de l'eau, nous permettent de faire une modélisation simple de la gestion de l'eau, l'établissement des priorités à l'attribution de demande. La prise en compte des données sur les autres utilisateurs comme l'industrie, l'exploitation minière, le tourisme et autres rend la modélisation plus proche de la réalité [7].

### ***1.6.2. Etude de la qualité de l'eau***

Dans cette étude, on peut modéliser les polluants en les classant en deux types : polluants conservateurs et polluants non conservateurs.

Un polluant est dit conservateur s'il n'y a aucun affaiblissement de ses constituants. Par contre, il est non conservateur si ses constituants se délabrent selon une fonction d'affaiblissement exponentielle. Quand on fait la modélisation de ce polluant, on saisit aussi les données sur le taux quotidien d'affaiblissement de l'élément polluant à modéliser. Les polluants conservateurs sont modélisés par un bilan de matières simples ou constituantes chimiques de l'eau. Par contre, plusieurs modèles peuvent être offerts pour les polluants non conservateurs.

Le modèle nécessite des données entrantes sur la qualité de l'eau (surface et souterraines), des données sur la pollution pour l'emplacement de la demande (eaux usées domestiques), des données sur les eaux usées par des usines et eaux résiduaires [7].

### ***1.6.3. Etude hydrologique***

Dans ce module, WEAP permet de faire :

- la modélisation de captage par le modèle d'écoulement et de précipitations ou par le modèle d'humidité du sol
- la simulation sur l'interaction d'eau de surface - eaux souterraines. Les données nécessaires sont surtout des données climatiques comme l'évapotranspiration potentielle ou réelle (ETP/ETR), précipitations (P), écoulement (R) ou débit (Q), humidité (H), infiltration (I).

A noter que dans le logiciel, il existe déjà un modèle nommé « Méthode de l'année hydrologique » qui permet de faire une simulation de l'effet du changement climatique sur les ressources en eau [7].

### ***1.6.4. Etudes hydro-électriques***

WEAP peut modéliser aussi la production d'énergie mais dans la zone d'étude nous n'avons pas recensé aucun usage hydro-électrique [7].

## Chapitre III : MODELISATION PAR LE LOGICIEL WEAP

### III.1. Cartographie

#### III.1.1. Création du modèle Bassin versant d'Oued Mina

Dans WEAP, il existe déjà une carte du monde où on peut choisir et créer la zone d'étude.(Fig.III.1). En sélectionnant la carte d'Oued Mina. Puis on ajoute la limite du bassin versant ensuite le réseau hydrographique d'Oued Taht sous fichier Arc GIS (Shephile) comme couche du fond. La carte du nouveau projet nommé "Bassin versant de Oued Mina" est créée (Fig.III.2).

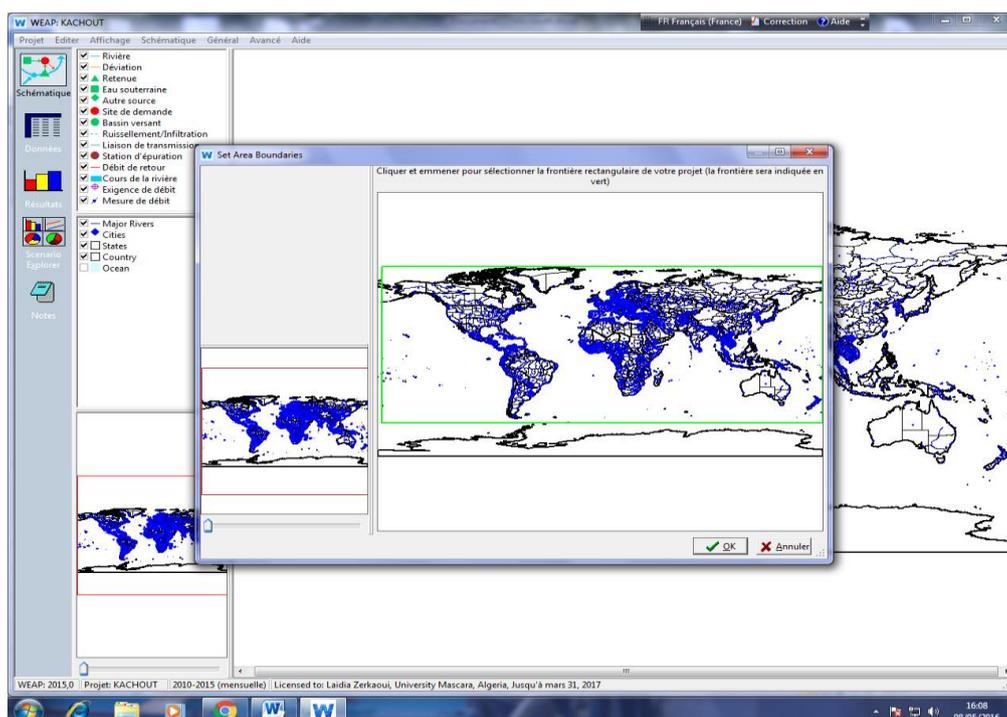


Fig.III.1 : Carte du Monde

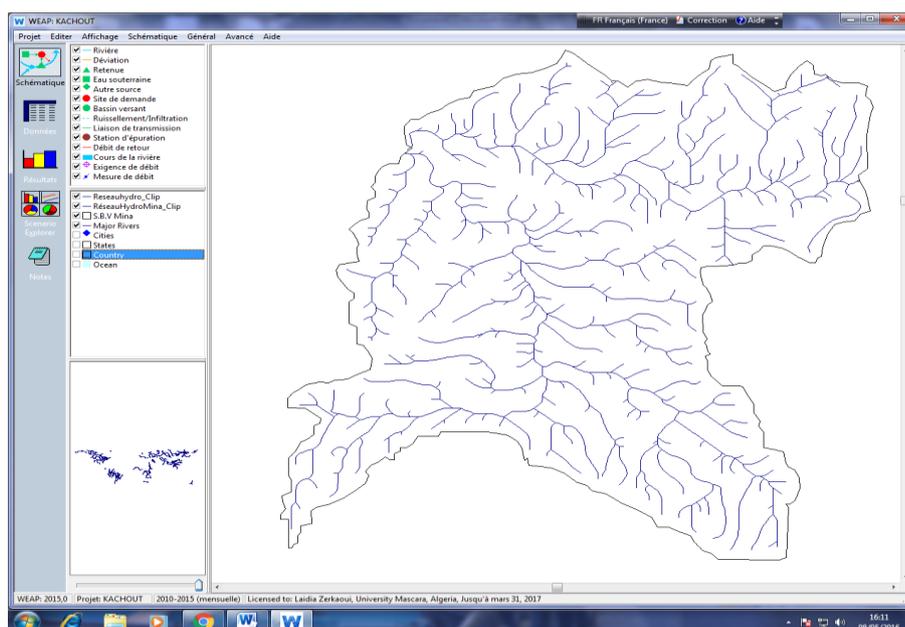


Fig. III.2: Carte limite des bassins versants d'oued Mina avec les réseaux hydrographiques

### III.1.2. Réglage des paramètres généraux

Dans cette partie, les paramètres temps devraient être réglés ensuite créer une année de comptes courants pour le projet. Dans cette étude, nous avons retenu l'année de référence de 2013 pour toutes informations sur le système (sites de demandes, données d'approvisionnement,...).

### III.1.3. Numérisations des éléments nécessaires dans le modèle

On numérise les cours d'eau superficiels, les emplacements urbains, les zones agricoles, des zones d'élevage, les infrastructures de liaison, etc. Ensuite on saisi les données nécessaires pour chaque utilisateur en cliquant droit sur les emplacements numérisés.

## III.2. Création des hypothèses clés

Quatre (4) hypothèses principales sont créées (Fig.III.3)

- L'utilisation d'eau domestique ;
- Les besoins en eau pour l'irrigation ;
- Le pourcentage d'utilisation d'eau annuelle ;
- Le taux de croissance de la population pour l'année du scénario futur.

A noter que le WEAP possède une fonction qui permet de calculer automatiquement le nombre de population aux horizons futurs. Il modélise automatiquement les besoins en eau d'avenir en fonction des utilisateurs et des changements climatiques.

Les hypothèses clés

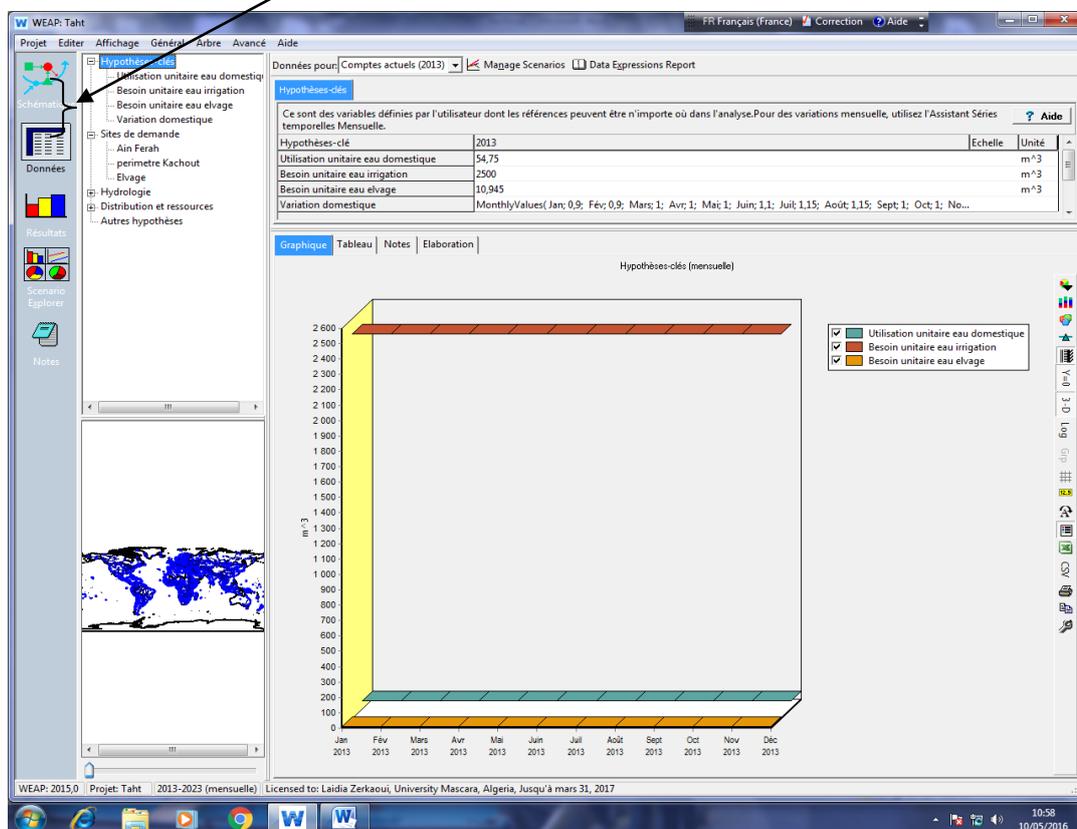


Fig.III.3 : Fenêtre des hypothèses clés

### III.3. Création des scénarios

#### III.3.1. Changement d'horizon de temps du secteur

Le compte courant est créé depuis que nous avons créé la zone d'étude. On change juste l'année de la fin des scénarios, en choisissant comme compte courant 2013 et l'année de fin des scénarios (2023).

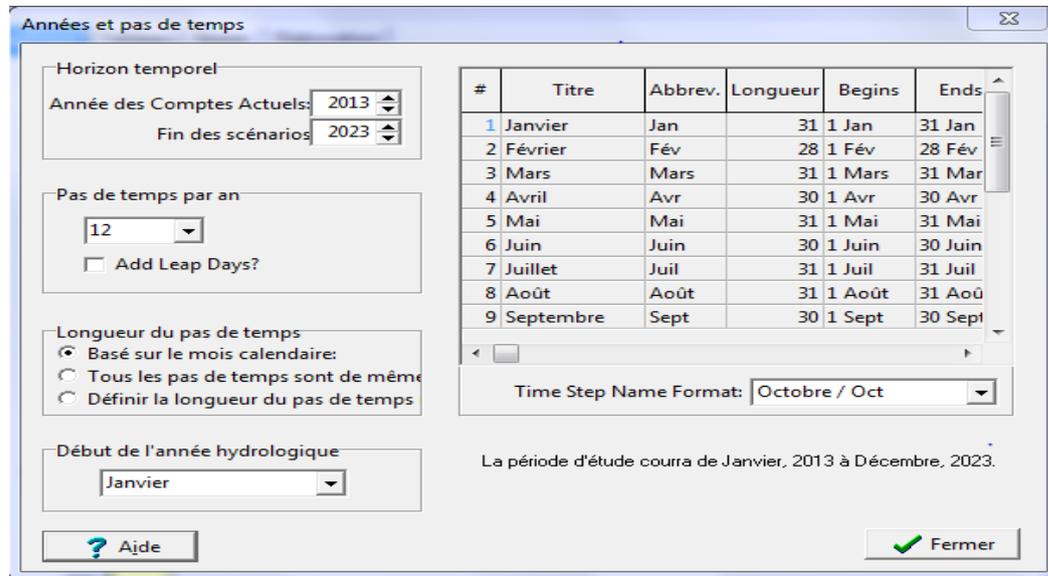


Fig. III.3 : Création des scénarios

#### III.3.2. Création de scénario de référence

Le scénario de référence (Sc. 1) est un scénario hérité du compte courant. Il faut changer sa description pour refléter son rôle réel. Pour cela, quelques valeurs déjà activées dans le compte courant devraient être changées (Fig.III.4).

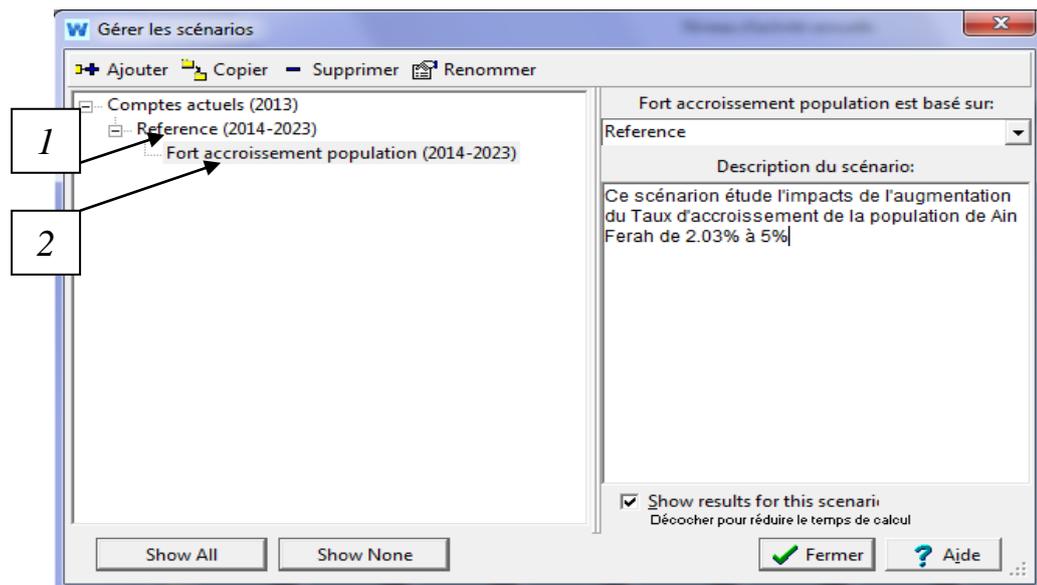


Fig. III.4: Scénario de référence

### *i. Changement d'unité du taux d'utilisation d'eau pour l'irrigation*

Les besoins en eau pour les années à venir doivent être interpolés. Pour ce faire, le WEAP possède une fonction, générant une expression sur «Générateur d'expression»; choisir «Assistante des séries annuelles», puis on saisi les séries chronologiques d'années et les besoins en eau correspondants. Les surfaces vivrières vont augmenter dans les prochaines années, il faut donc évaluer le taux de besoin en eau pour l'irrigation dans le scénario de référence. (Tab.III.1, Fig.III.4).

Le calcul des besoins en eau futurs se fait à partir de la formule :

$$B : B_i (1+Y_i)^n$$

Dont :

- **B<sub>i</sub>** : besoin en eau actuel (m<sup>3</sup>/ha/an)
- **Y<sub>i</sub>** : seuil de 10%
- **n** : nombre d'années comptés à partir de l'année de base

**Tableau III.1.** Taux d'utilisation de l'eau pour l'irrigation pour l'année future en m<sup>3</sup>/ha/an

Années	Besoin en eau
2013	2 500
2015	2 550,25
2017	3 660,25
2019	4 428,90
2021	5 358,79
2023	6 484,35

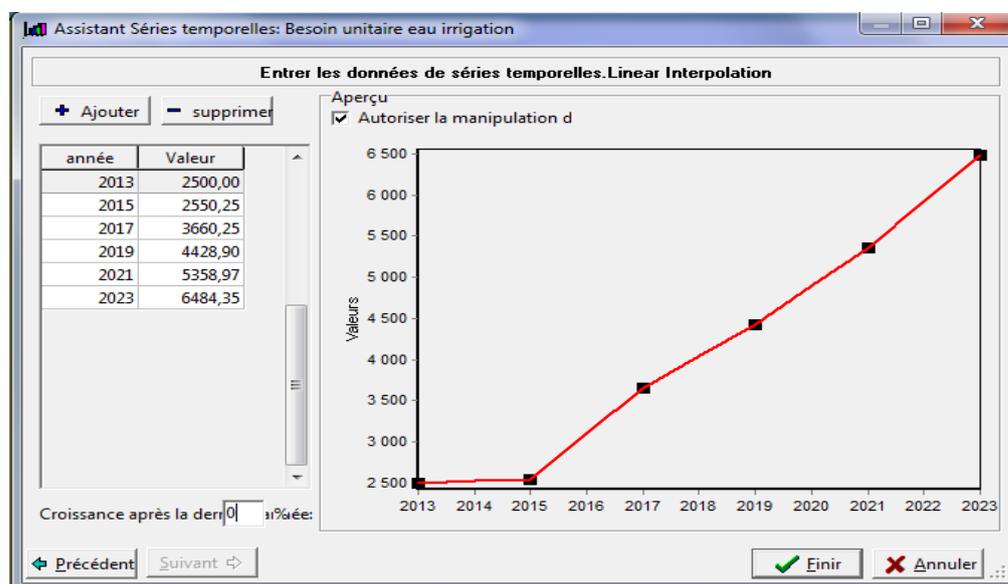


Fig. III.4: Fenêtre de donnée des séries temporelles des besoins en eau futurs pour l'irrigation

### *ii. Application de la fonction pour le calcul du taux de croissance de la population*

Le taux de croissance de la population à 2,2% est ramené dans l'option «constructeur d'expression» fonction «Taux de croissance», puis utiliser l'hypothèse clé correspondante «Taux de croissance de la population pour l'année du scénario futur ».

Un nouveau scénario devrait être créé pour évaluer l'impact d'un taux de croissance plus élevé que 2.03 % pour la période 2013-2023 pour évaluer et comparer le taux de croissance de la population. Si le taux de croissance augmente de 2.03% à 5.0%, on a un scénario «croissance élevée de population» (Sc. 2, Fig.III.4).

### III.3.3. Création du scénario « Méthode de l'année hydrologique »

Le but est de définir différents régimes climatiques (très sec, sec, humide, très humide, normale,...) et de comparer avec une année normale en donnant une valeur entre 0.7 à 1.45 à chaque type de climat.

#### i. définition pour chaque type de climat

Le logiciel de simulation ne reconnaît que des valeurs numériques. Chaque type de climat doit porter une valeur numérique (Tab.III.2, Fig.III.5) pour que le logiciel puisse faire la modélisation.

**Tableau III.2: Définitions des types de climats**

Types de l'année	Chiffre correspondant
Très sec	0.7
Sec	0.8
Normal	1
Humide	1.3
Très humide	1.45

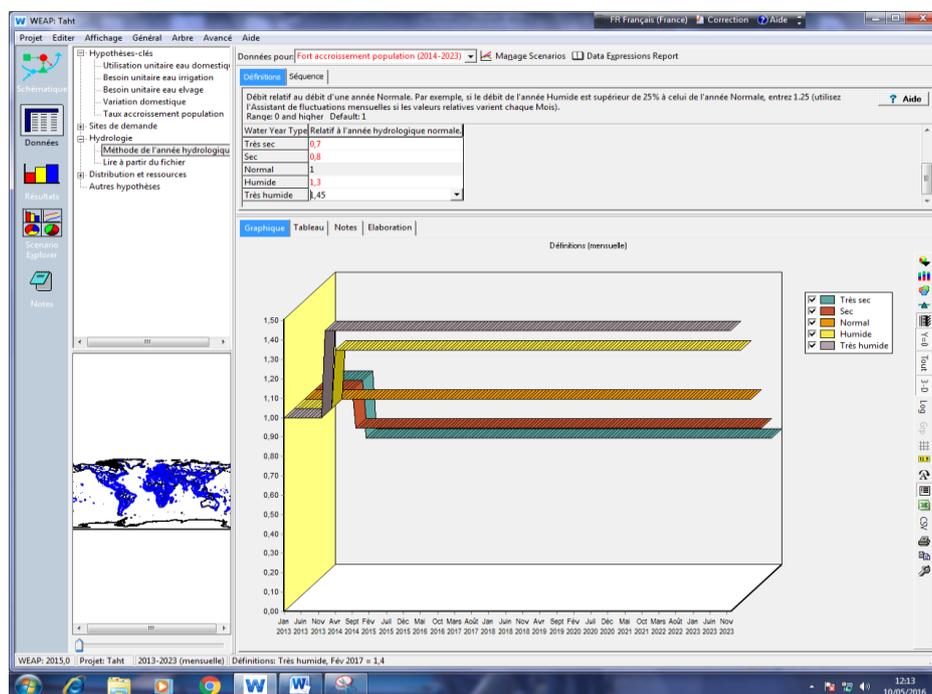


Fig. III.5 : Fenêtre « Méthode de l'année hydrologique » définition de chaque type de climat

#### ii. Création d'une séquence climatique pour l'année à venir

La séquence climatique pour le scénario de l'année future est donnée à partir des études sur les données climatiques. La moyenne de 10 ans (2014- 2023) prise comme base de définition des types de climat de l'année (Tab.III.3, Fig.III.6). En considérant

que le débit d'une année normale, par exemple si le débit de l'année humide est supérieur à 25% par rapport à l'année normale, l'année est humide et ainsi de suite.

**Tableau III.3: Répartition des types d'années**

Année	Type d'année hydrologique
2013	Normale
2014	Sec
2015	Sec
2016	Humide
2017	Humide
2018	très humide
2019	très humide
2020	Sec
2021	Sec
2022	très sec
2023	Sec

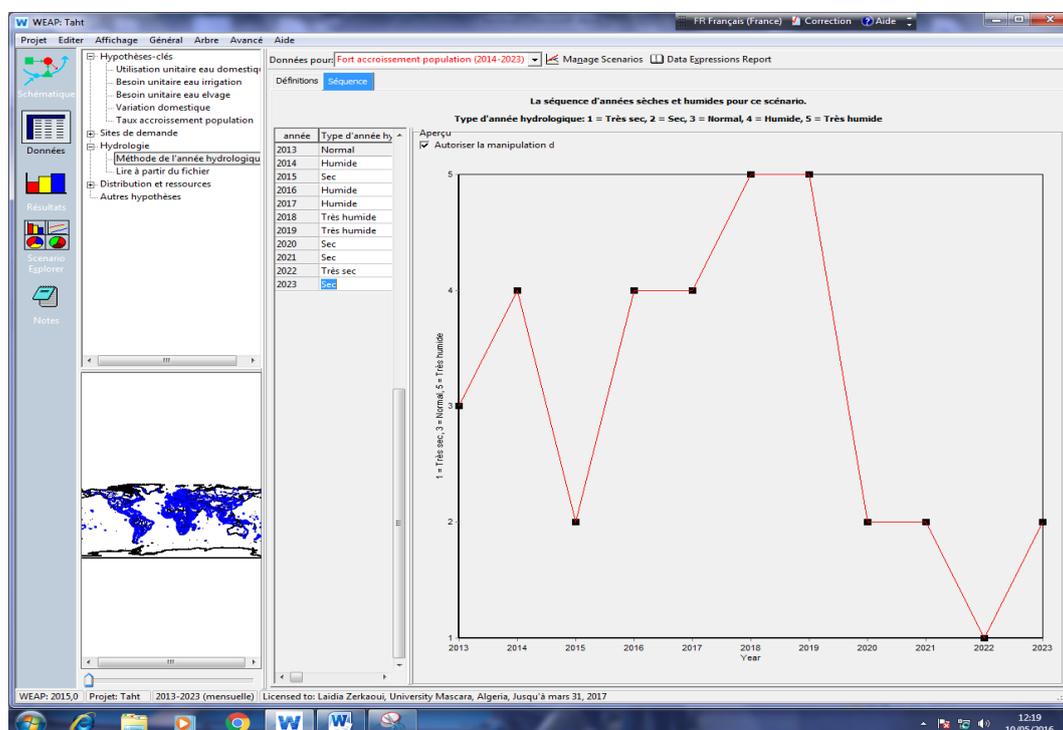


Fig. III.6: Fenêtre « Méthode de l'année hydrologique » avec la séquence des types d'année

### iii. scénario pour la méthode de l'année hydrologique )

Le but de cette méthode est d'évaluer l'impact de la variation climatique sur les ressources en eau (précipitation, écoulements, recharges des nappes souterraines...) en rapport avec les besoins de l'utilisateur. Après la création des séquences de l'année hydrologique, il faut changer le modèle en se basant sur la méthode de l'année hydrologique des ressources en eaux. Ce modèle nécessite de créer d'autres scénarios (Fig. III.7) :

- Scénario hérité de la méthode de l'année hydrologique « taux de croissance élevé et variable climatique » (Sc.4).
- Scénario hérité de la référence nommé « changements climatique » (Sc.5). Le but de tous ses scénarios est de pouvoir comparer les résultats et de voir l'évolution de l'offre et la demande.

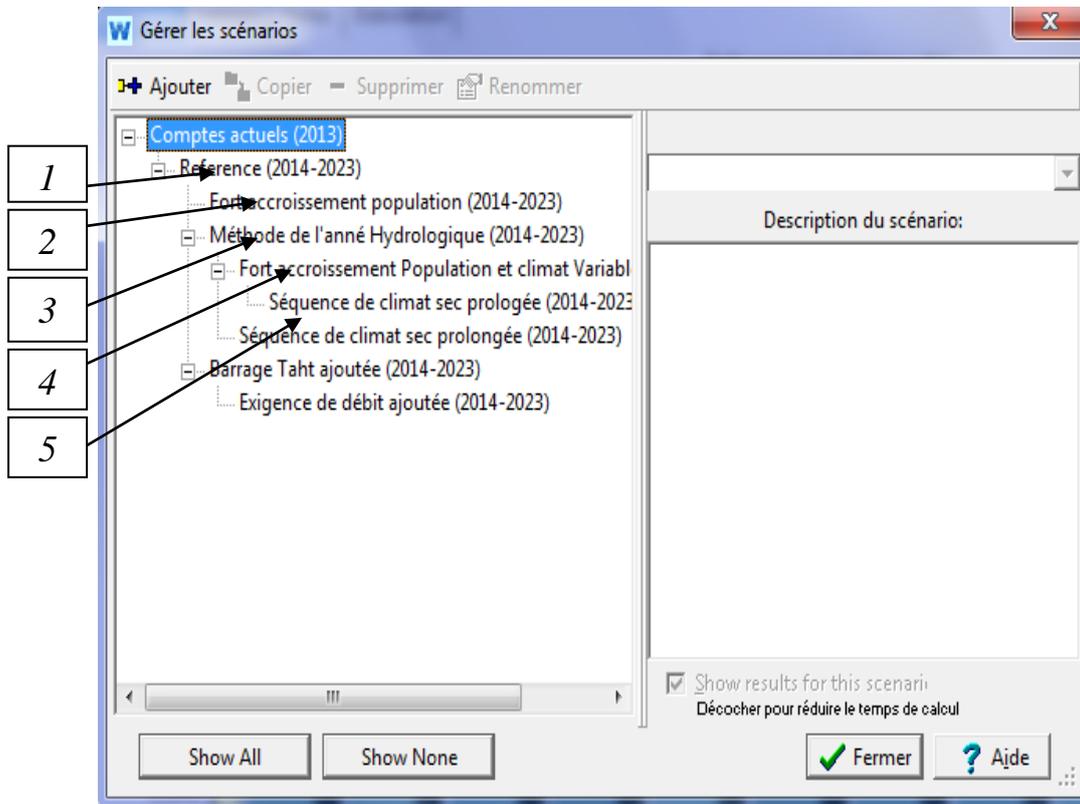


Fig. III.7: Fenêtre montrant les scénarios en méthode de l'année hydrologique

### III.4. Raffinage des demandes

#### III.4.1. Ajout des autres sites de demande

Les agglomérations urbaines, l'agriculture, les cours d'eau sont les sites que l'on place en premier. Après on ajoute les autres sites, tels que l'élevage (bovin, ovin et caprin), établissements scolaires, tourisme, eaux souterraines, barrages, etc.

#### III.4.2. Priorités d'approvisionnement

Il existe des liaisons entre les ressources et l'utilisateur suivant la priorité d'approvisionnement. On parle de débit de retour. Certaines d'entre elles devraient être créées suivant la priorité d'approvisionnement :

- Une liaison de transmission à partir de l'emplacement urbain jusqu'à l'emplacement agricole pour un modèle conceptuel de réutilisation d'eau usagée urbaine dans l'agriculture.
- Des liens de débits de retour (eau usée) avec les emplacements des utilisations (urbain, élevage, agriculture) vers le cours d'eau si l'on veut étudier la charge et la propagation de la pollution.

**Tableau III.4: Liaisons de transmission et débit de retour**

Liaison de transmission	Débit de retour
Rivière vers ville	Villes vers rivières
Rivière vers élevages (Bovin, Ovin et Caprin)	Elevages vers rivières
Rivière vers agricultures	Agricultures vers rivières

La priorité d'approvisionnement pour l'utilisation peut être changée en créant un scénario nommé « changer la demande de priorité ». Ce scénario est hérité du

scénario de référence et on peut changer la préférence d’approvisionnement 1 en 2 pour le compte actuel.

### III.5 Saisie des données

#### III.5.1 Saisie des éléments d’affichage cartographique

##### III.5.1.1. Les sites de demandes (ou utilisateurs d’eau)

Avec un clic droit sur l’un des éléments des sites de demandes numérisées sur la carte de la zone, une fenêtre de dialogue apparaît avec tous les informations nécessaires. En cliquant sur l’une de ces fenêtres, on peut passer directement à l’affichage de la base des données puis faire la saisie de celle-ci (Fig. III.8).

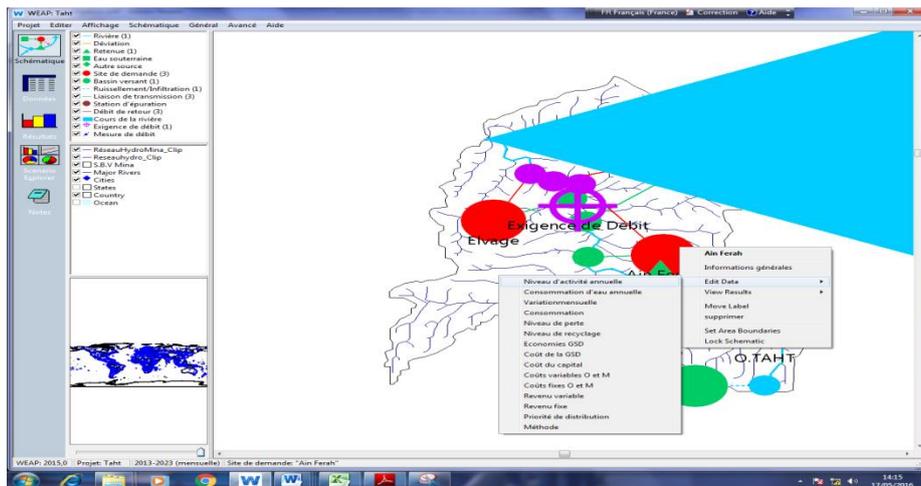


Fig. III.8. Fenêtre mode d’entrée des données

Les figures ci-dessous (Fig. III.9, III.10) montrent les exemples de présentation des données des sites de demandes et du graphe correspondant.

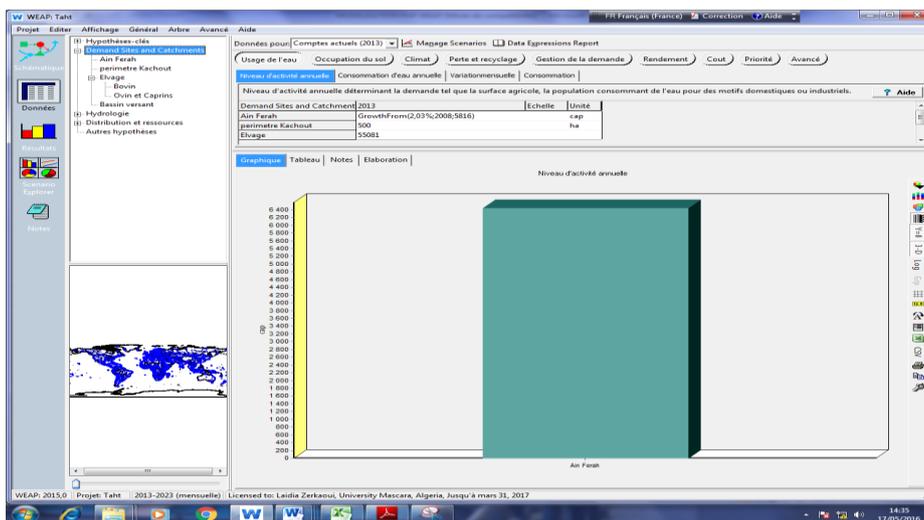


Fig. III.9 Fenêtre « sites de demandes » avec les données et graphes

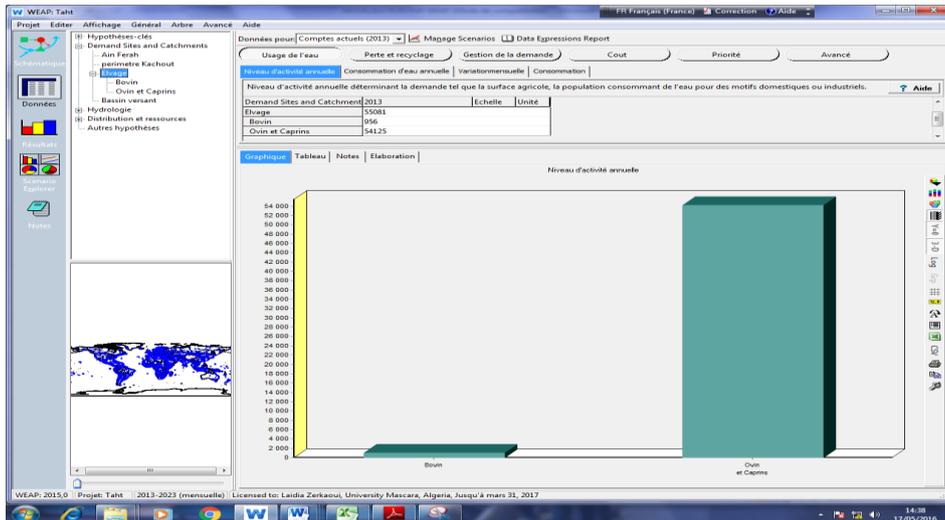
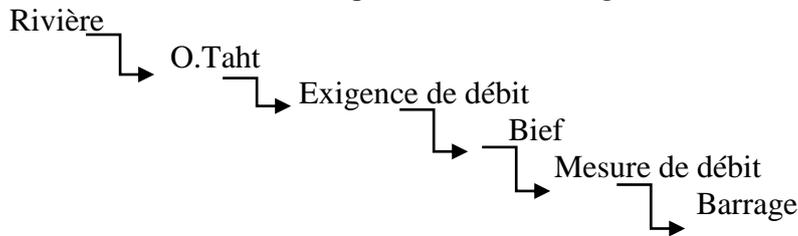


Fig. III.10 Fenêtre « sites de demandes » et les besoins en eau (secteur élevage)

### III.5.1.2. Les ressources et lieux de captage

#### \* **Barrage**

La saisie des données sur l'emplacement du barrage se fait dans le lien suivant :



Les données mensuelles de débits mesurés au niveau du barrage et la représentation graphique du débit sont représentées dans la figure ci- dessous (Fig. III.11)

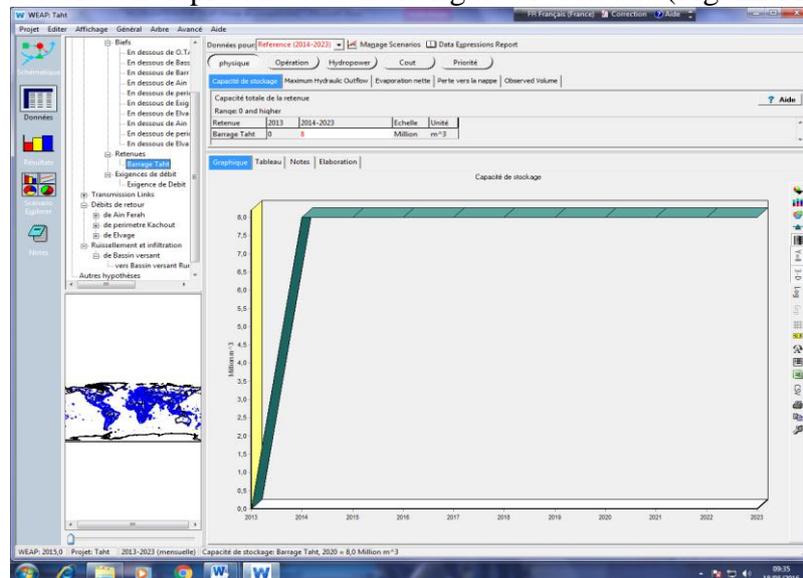


Fig. III.11: Fenêtre débit sur le barrage

### III.5.1.3. La captation

La captation ou bassin versant fait partie de la branche étude hydrologique. Dès la création d'une captation sur la carte, une boîte de dialogue s'ouvre pour choisir une certaine option.

Le logiciel demande si l'écoulement de la captation contribue au débit de tête de la rivière et si le bassin est irrigué (si oui, la priorité de demande). Si l'irrigation est choisie pour une captation, des liens de transmission doivent être créés. L'information générale sur le bassin versant est présentée par la figure ci-dessous (Fig. III.12).

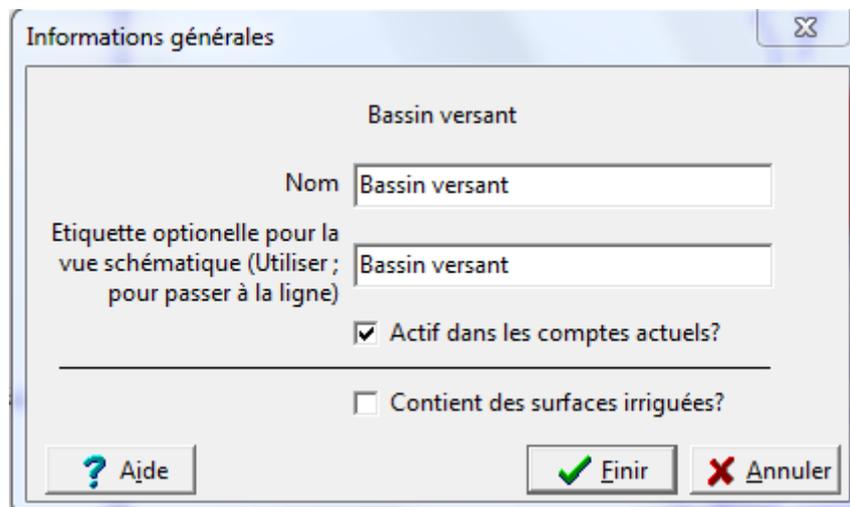


Fig.III.12 : Boite à dialogue : information générale pour le bassin versant

Les données nécessaires concernant la captation sont:

- l'Occupation de sol : Surface, Kc, Précipitation effective
- le climat : P, ETRéf
- l'irrigation : irriguée

Une méthode de calcul devrait être choisie (Fig. III.13), la méthode de calcul du FAO ou Précipitation et Infiltration.

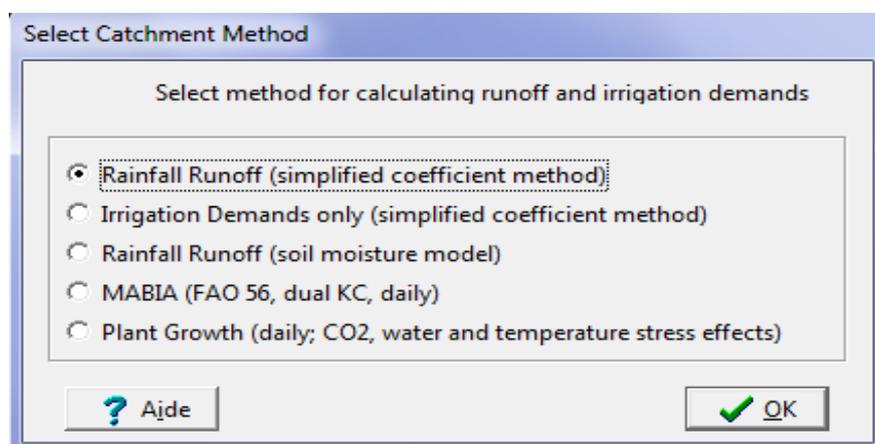


Fig.III.13 : Boite à dialogue pour choisir la méthode de calcul

Les figures ci-dessous (Fig. III.13 et III.14) montrent deux exemples des informations et de représentation graphique correspondant à la branche climat du bassin.

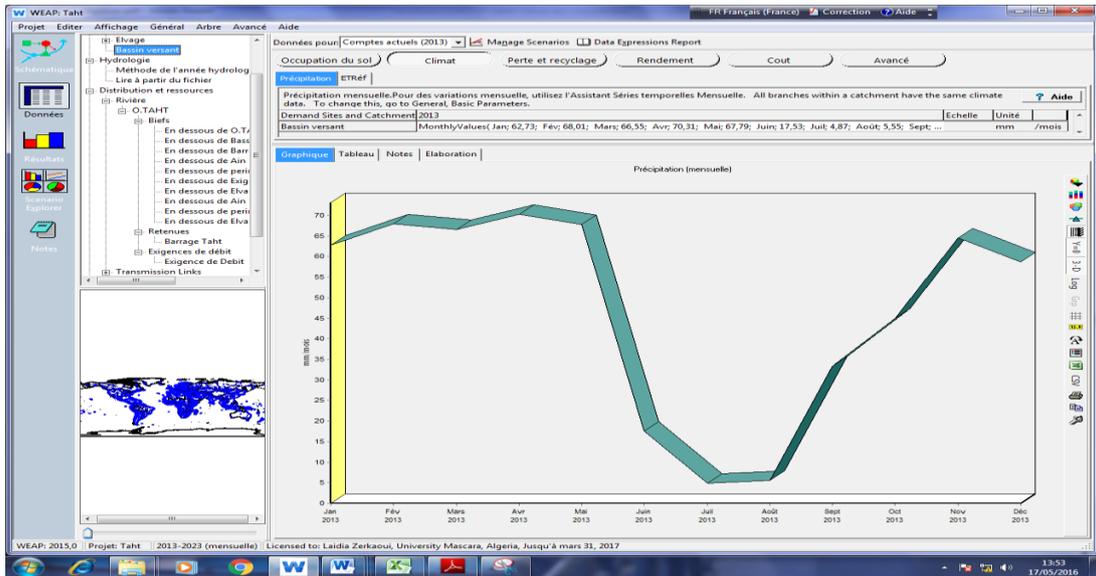


Fig.III.14 : Fenêtre des données représentant les précipitations mensuelles du bassin versant

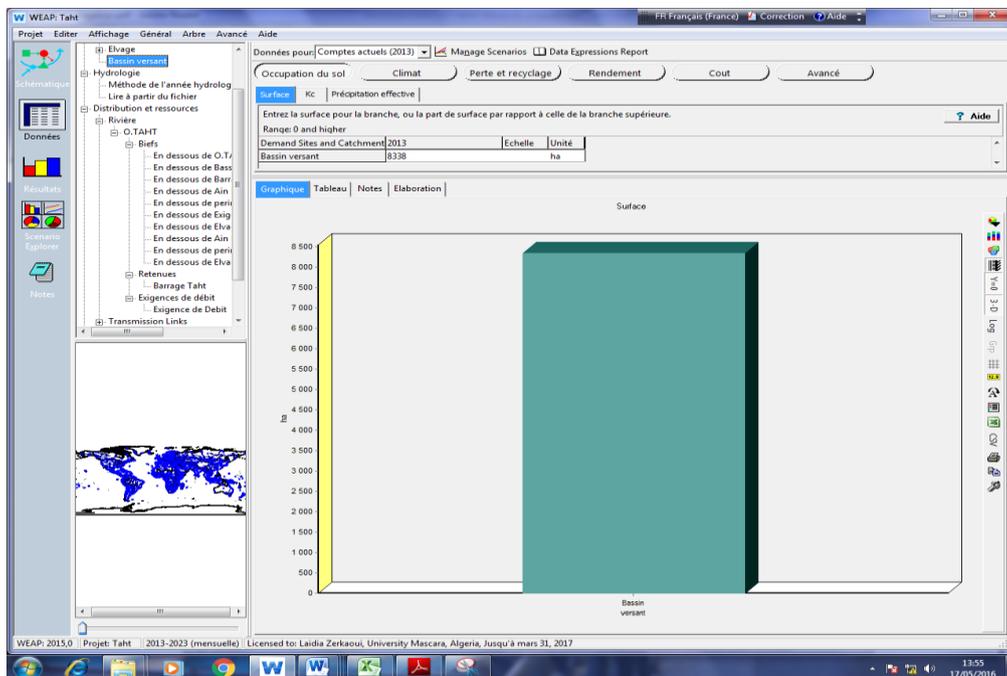


Fig.III.15. Fenêtre des données représentant la surface du bassin versant

## Chapitre IV- RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de l'application du modèle WEAP dans le bassin versant Oued Mina sont présentés sous formes cartographique et graphes, en considérant le scénario de référence (2013). L'horizon de projection futur considéré est 2023.

### IV.1 Modélisation du bassin versant

Le bassin versant d'Oued Mina matérialisé avec le modèle WEAP est représenté comme suit :

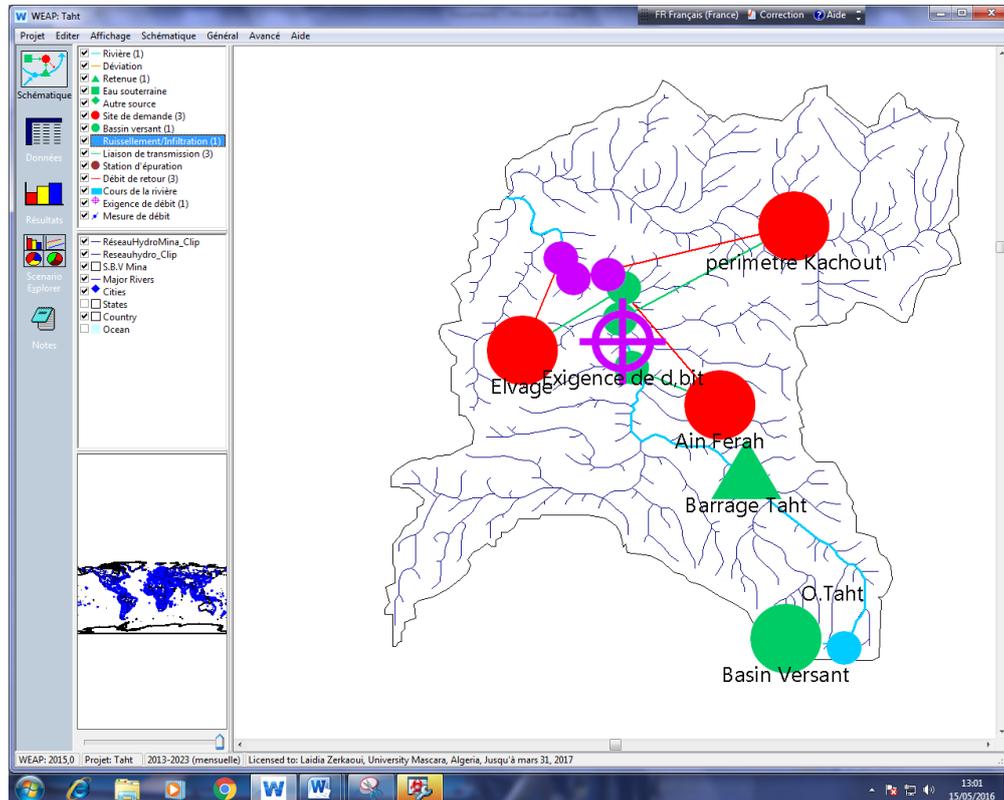


Fig.IV.1. Le sous bassin versant d'Oued Mina d'après le Modèle WEAP

On remarque sur cette carte le bassin versant d'Oued Mina (tirée bleue) avec les ressources en eau existantes : les réseaux hydrographiques, et les sites de demandes ou utilisateurs (point rouge) : grandes villes (adduction d'eau potable), irrigation, élevage. Les zones de transmission ou zones d'alimentation et les utilisateurs sont reliés par une flèche verte.

Après utilisation, les excès d'eau supposés déversés dans la rivière sont indiqués avec des flèches rouges. En ne considérant que les principales ressources, ces dernières sont identifiées comme suit :

- ✓ Retenues ou barrage : barrage Taht
- ✓ une rivière : Oued Taht
- ✓ Comme sites de demande, on a distingué trois sites.

### IV.2 Ressources en eau du bassin

#### IV.2.1. Disponibilité en quantité des ressources en eau existantes

Les ressources en eau sont constituées par les eaux souterraines, l'eau de surface, l'évapotranspiration et l'eau de pluie. Pour évaluer leurs quantités, nous avons analysé

les résultats donnés par l'option « demande et distributions des ressources » et au niveau du « bassin versant » dans l'affichage des résultats.

#### IV.2.2. Evaluation du besoin pour le scénario de référence

Les graphes ci-dessous (Fig IV.2) montrent la demande en eau pour chaque site de demande (Ain Ferah, périmètre de Kachout), sans perte pour le scénario de références où on trouve une augmentation de demande de l'usage agricole de 1.2 Mm<sup>3</sup> en 2015 jusqu'au 2023. Cette demande en eau connaîtra une variation au cours des extensions de la superficie irriguées. Pour les autres sites, cette variation n'est pas très remarquable.

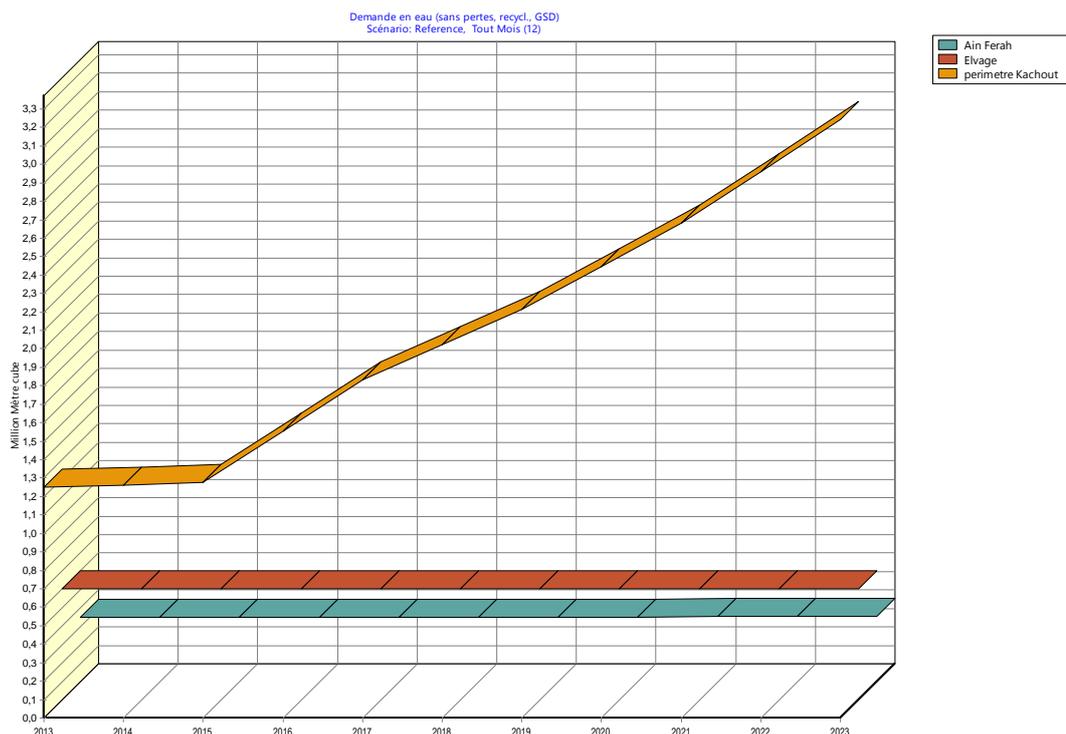


Fig. IV.2. La demande en eau sans perte du scénario de référence

Le graphique ci-dessous montre la quantité d'eau et l'évolution des eaux distribuées pour chaque site de demande pour le scénario de référence. Cette eau distribuée connaîtra une variation au niveau de nouvelles plantations agricoles. Pour les autres sites, cette variation n'est pas très remarquable. Le pourcentage de recouvrement des sites de demande diminue de 100% en 2013 à 30% en 2023 pour le scénario de références (Fig IV.3).

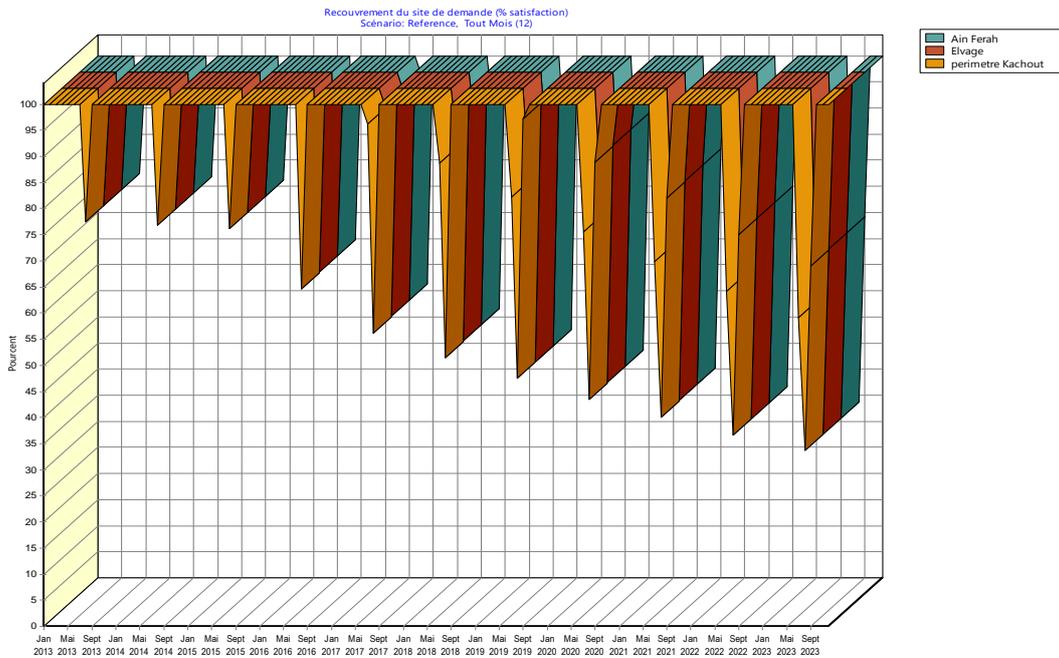


Fig. IV.3: Recouvrement de site de demande pour le scénario de référence

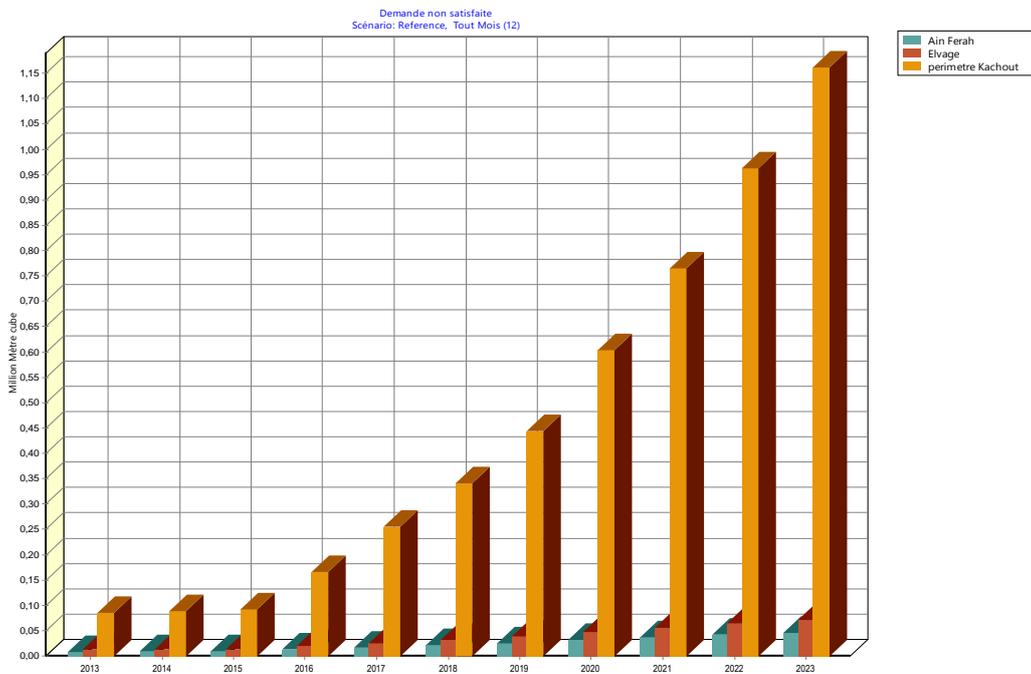


Fig. IV.4. Demande en eau insatisfaite des sites de demande pour le scénario de référence

#### IV.2.3 Evaluation des besoins en eau pour les scénarios créés

La demande non satisfaite augment au fur à la mesure de sites de demande pour le scénario de référence atteindra en 2023 un volume de 1,15 Mm<sup>3</sup> pour l'usage agricole (Fig. IV.5)

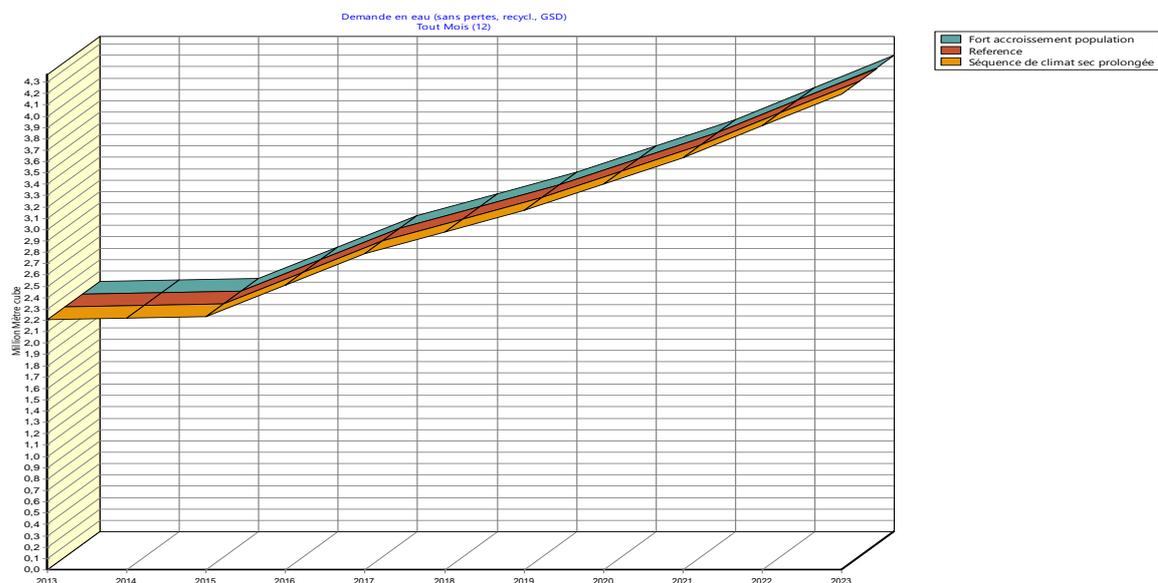


Fig. IV.5. Demande en eau sans perte pour les scénarios

Dans le cas de fort accroissement de la population où le taux de croissance augmente de 2.03% à 5% et un prolongement de la séquence du climat sec (du fait des modifications climatiques) la demande en eau des sites augmente en 2023 pour atteindre un volume de 4.2 Mm<sup>3</sup> (Fig. IV.6).

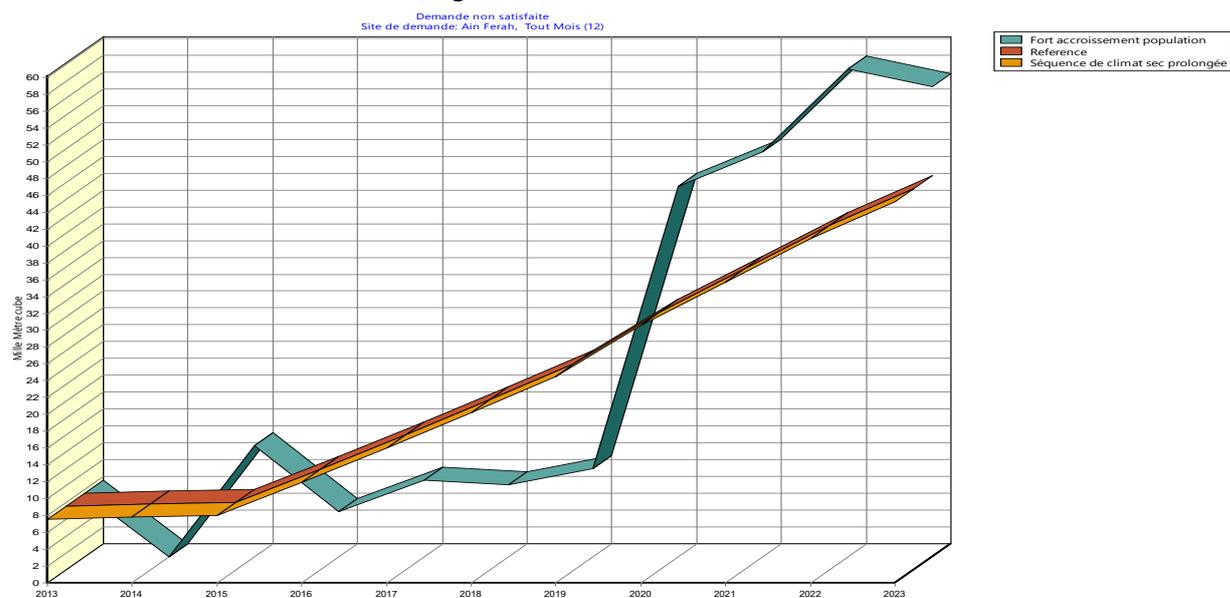


Fig. IV.6. Demande en eau non satisfaite des Scénarios

Ce scénario influence directement sur la demande en eau non satisfaite. Le pourcentage de recouvrement pour tous les scénarios diminue du mois Mars à Octobre pour atteindre 0% au mois de juillet à Aout (Fig. IV.7)

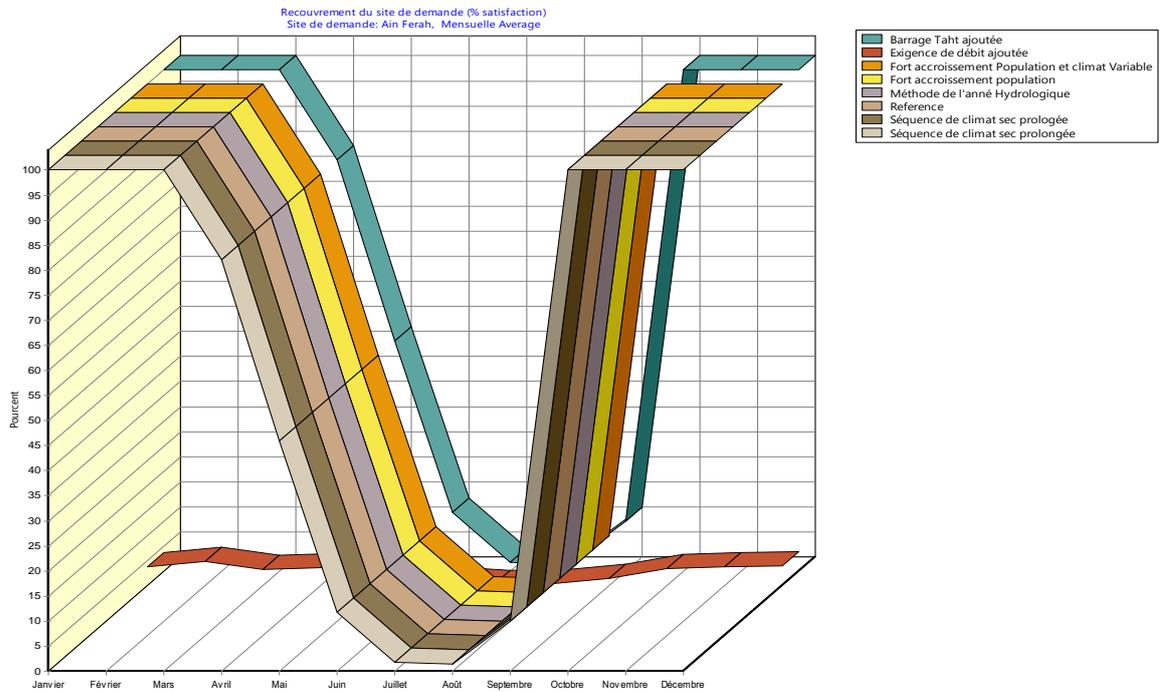


Fig. IV.7. Recouvrement de site de demande avec tous les scénarios

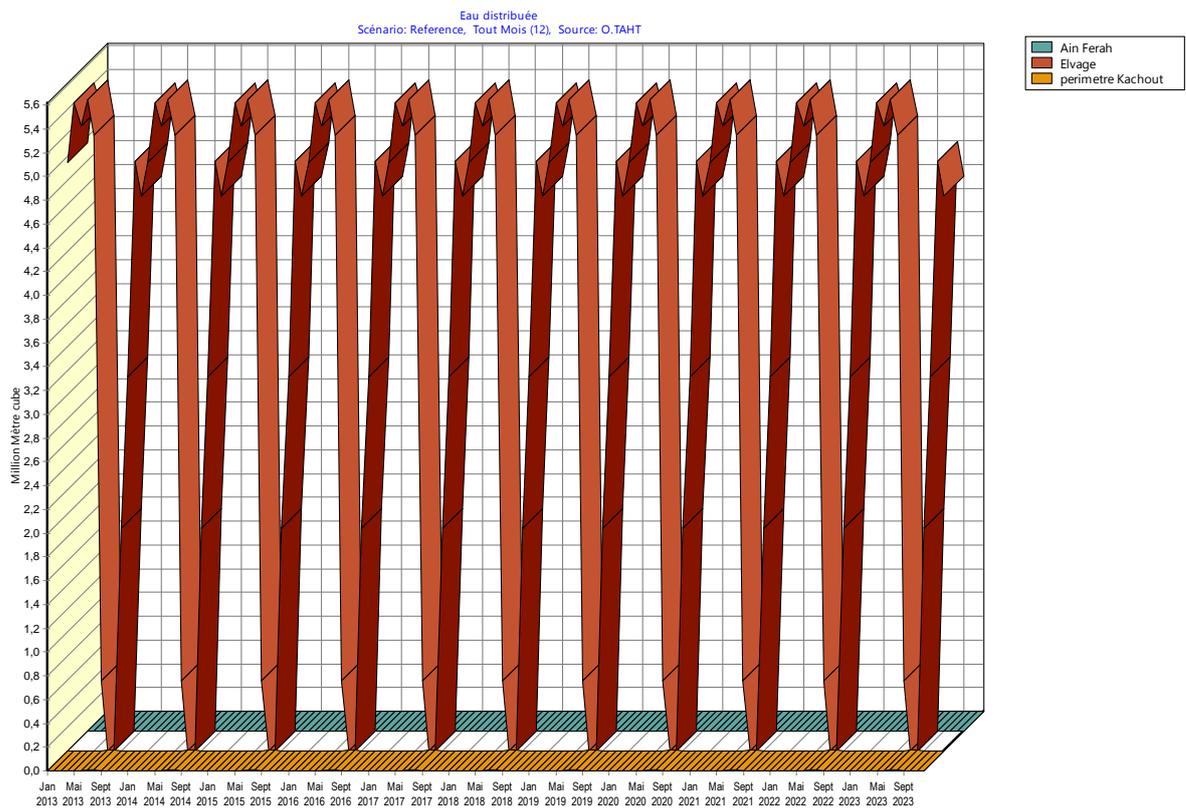


Fig. IV.8. Eau distribuée à chaque site de demande scénario de référence

L'eau distribuée par ces emplacements provient d'Oued TAHT de la retenue de son barrage. La Fig. IV.9 montre que l'eau distribuée va diminuer de 5,6 millions de m<sup>3</sup> en janvier 2013 à 4,8 millions de m<sup>3</sup> en 2023, si on ne tient pas compte du fort taux de croissance.

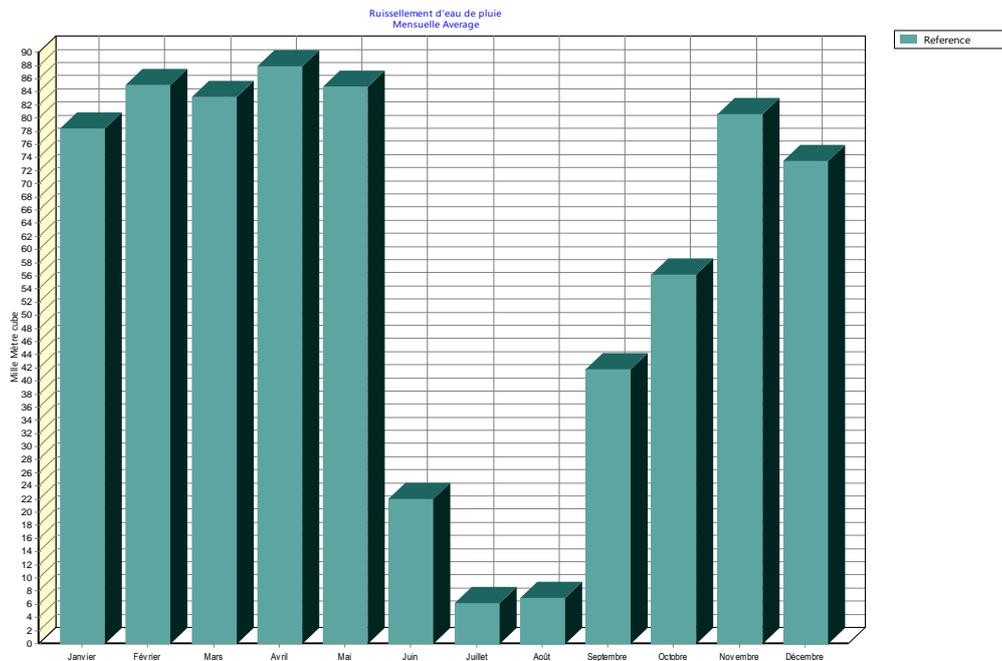


Fig. IV.9. Ruissèlement d'eau de pluie

En générale le ruissèlement des eaux superficielles diminue vert Oued TAHT en mois de Juillet et Aout suite aux pluies qui pénètre dans la zone d'étude dans le scénario de référence (Fig. IV.10).

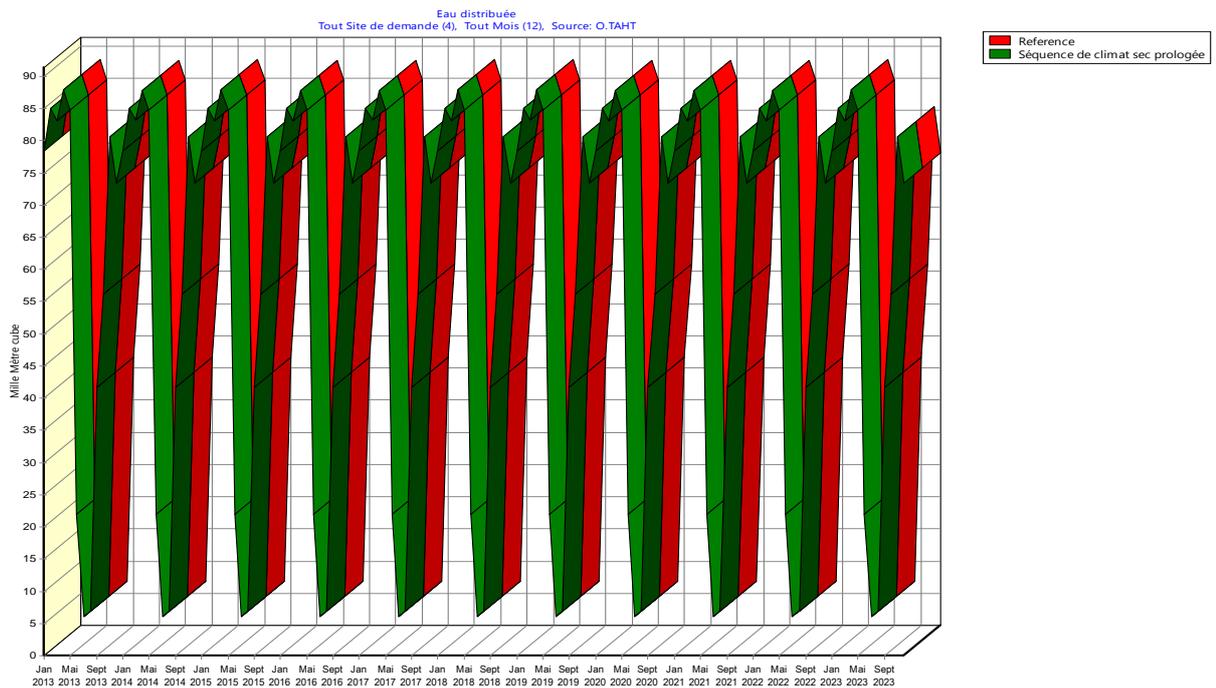


Fig. IV.10: Eau distribuée en scénario de référence et changement climatique

#### IV.2.4. Eau de surface et vulnérabilité aux changements climatiques

L'eau de surface dans le bassin est employée en grande partie pour l'agriculture. Elle est aussi vulnérable vis-à-vis des changements climatiques comme pour les autres ressources en eau. La figure ci – dessous (Fig. IV.11) montre les graphes correspondants. Pour étudier cette vulnérabilité, nous avons établi deux scénarios :

- Scénario : «changements climatiques ».
- Scénario : «référence ».

L'analyse des résultats obtenus à partir de ces deux scénarios, nous montrent que :

- s'il y a changement climatique, on enregistre une augmentation de débit de la rivière avec un minimum de l'ordre de 5 Mm<sup>3</sup> en 2023 et un maximum de 5,5 Mm<sup>3</sup> environ ce qui permet de déduire une année normale ;
- par contre, celui du scénario de référence présentera un débit moyen de 4,4 Mm<sup>3</sup>.

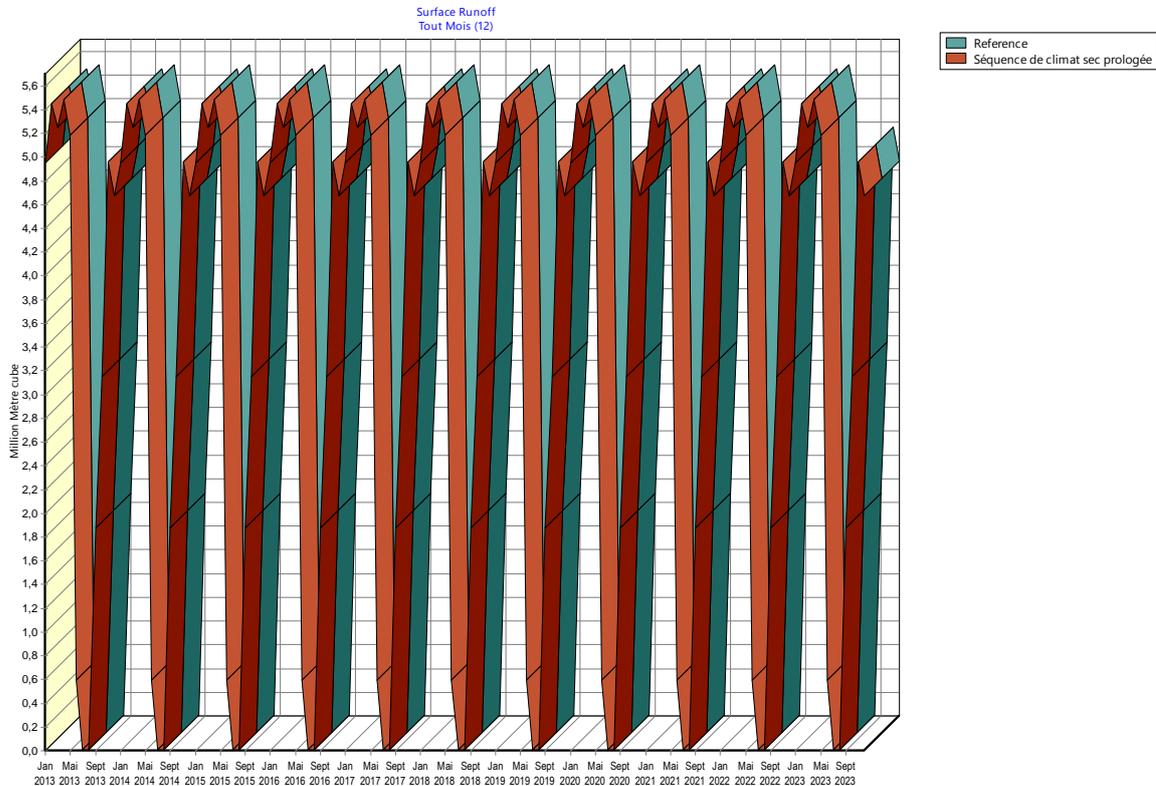


Fig. IV.11 .Evolution des débits d'eau de surface

#### IV.2.5. Evapotranspiration et vulnérabilité aux changements climatiques

L'évapotranspiration constitue à la fois une ressource en eau et une perte. En terme de bilan, il est une perte mais en terme de quantité il est une ressource car il constitue l'humidité de l'air qui est utilisable pour certaines plantes.

Cette ressource est aussi vulnérable. Pour évaluer cet effet, nous avons analysé deux scénarios :

- Scénario de « changements climatiques » ;
- Scénario de la « méthode de l'année hydrologique » qui a une fonction de référence.

Les deux graphes montrent que :

- Pour les années du scénario de la méthode hydrologique : l'évaporation est identique, elle augmente à 0,7 Mm<sup>3</sup> durant le mois de juin et 0,65 Mm<sup>3</sup> pour le mois d'Aout.
- Pour le scénario "changements climatiques", l'évaporation est identique. Ceci permet de conclure que s'il y a changements climatiques, le taux d'évapotranspiration connaîtra une variation significative. Les graphes ci-dessous montrent cet effet.

De même la comparaison de la somme de l'évapotranspiration pour le scénario "changements climatiques" et scénario "méthode de l'année hydrologique" indique une diminution (Fig. IV.12).

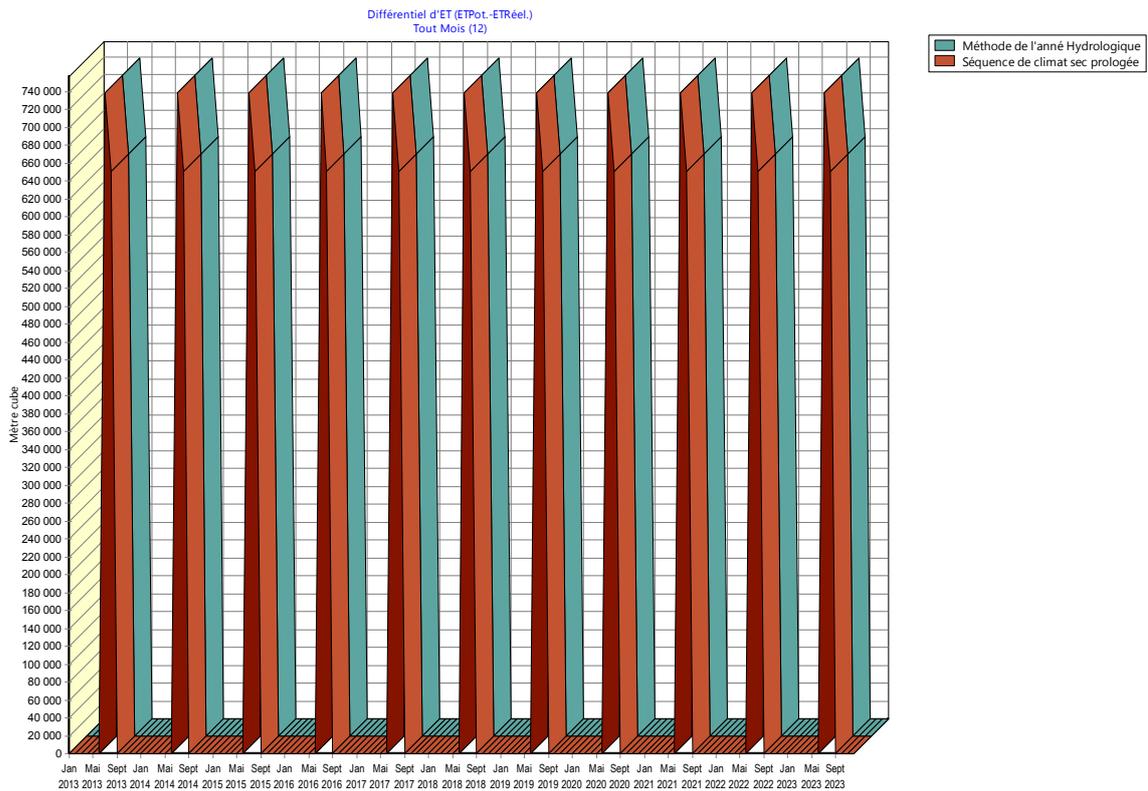


Fig. IV.12. Evolution de l'évapotranspiration réelle

#### IV.2.6. Débit du site de demandes pour l'horizon 2023

Les graphes ci-dessous montrent les débits entrants pour chaque site de demande venant de toutes les sources ainsi que les consommations ; les scénarios utilisés pour évaluer ces résultats sont les scénarios "changements climatiques" et scénario de "référence".

Le débit consommé est divisé en deux parties :

- les débits consommés par les besoins domestiques et élevages.
- les débits consommés par le périmètre irrigué tel que KACHOUT qui sont extraits directement d'Oued TAHT.

Pour l'ensemble des deux scénarios, les débits entrants sont consommés directement, à part les précipitations (Fig. IV.13).

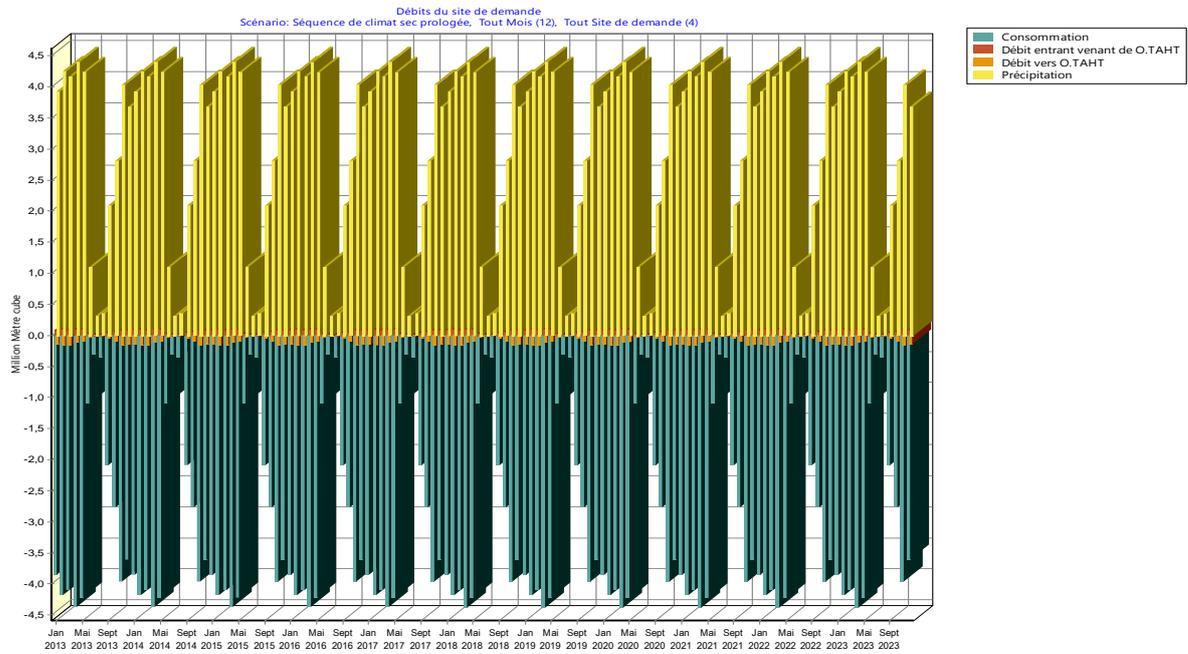


Fig. IV.13. Débits des sites de demande en eau -scénario ‘’changement climatique’’

Le débit reste insuffisant par apport a la consommation surtout en période prolongée de la sècheresse (cas de changements climatiques) comme nous pouvons le remarquer dans la figure IV.14. Surtout que les précipitations insuffisantes où on trouve une consommation en séquence changement climatique de 4.5 Mm<sup>3</sup> en 2013 à 2023 et les précipitations (-4,5) pour la même durée, ce qui influe sur le débit entrant venant vers Oued TAHT pour le même scénario, donc un déficit en eau.

Par contre, le scénario de référence montre qu’il reste un débit non utilisé venant des sources d’approvisionnement. Ce sont les débits vers les sites de demande (Oued TAHT) qui ne sont pas très remarquables pour ceux du scénario changements climatiques. On constate aussi que la demande des sites est suffisamment dans le scénario de référence (figure IV.14).

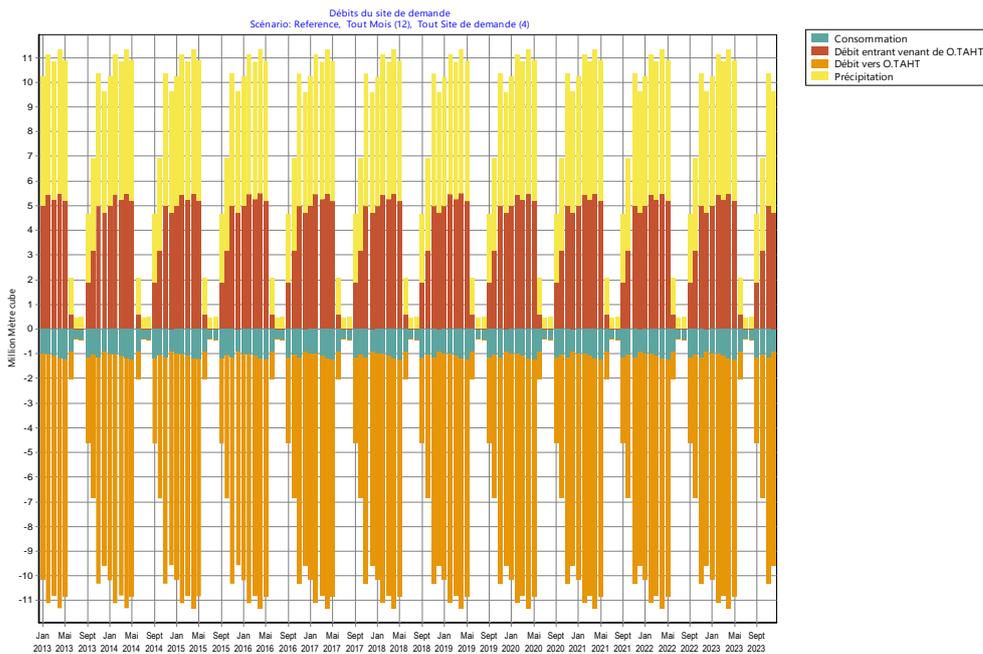


Fig. IV.14.Débit du site de demandes Scénario de référence

### ***IV.3 Bilan de gestion des ressources en eau***

Le bilan de gestion des ressources en eau s'annonce comme suit :

$$\mathbf{Q_s = Q_e - Q_u}$$

Avec :

- Q<sub>s</sub>: débit sortant à l'exutoire du bassin
- Q<sub>e</sub>: débit entrant ou débit venant de toutes les ressources
- Q<sub>u</sub>: débit utilisé ou volume d'eau consommé par chaque branche d'utilisations

Si l'on ne tient pas compte du changement climatique, le débit entrant dans le bassin est de l'ordre de 9,57 Mm<sup>3</sup> pour l'horizon 2013 – 2023. Les débits utilisés (consommés par les utilisateurs) sont de 0,9 Mm<sup>3</sup>, ce qui implique que le débit sortant sera de 4,67 Mm<sup>3</sup>.

Ce débit sortant indique le débit non utilisé restant dans le bassin évaporé ou exporté, ce débit évolue au cours du temps.

## *Conclusion générale*

En guise de conclusion, nous pouvons retenir que la gestion intégrée des ressources en eau en Algérie, comme partout ailleurs, est un sujet complexe, dans le sens où elle dépend de nombreuses variables, notamment climatiques, économiques, sociales, démographiques, mais également des aspects relatifs à l'infrastructure hydrotechnique utilisée pour mobiliser, exploiter et distribuer l'eau aux usagers-consommateurs.

Ces variables sont caractérisées par de nombreuses incertitudes, particulièrement une disponibilité en eau en quantité et qualité très aléatoire et une demande croissante d'année en année. Le modèle WEAP (*Water Evaluation and Planning system*) a été développé pour simuler le bilan hydrique actuel et évaluer les stratégies de gestion des ressources en eau d'une zone donnée. Il a pour objectif de comparer l'offre et la demande en eau et permet la projection dans le futur la confrontation entre les différentes catégories de ressources en eau, à l'échelle d'une unité spatiale et à différents horizons.

Le choix de la plaine de KACHOUT dans la Wilaya de Mascara pour l'application de ce modèle est motivée la présence d'une demande en eau agricole (500 Ha, extensible sur 1000 Ha), doté d'un petit barrage sur Oued TAHT dans le bain versant de Oued Mina. A travers les résultats obtenus, on peut retenir l'insuffisance de la base de données relative au climat local. Toutefois, les stations moyennes au site d'étude note un climat très sec dans son ensemble, l'hiver est rigoureux dans les régions élevées, la température moyenne annuelle est de 16°C. Les précipitations moyennes interannuelles sont estimées à 564.92 mm.

L'évaluation a été faite à partir de l'analyse de deux scénarios : (i) scénario de référence de l'année hydrologique en cours et (ii) scénario de changements climatiques. Le modèle a été calé pour l'année 2013 comme référence et 'étale à l'horizon 2023. Les deux scénarios construits dans cette approche reflètent l'effet des tendances futures de la demande en eau en tenant compte des différents politiques d'exploitation et les facteurs qui peuvent influencer la demande et d'évaluer l'impact de la disponibilité des ressources par le changement climatique probables dans la région.

L'application de ce modèle sur notre site montre la demande en eau pour chaque site de demande (Ain Ferah, périmètre de Kachout) ainsi que la vulnérabilité de la ressource en eau face à la demande. Pour les années du scénario de la méthode hydrologique : l'évaporation augmente à 0,7 Mm<sup>3</sup> en mois de juin et 0,65 Mm<sup>3</sup> en mois d'Aout, alors que pour le scénario du changement climatique l'évaporation est identique. Ceci permet de conclure que le débit reste insuffisant par rapport à la consommation surtout en période prolongée de la sécheresse, cas de changements climatiques.

Comme on peut remarquer que les précipitations sont insuffisantes par rapport à la demande (scénario de changement climatique) ayant une influence négative sur le débit entrant vers Oued TAHT ; donc le déficit en eau est plus accentué dans le cas de ce scénario. Par contre, le scénario de référence montre qu'il reste un débit suffisant venant des sources d'approvisionnement (Oued TAHT) vers les sites de demande (périmètre de Kachout).

Le bilan hydrique du bassin pour l'horizon 2013 – 2023 montre un débit global de 9,57 Mm<sup>3</sup>, réparti entre une consommation par les usagers agricoles de l'ordre de 0,9 Mm<sup>3</sup>, ce qui implique un débit sortant de 4,67 Mm<sup>3</sup>. Le débit non utilisé restant dans le bassin est soit évaporé ou soit exporté, ce débit évolue au cours du temps.

Les sites (Ain Ferah, périmètre de Kachout), montrent une augmentation de demande en eau de l'usage agricole de 1.2 Mm<sup>3</sup> en 2015 jusqu'au 2023. La réalisation du barrage d'Oued El TAHT permettra d'atténuer les conflits d'usage et enjeux de gestion de l'eau entre les agriculteurs en amont et en aval du périmètre, mais cela reste insuffisant.

Le recours vers les systèmes d'irrigation économes en eau, tels que le goutte à goutte nécessite des actions participatives et des aménagements spécifiques, afin de permettre l'accès à la ressource à une large population d'agriculteurs. L'eau de surface dans le bassin est employée en grande partie pour l'agriculture, elle est aussi vulnérable vis-à-vis des changements climatiques comme pour les autres ressources en eau.

L'encouragement des agriculteurs à l'arboriculture est vivement recommandé, dans le but d'une meilleure durée de vie du barrage. Le principe d'agir sur la demande en eau, réduit les pertes et le gaspillage de l'eau, d'où la nécessité de procéder à l'installation impérative des compteurs d'eau individuel ou collectif par l'organisme gestionnaire (ONID).

Par ailleurs et dans le cadre d'une optimisation de la gestion des ressources en eau des périmètres irrigués, il est recommandé de mettre en œuvre un programme de développement visant à :

- La réhabilitation des infrastructures hydrauliques existantes (périmètres, barrages) ;
- Une utilisation optimale des moyens modernes de l'irrigation pour une meilleure économie de l'eau (goutte à goutte, aspersion,...).

### ***Références Bibliographiques :***

[1] **DJOMBO A.** (2010) : Evaluation et allocation des ressources en eau pour le développement agricole et économique dans le bassin du fleuve Bandama : contribution du modèle WEAP. Mémoire de stage Master spécialité *GIRE*. Université d'Ouagadougou, Burkina Fasso.

[2] **RAKOTONDRABE F.** (2007) : Etude de la vulnérabilité des ressources en eau aux changements climatiques, modélisation par le logiciel WEAP 21 : cas du bassin versant de Morondava (Sud-ouest de Madagascar). Mémoire d'études approfondies spécialité hydrogéologie. Spécialité hydrogéologie. Ecole supérieure polytechnique d'Antananarivo (Madagascar).

[3] **ZARKAOUI L & M. BENSLIMANE M.** (2015) : 'Problématique d'aménagement et conflit d'usage de l'eau en zone de montagne, cas de Monts de Béni Chougrane (nord-ouest algérien)'. IVème Colloque international eau et climat : Regards croisés Nord-Sud, Défis de l'Eau et stratégies d'Adaptations autour du Bassin Méditerranéen. Université de Constantine 23,24 Octobre 2015.

[4] **HALLOUZ F., MEDDI M., MAHE G. (2012)** : Relation débit liquide-transport de matières en suspension dans le bassin de l'Oued Mina, en amont du barrage Sidi M'hamed Ben Aouda (Oued Cheliff), Nord-Ouest d'Algérie.

[5] **EL Watan (2016)**: Les travaux de réalisation du barrage d'Oued TAHT. Quotidien national du 08 mars 2016.

[6]. **ENEH** (Entreprise nationale des études hydrauliques) (1994) : Etude d'avant projet détaillé du barrage sur l'Oued et TAHT. Rapport de synthèse.

[7] **MESSAHEL M. (2005)** : Efficience des systèmes d'irrigation en Algérie. Communication dans le cadre de la 5ème Journée de recherche en sciences sociales à AgroSup Dijon, les 8 et 9 décembre 2011. France.

[8] **ANBT** (agence nationale des barrages et des transferts) (2012) : Etude d'exécution du transfert à partir du barrage d'Oued Tahet.

[9] **ANRH** (agence nationale de ressources hydriques) d'Oran (2015): Système agricole de la Commune d'Ain Ferrah (wilaya de Mascara).

[10] **HALLOUZ F., MEDDI M., MAHE G. et RAHMANI S., (2014)**: Caractérisation de la sécheresse et impact sur l'écoulement, cas du bassin versant de l'Oued Mina, Nord-Ouest d'Algérie. Conférence Paper, novembre 2015 ENSH. Blida (Algérie).

[11] **Khalaoui M , Chabane M , (2007)**:Contribution à l'analyse du régime hydro-pluviométrique et du transport solide dans le bassin versant de la Macta. Thèse d'Ingénieur, Centre Universitaire de Mascara.

[12] **ANRH** (agence nationale de ressources hydriques) Antenne d'Ain Fares (2015): Données climatologies de la Wilaya de Mascara période 2004-2013

[13] **S.E.I (Stockholm Environment Institute)** (2008): Tutorial de WEAP, Guide Utilisateur de WEAP (Système d'évaluation et de planification des ressources en eau).

[14] Site web WEAP21: [www.weap21.org](http://www.weap21.org)

- <http://www.screencast.com/t/PNrYXAmS8jS>
- [http://www.weap21.org/WebHelp/User\\_Defined\\_Variables.htm](http://www.weap21.org/WebHelp/User_Defined_Variables.htm)
- <http://www.weap21.org/Videos>
- <http://www.weap21.org/index.asp?doc=54&action=20>
- <http://cfpub.epa.gov/gcrp/recordisplay.cfm?deid=19886>

[15] Site de données précipitations et climatique :  
<http://globalweather.tamu.edu/>