

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun–Tiaret

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Hydrogéologie

Présenté par :

KAMEL Ibrahim

FETTOUH Omar

Thème

## Evaluation et gestion des ressources en eau dans la région de Tissemsilt

Soutenu publiquement le 07/07/2019

**Jury : Grade**

**Président : M.ZRARKA A**

**MCA**

**Encadreur : M.SABOUA T**

**MAA**

**Examineur : M.BOUTOUGA F**

**MAB**

Année universitaire : 2018/2019

## **Remerciements**

*Je m'adresse mes sincères remerciements à Allah de nous avoir amené à  
réaliser ce travail.*

*Il nous est agréable d'adresser nos sincères remerciements à Mr  
SEBBOUA Toufik qui nous a fait confiance pour le choix de ce sujet.*

*Nous le remercions de nous avoir suivis et encadrés efficacement  
pendant toute sa réalisation, pour sa sagesse et sa bonté, qu'il en soit  
remercié. Nos remerciements vont également à tous les enseignants de  
notre département.*

*Nos remerciements vont aussi à messieurs les membres du jury pour  
avoir accepté de juger et examiner notre travail.*

*Enfin, A toute personne qui de près ou de loin ayant généreusement  
contribué à l'élaboration de ce travail.*

**Introduction**

**Générale**

L'eau présente à l'échelle de la planète un élément vital pour la subsistance de tout être vivant. C'est aussi un facteur prépondérant pour toute activité socioéconomique. L'eau est donc une ressource précieuse, d'autant plus qu'elle n'est pas uniformément répartie.

Plusieurs pays sont menacés de pénurie d'eau potable et des milliers de personnes n'ont pas toujours accès à cette dernière. Préserver la ressource en eau et proposer un accès durable aux services d'eau et d'assainissement sont donc des enjeux majeurs pour la planète.

Les dernières décennies sont caractérisées par une industrialisation galopante et par une sécheresse intense qui touche l'Algérie du Nord d'une manière générale.

La situation hydrique en Algérie impose la nécessité d'une gestion prudente de cette précieuse et rare ressource qui ne cesse de croître en importance sous le double effet de la croissance démographique et de l'augmentation des besoins par habitant, l'agriculture et l'industrie. Il est donc nécessaire d'évaluer les disponibilités en eau mobilisable, ce que traite la présente étude, pour voir les possibilités de leur utilisation rationnelle.

Donc Notre travail est consacré à l'inventaire et l'actualisation des ressources en eaux superficielles et souterraines dans la région Tissemsilt. Il est établi d'une masse importante de données pour but principal l'évaluation des ressources exploitables en eaux destinées pour l'usage domestique, agricole et industriel.

Pour plus de clarté dans la présentation de ce mémoire, nous l'avons scindé en six grands chapitres suivants :

Le premier chapitre présente une vue générale sur la zone d'étude. Il est divisé en cinq titres :

- ✓ Situation géographique
- ✓ Aperçu Socio-économique
- ✓ Couvert végétale
- ✓ Réseau hydrographique
- ✓ Géomorphologie et relief

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude du contexte géologique et structural de la région d'étude. Il est divisé en quatre titres :

- ✓ Cadre géologique régional (Contexte générale)

- ✓ Stratigraphie
- ✓ Géologie et lithologie de la zone d'étude
- ✓ Tectonique

Le troisième chapitre a pour but d'évaluer à l'aide d'une étude hydro climatologique les différents termes du bilan hydrique, en s'appuyant essentiellement sur les relevés pluviométriques et de températures .Il est divisé en deux titres :

- ✓ Les facteurs climatiques
- ✓ Le bilan hydrique

Le quatrième chapitre est consacré à l'hydrogéologie. Il est divisé en trois titres :

- ✓ Contexte hydrogéologique
- ✓ Etude des sources de la région de Tissemsilt
- ✓ Etude géophysique

Le cinquième chapitre est consacré à l'évaluation qualitative des ressources en eau à partir de l'interprétation des résultats d'analyses chimiques, Il est divisé en deux titres :

- ✓ Le chimisme et la qualité des eaux dans la région de Tissemsilt
- ✓ Etude de caractéristiques physico-chimiques des eaux des forages

Le sixième chapitre ou on procède à l'identification des différentes ressources en eaux souterraines et superficielles existantes dans la zone d'étude, en évaluant leur mobilisation actuelle, utilisateurs (A.E.P, A.E.A, A.E.I), ce qui permettra de faire ressortir les insuffisances de la répartition actuelle des ressources. Il est divisé en trois titres :

- ✓ La mobilisation des ressources en eaux.
- ✓ Evolution des besoins en eau pour déférent secteur.

**Chapitre**

**01**

## I. Situation géographique :

Située au sud-ouest d'Alger, de laquelle elle est distante de 170 kilomètres, la wilaya fait partie de la bordure sud du tell. Elle est comprise entre 1°18'E et 2°18'E de longitude et 35°32'N et 36°00'N de latitude nord. Environ 80 kilomètres de monts et vallées la séparent de la mer méditerranée. Elle couvre une superficie de 3173 km<sup>2</sup>.

La wilaya de Tissemsilt est entourée par 6 wilaya : au nord, Chlef et Ain Defla, au sud, Tiaret et Djelfa, à l'est, Médéa et à l'ouest Relizane.

Le réseau routier principal est constitué par la RN14 (Alger-Theniet-el-Had-Tissemsilt-Tiaret) et la RN19 (Tissemsilt-Chlef-Ténès).

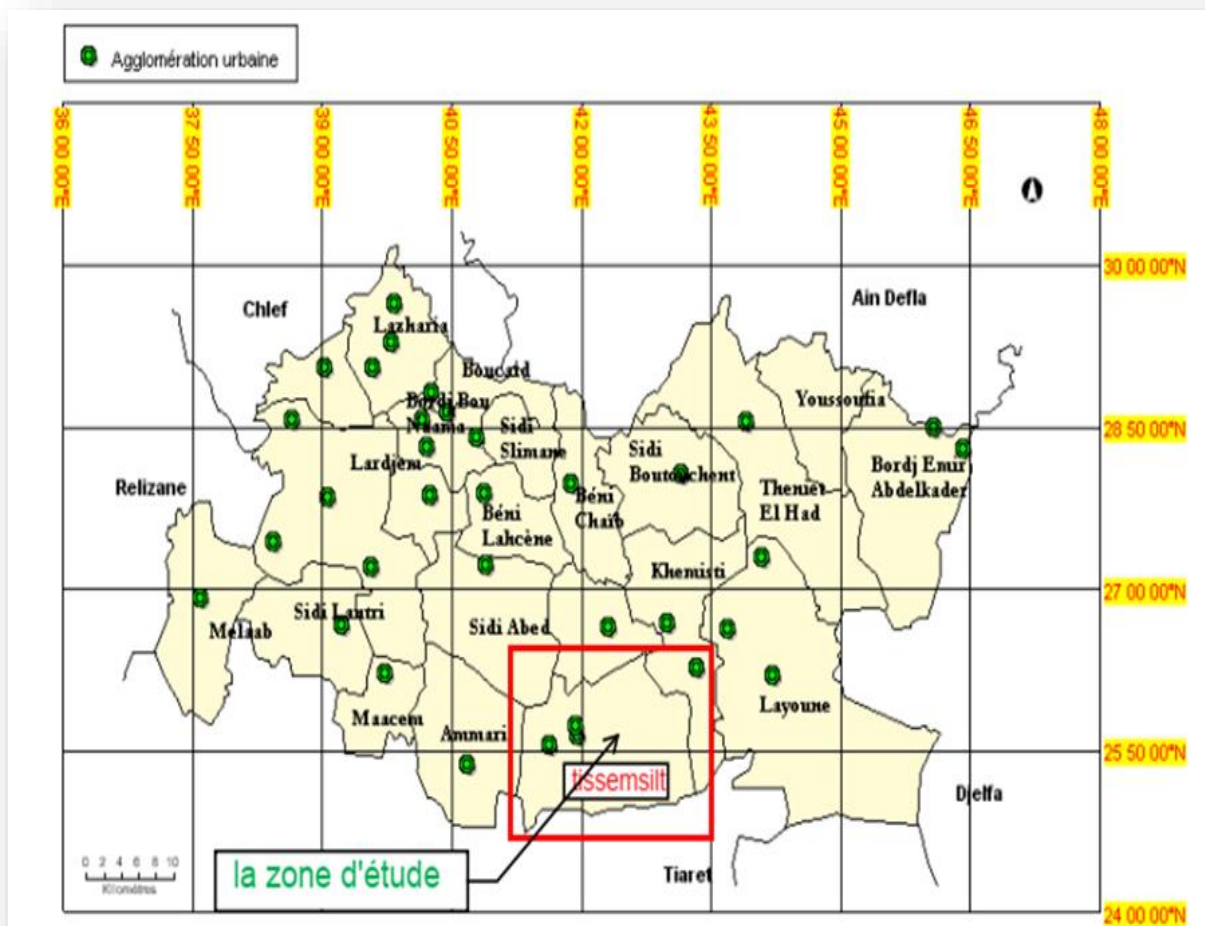
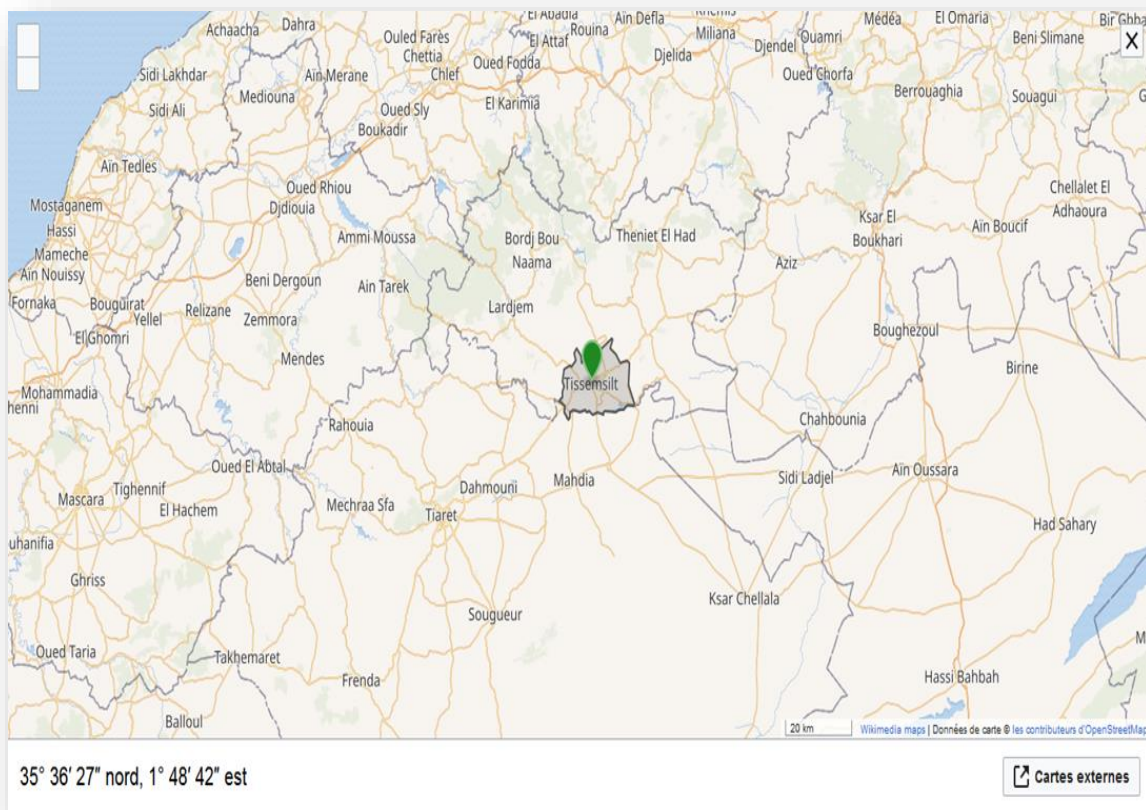


Figure 1: Situation géographique de la wilaya de Tissemsilt (Source DRE)

## I.1 Situation géographique de la zone d'étude :

La ville de Tissemsilt, culminant à une altitude de 900 m, est située à 245 Km au sud-ouest d'Alger. au niveau de la partie septentrionale du plateau du sersou, elle est limitée :

- Au Nord, par la RN 14 reliant la localité de Tissemsilt à Khemis Miliana
- Au Sud, par l'oued Nahr Ouassel ;
- A l'Ouest, par la longitude 420 Kms, passant par l'agglomération de Tissemsilt ;
- A l'Est par la longitude 432 Kms.
- Coordonnées 35°36'27" nord ,1°48'42" est.



*Figure 2: situation géographique de la zone d'étude.*



## **I.2 Aperçu Socio-économique :**

### **I.2.1 Aspect agricole :**

Les terres agricoles (S.A.U) occupent près de 56% de la superficie total soit environ 179 243.90 ha.

Cette potentialité est cependant sous utilisée parce que les cultures conduites en irrigué demeurent insignifiants, se limitant au maraichage (149ha), à l'arboriculture fruitière (717.35ha) et à la viticulture (22ha) ; ce qui donne en superficies irriguées par la PMH, un totale de 790.35 ha

De même la jachère persiste sur d'importantes superficies, elle occupe 39% de la S.A.U, soit 69 774 ha.

Dans la zone d'étude la superficie agricole utile (S.A.U) occupe 10.32% de la superficie total des terres agricoles de la wilaya soit environ 18 507 ha.

#### **I.2.1.1 Les grands périmètres d'irrigation :**

Deux grands périmètres d'irrigation dans la wilaya :

##### ❖ Le périmètre de BOUGARA

- Localisation : wilaya de Tiaret et Tissemsilt.
- Superficie : 89 ha pour la wilaya de Tiaret et 709.4 ha dans la wilaya de Tissemsilt (Tissemsilt, khemisti et laayoune).

##### ❖ Le périmètre de M'GHILA d'une superficie de 931 ha.

#### **I.2.1.1.1 Périmètre de BOUGARA :**

Le périmètre s'étend sur environ 20 km de part et d'autre de Naher Ouassel et prend l'orientation de l'écoulement de l'oued (Ouest – est), touchant la commune de BOUGARA (w.de Tiaret), les communes de Tissemsilt, Khemisti et Laayoune (w.de Tissemsilt).

Superficie : 89 ha pour la wilaya de Tiaret et 709.4 ha dans la wilaya de Tissemsilt.

L'alimentation en eau sera assurée par le barrage de Bougara avec un volume de 16 hm<sup>3</sup>.

Superficie irriguée :

- ❖ **Mis en service de périmètre :** le périmètre est mis en service septembre 2005, le volume a été lâché par le barrage est 300.000 m<sup>3</sup>, pour irriguer une superficie de 240 ha de céréale.

- **La campagne d'irrigation 2006** : A été commencé du 04/04/2006 au 31/12/2006. le nombre des exploitants souscrit est 68 usagés, le volume d'eau d'exploitation est 01 hm<sup>3</sup> pour irriguer une superficie de 340 ha dont :
  - 291ha céréale fourragère ;
  - 45 ha maraîchage divers (pomme de terre, oignon, pastèque, tomate...etc.).
  - 04 ha arboriculture.
- ❖ **La campagne d'irrigation 2007,2008** : pas d'irrigation (manque des sources en eau, inférieur à 3 Hm<sup>3</sup>).
- ❖ **La campagne d'irrigation 2009** : Le volume totale du barrage atteint 11Hm<sup>3</sup>, Le cotât d'eau alloué à l'irrigation de cette année c'est 1 Hm<sup>3</sup>, le nombre d'exploitant souscrit est de 34 usagés pour irrigué une superficie de 98 ha de céréale.

### **I.2.1.1.2 Périmètre de M'GHILA :**

Périmètre d'irrigation de M'GHILA d'une superficie de 931 ha est alimenté par le barrage de M'GHILA d'un volume régulariser de 2.8 ha il est situé sur le territoire de la commune de Laayoune.

Cet important projet pour l'hydraulique agricole réalisé, dont les travaux sont achevés fin 2005, va permettre d'irriguer une superficie totale de 931ha.

### **I.2.2 Aspect industriel :**

Le secteur de l'industrie a pour principale mission la structuration et l'encadrement des établissements industriels aussi bien de services que de production, par le biais de la création de zones industrielles capables d'accueillir les investisseurs et leurs projets sous forme de petites et moyennes sociétés. Parmi les activités industrielles sur le territoire de la wilaya, on peut mentionner :

- une unité de menuiserie générale.
- une usine de confection de couverture.
- une mine pour l'extraction de la baryte.
- une briqueterie.
- une usine de matériaux de construction.
- diverses stations de graviers.
- Sarl amine chine-cour de justice chantier.
- Station d'épuration.

### I.2.3 Population :

En 2018, la population de la wilaya de Tissemsilt était de 320276 habitants contre 227 542 en 1987.

Evolution démographique				
Année	1987	1998	2008	2018
Population	227 542	261 298	294 476	320276

Tableau 1: évolution démographique de la population de wilaya Tissemsilt.

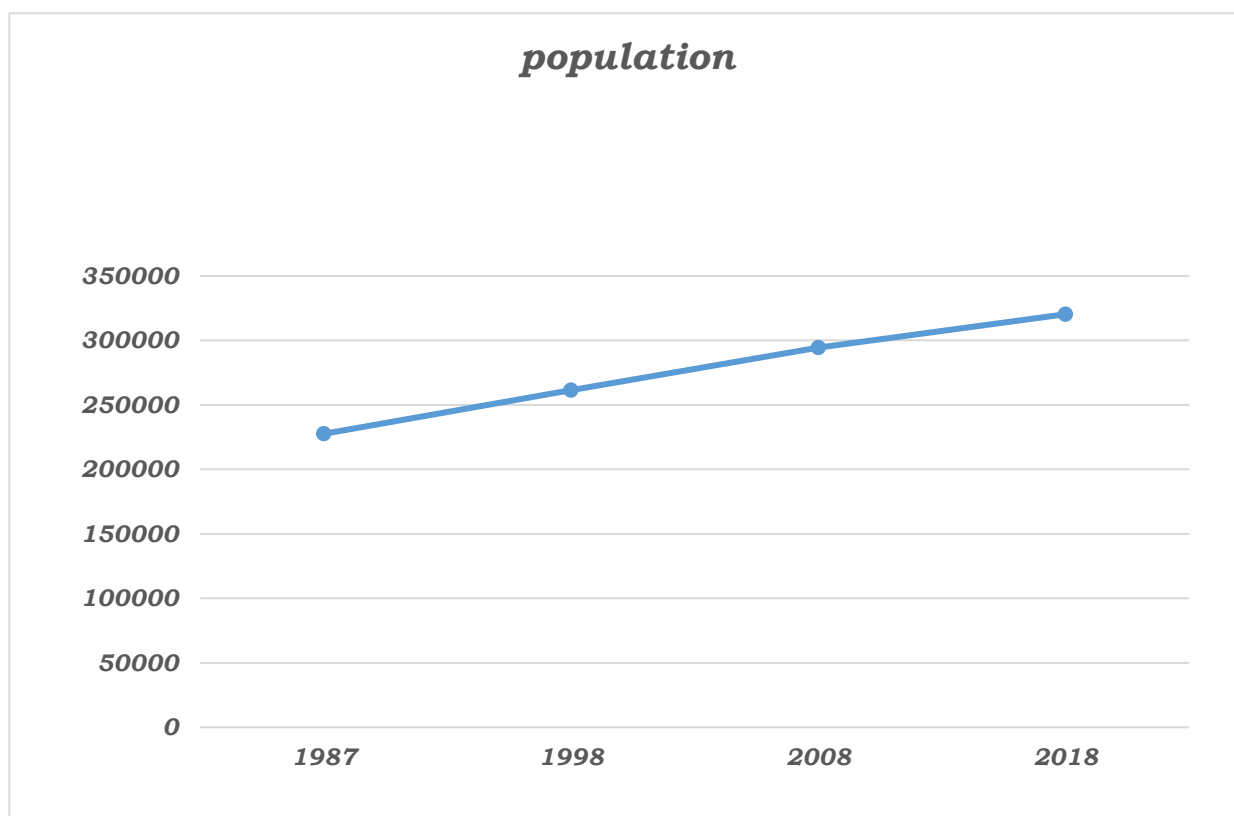


Figure 3 : évolution de population du 1987 à 2018.

### I.3 Couvert végétale :

L'altitude plus que le sol impose son empreinte en ce domaine. Le manteau forestier demeure sans doute l'élément le plus remarquable du massif de l'Ouarsenis.

Nous rencontrons le chêne-vert sur les terres assez argileuses et le pin d'Alep sur les roches calcaires. Dans les parties basses, où la forêt a été à peu près détruite, c'est le maquis avec lentisques et oliviers. Quand le diss n'envahit pas le terrain, c'est le pin d'Alep qui domine. A partir de 900 mètres, c'est le domaine des chênes (chênes vert – chêne liège et chêne zèn). Au-dessus de 1300 m apparaît le cèdre (dejebel Meddad en particulier à Theniet elHad).

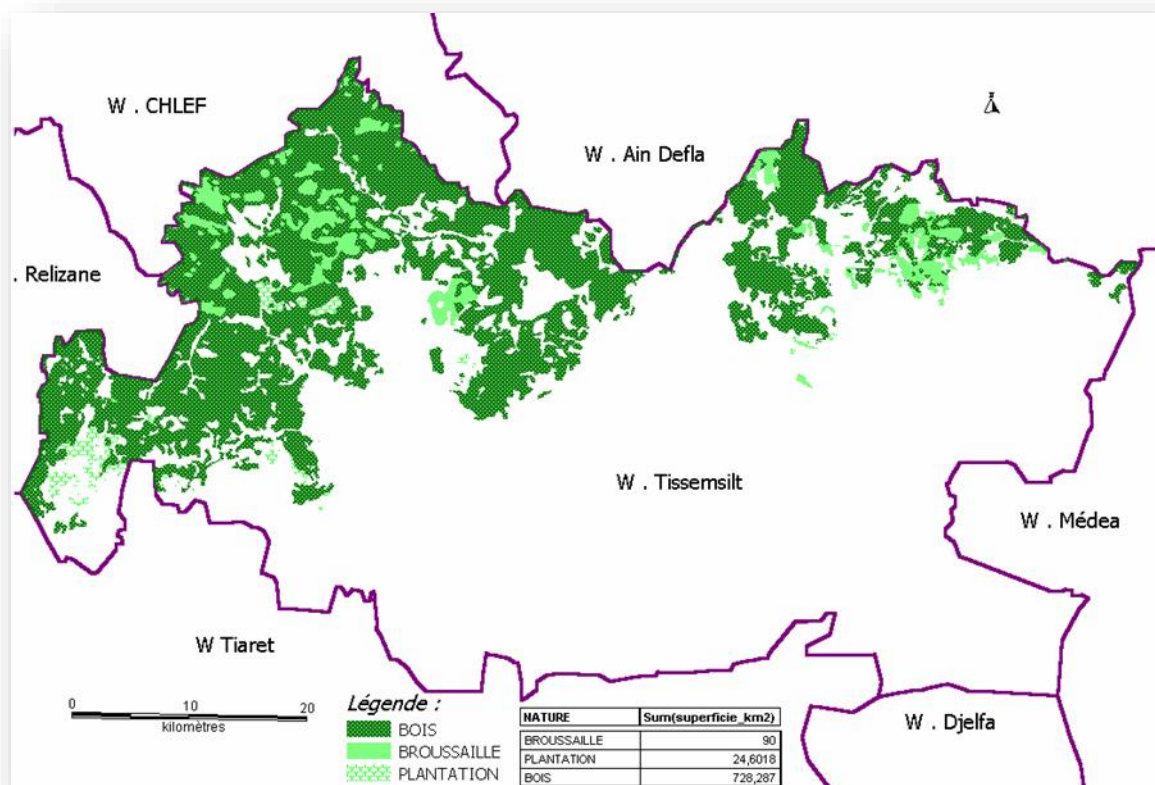


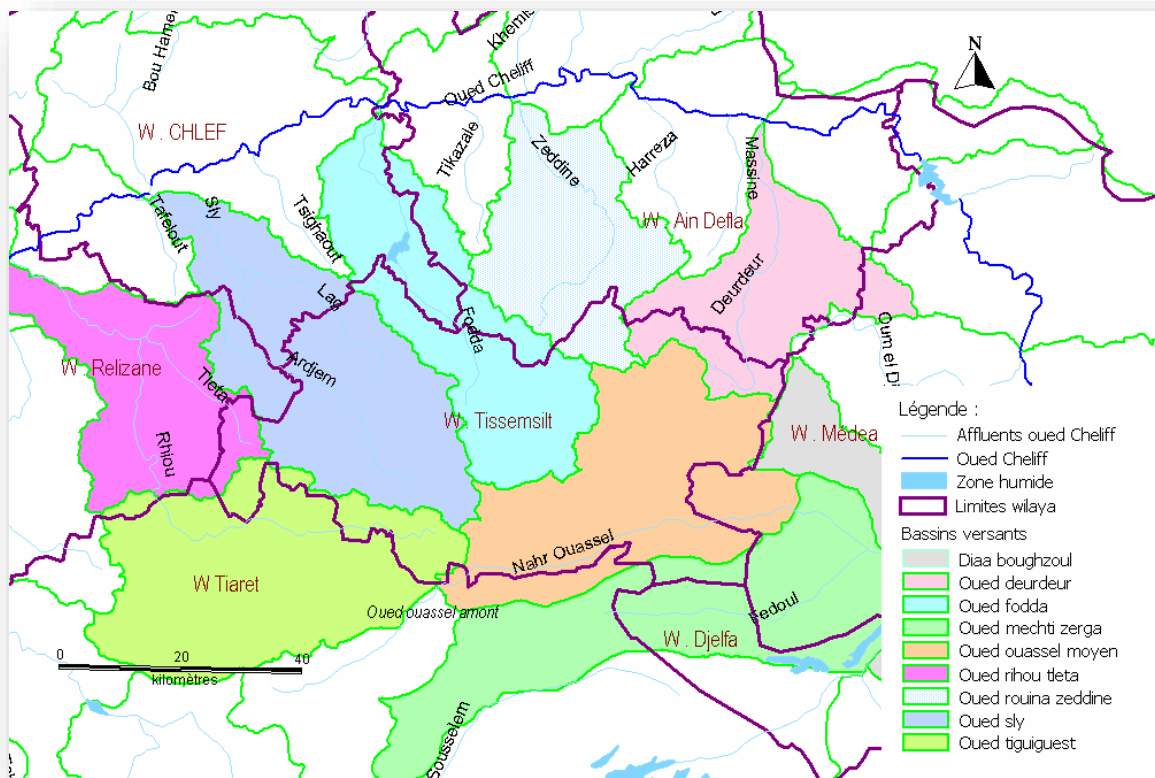
Figure 4 : Forêts de la wilaya de Tissemsilt (Source DRE).

### I.4 Réseau Hydrographique :

Conséquence d'un relief montagneux et très accidenté, un réseau hydrographique chevelu couvre la wilaya de Tissemsilt. On y dénombre 9 bassins versants principaux avec cette particularité, qu'aucun d'eux n'est inclus intégralement sur son territoire et chacun s'étend à une des wilayas environnantes.

Les 9 bassins versants sont drainés par les principaux affluents de l'oued Cheliff. Sept 07 bassins prennent leur cours à partir de la wilaya de Tissemsilt et les deux autres débouchent des wilayas sud limitrophes. Dans les neuf bassins versants, les principaux oueds et leurs affluents totalisent une longueur de 2252 Km dont 871 Km traversent la wilaya de Tissemsilt.

Donc, une faible part des eaux de ruissellement profite à la wilaya de Tissemsilt.



**Figure 5: Réseau hydrographique de la wilaya de Tissemsilt (Source DRE).**

Les différents bassins versants sont drainés par les principaux affluents de l'oued cheliff ; Fodda, Deurdeur, Zeddine, Ouassel, Rhiou et Sly Sur l'ensemble des neuf bassins versants, les principaux oueds et leurs affluents présentés ci-dessous, totalisent une longueur de 2252 Km, dont 871 km se situent sur le territoire de la Wilaya de Tissemsilt et rendent compte de la densité du réseau hydrographique.

- L'Oued lardjem est le plus long (384 Km). Il est composé des quatre affluents principaux suivants : Oued Kouassono, Tamelah, Lardjem et Bouarb L'oued Fodda s'intègre dans la zone d'étude comme ressource potentielle à travers son affluent Oued Labiod sur une longueur de 213 Km.
- L'oued Nahr Ouassel, avec une longueur de 135 Km, est composé de cinq affluents : Oued Issa, Nahr el Ouassel, Zerb el Ain, M'ghila et Farchat.
- L'oued Rhiou est concerné par son affluent Oued Bougharb de 20 Km de longueur.
- L'oued Tiguiguest est un affluent principal de l'oued Rhiou et s'éteint sur 90 Km.
- L'Oued Deurdeur avec une longueur de 18 Km, répartis entre deux principaux affluents
- L'Oued Kaleb et l'Oued el Guerga.
- L'Oued Zeddine est concerné par un de ses affluents : l'Oued Béni Fene qui s'étend sur 11 Km.

Pour les sous bassins de Zeddine Mechti Zerga et Diaa Boughzoul, ils présentent des réseaux hydrographiques de faible densité.

Autre particularité de la wilaya de Tissemsilt : elle ne profite que d'une partie des eaux qui ruissellent sur son territoire. Cette situation est due au relief qui conditionne l'écoulement des eaux superficielles et leur orientation en dehors de la zone d'étude, car seul le bassin de Nahr Oussel s'intègre presque totalement dans le territoire de la wilaya. La détermination des ressources en eau et leurs disponibilités potentielles est étroitement liée au comportement hydrologique du bassin versant, résultat de l'interaction des différents paramètres physico-géographiques déterminant le régime des cours d'eau et celui des nappes aquifères. Une évaluation des ressources en eau et de leur variabilité passe donc par la prise en compte de l'écoulement (superficiel et souterrain) dans ces aspects fondamentaux.

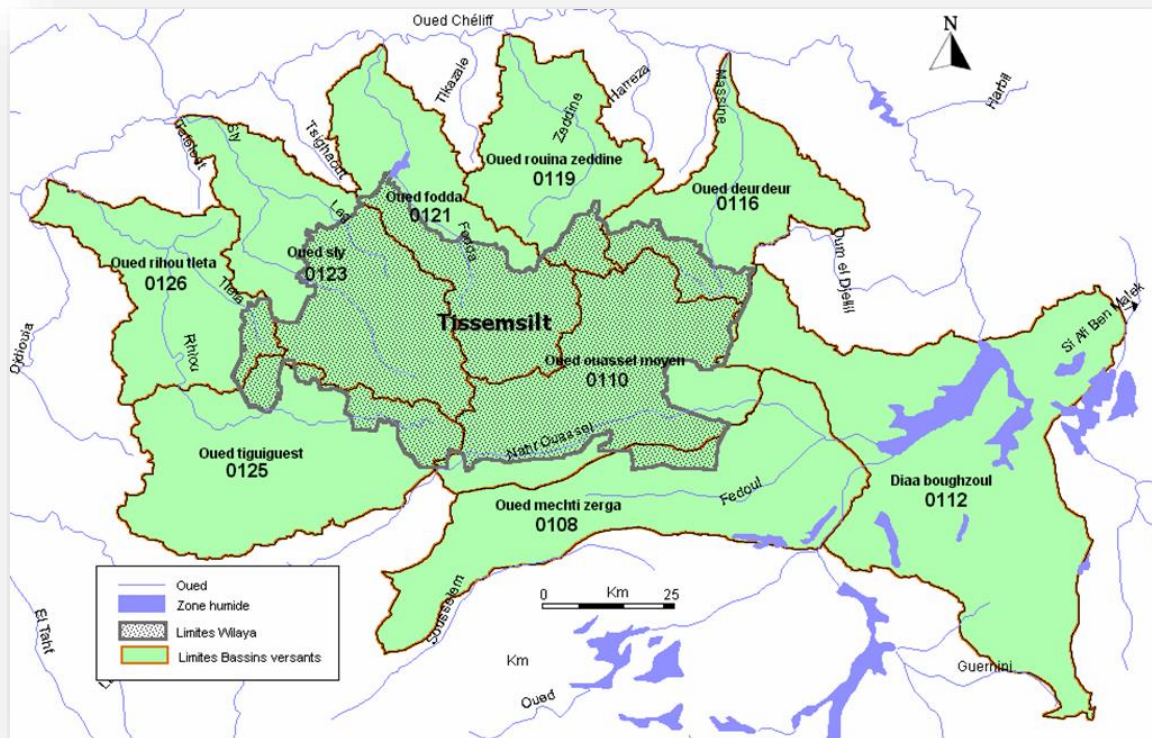


Figure 6: Bassins versants et réseau hydrographique (Source DRE).

## I.5 Géomorphologie et relief :

Nous rencontrons deux types opposés de régions :

- 1) **Au Nord** : Le massif de l'Ouarsenis qui couvre plus de la moitié de la wilaya et lui imprime ses caractères majeurs. Cet énorme pâtre montagneux qui est un maillon important de la chaîne de l'atlas tellien, s'impose par ses dimensions : 150 kilomètres d'ouest en est, entre la Mina et l'oued Deurdeur et une soixantaine du nord au sud, entre la vallée du Cheliff et le plateau du Sersou, avec un rétrécissement dans la partie orientale et que prolongent les monts de Matmata à l'est d'oued Deurdeur vers les monts du Titteri.

Architecture simple, on aperçoit dans la région médiane, une arête jalonnée d'émergences plus ou moins dentelées comme le Djebel Ghilas (1621 m), le Djebel El Meddad (1787 m) et surtout le Kef Sidi Amar dont l'imposante pyramide (1985) domine de 800 mètres les reliefs environnants. Les pentes sont abruptes.

- 2) **Au Sud** : Les reliefs descendent avec des formes monotones de croupes et de plateau hachés par les vallées profondes des oueds. A l'est, c'est la région des dépressions qui

fait partie du plateau du Sersou oriental et qui s'avance vers les hautes plaines de l'oued Ouassel qui annoncent les steppes. Au centre et à l'ouest, une zone de piémonts assez large (environ 25 à 35 kilomètres) va à l'encontre du plateau du Sersou.

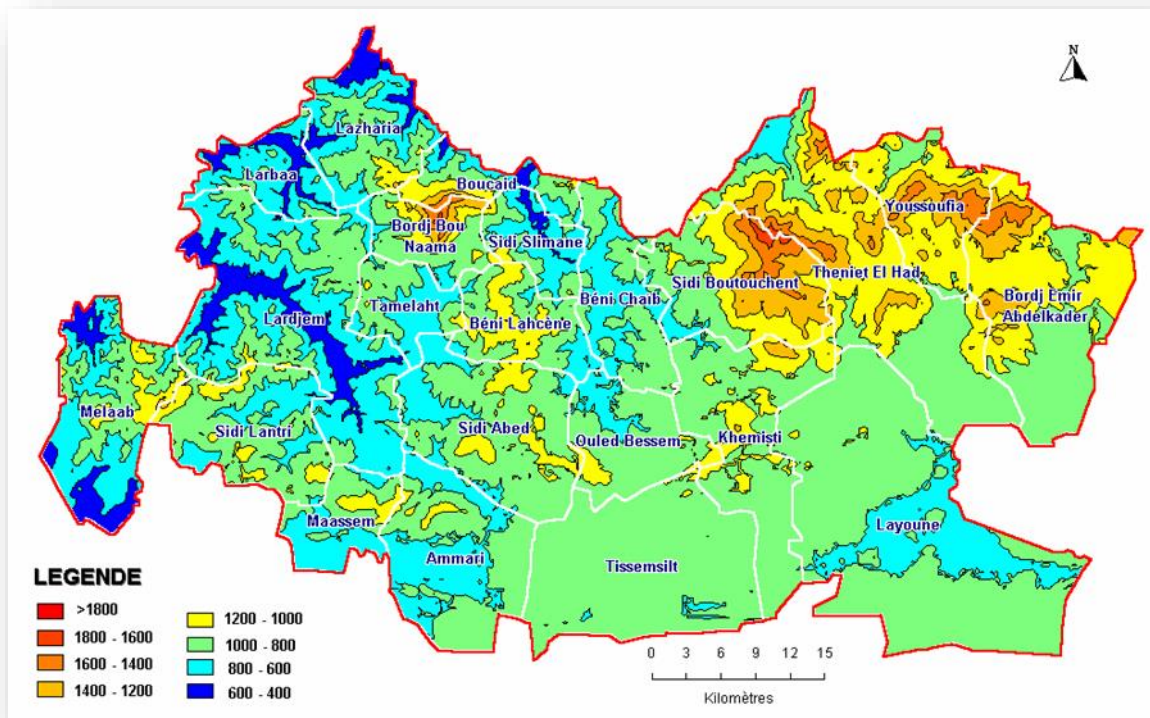


Figure 7: altimétrie de la wilaya de Tissemsilt (Source DRE).



## Conclusion

Située au sud-ouest d'Alger, de laquelle elle est distante de 170 kilomètres, la wilaya de Tissemsilt fait partie de la bordure sud du Tell. Avec une population de 320276 habitants Les terres agricoles (S.A.U) occupent près de 56% de la superficie total soit environ 179 243.90 ha. Dans la zone d'étude la superficie agricole utile (S.A.U) occupe 10.32% de la superficie total des terres agricoles de la wilaya soit environ 18 507 ha. Deux grands périmètres d'irrigation dans la wilaya : Le périmètre de BOUGARA avec 800 ha environ et le deuxième celui de M'GHILA d'une superficie de 931 ha. Le secteur de l'industrie a pour principale mission la structuration et l'encadrement des établissements industriels aussi bien de services que de production.

L'altitude plus que le sol impose son empreinte en ce domaine. Le manteau forestier demeure sans doute l'élément le plus remarquable du massif de l'Ouarsenis. Le territoire de la wilaya de Tissemsilt, ne constitue pas une seule unité hydrographique, mais il se trouve à la tête des 9 bassins versants dans la région de l'Ouarsenis. La nature géomorphologique de la wilaya de Tissemsilt offre trois ensembles distincts :

- Une zone montagneuse.
- Une zone des hautes plaines.
- Une zone steppique.

# Chapitre

# 02

## **II. Etude géologique :**

L'analyse de l'environnement géologique est fondamentale à l'étude hydrogéologique. Cette analyse permet d'identifier les matériaux et les structures des formations susceptibles de conduire et d'emmagasiner l'eau des précipitations en profondeur, tout en permettant la détermination du type d'aquifère.

## II.1 Cadre géologique régional (Contexte générale) :

La région étudiée se situe dans la partie méridionale de la zone externe du domaine Tallien. Au nord, elle est séparée des nappes des massifs de Dahra et ceux de Bou Maad par la dépression de l'Oued Cheliff qui appartient à un linéament est-ouest dans laquelle émergent des massifs montagneux jurassique autochtone de Temoulga (Attafs), de Rouina, de Doui et de Zaccar. Cette vaste dépression néogène subsidient (Polvéche, 1960) s'étend d'Ain Temouchent à Khemis Miliana (Algérie) sur plus de 500 km.

Au sud, cet ensemble est limité par le plateau du Sersou.

Le tell méridional correspond au massif de l'Ouarsenis, encadré à l'ouest par les Monts des Beni-Chougrane et de la Mina et à l'est par les Bibans.

Le massif représente une chaîne soulevée, par rapport à la zone du Chélif et les Hauts-plateaux, par d'importants mouvements épirogéniques (ajustements post-paroxysmaux). Ces mouvements verticaux ont atteint une forte amplitude provoquant ainsi une grande érosion. La structure géologique complexe de la chaîne de l'Ouarsenis est formée de trois grandes limites régionales :

Au nord, la zone interne du socle du Djebel Doui qui livre les formations du paléozoïque tel des roches cristallophylliennes, des schistes de Littré et des séries volcaniques. Au centre, la zone externe comprenant des unités diversifiées et fortement charriées dont l'âge de sédimentation va du Trias jusqu'à l'Oligocène : unités telliennes .

Au sud, la bordure sud tellienne représentée par un faciès de remplissage de zones dépressionnaires et subsidences : Il s'agit du Miocène inférieur, du pliocène et du quaternaire (Benhamou, 1996).

Le massif du grand pic "Kef Sidi Amar" culmine à une altitude de 1983 m. Son imposante et gigantesque morphologie lui donne un aspect de "Pivot". Sa position géographique permet de définir une limite entre un Ouarsenis oriental et un Ouarsenis occidental.

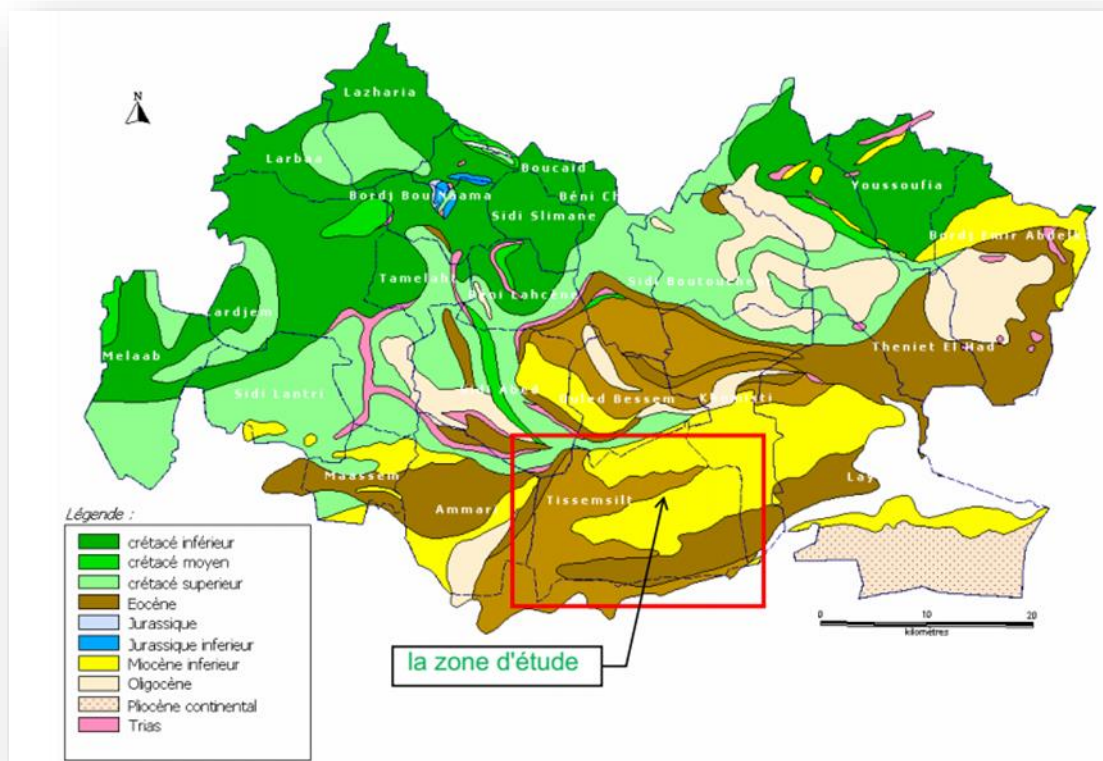


Figure 8: la géologie de la wilaya de Tissemsilt (Source DRE).

## II.2 Stratigraphie :

Sur le plan géologique, le secteur étudié présente une structure plus ou moins complexe. Les terrains en affleurement identifiés se rattachent aux âges qui s'étalent du Trias jusqu'au Quaternaire récent.

### 1.1. Les formations géologiques Quaternaires :

Les formations Quaternaire constituent de dépôts alluviaux récente et ancienne avec des basses terrasses (5m) et moyenne terrasse (20m) et haute terrasse de 20 à 50m d'épaisseur contient aussi des éboulis et des coulés argileux.

### 1.2. Le Pliocène supérieur :

Cette série forme de dépôts du cailloutis de Sersou qui se trouve dans le sud de la région de Theniet el Had.

### 1.3. Le Miocène :

#### a) Miocène supérieur :

essentiellement forment par des conglomérats et argiles rouge qui se trouve à Djebel Semana et à côté de la région de Guerbous .

#### b) Miocène inférieur : (Ante nappe) (autochtone)

Marneuse avec des bancs conglomérat et des intercalaires gréseuse et des calcaires.

### 1.4. Oligocène :

#### a) O-B Faciès Bougharien :

Cette série marneuses avec des intercalaires gréseuses.

- Les marnes de couleur gris, verdâtre, bleu, des intercalaires clairs
- Les intercalaires gréseuses ou plus rarement calcaire sont reconnaissables, les grés sont fins souvent friables et jaunâtres.
- Quelques fois on observe des mince passés grés – quartziteuse à patine brune qui donne à la série une allure de flysch.

#### b) O-N Faciès Numidien :

Grés quartzeux micacés jaunâtre et peu épais et faciès rare et très lenticulaires et aussi avec des intercalations des micros brèches calcaires (quelque décimètre)

- La formation gréseuse est l'importante massifs (10m) contient les éléments siliceux essentiellement de quartz blanc rarement rose
- Le ciment de grés constituent par des sables fins légèrement ferrugineux et une patine brunâtre en cassure les grés sont blanchâtres on teintes on jaunes et brune par oxyde de fer.

### 1.5.1' Eocène :

#### a. Eocène supérieur et moyen :

Essentiellement marneuse sillonnée et des argiles des variables épaisseurs avec des caractéristiques suivantes :

- Feuilletés
- Couleur brune foncé gris bleu métallique et noir chargé par des boules de calcaires jaunes et aussi ave des bancs des grés- quartzites.

**b. Eocène inférieur :**

Cette série est marno-calcaire on peut trouver des silex noir en lames minces localisées à la base des calcaires (le couleur est blanc à globigérines) et il y a aussi les faciès grés-glauconieux dans le NE du territoire.

**1.6.Crétacé :**

- Cette série complexe Aptien à Sénonien contient de flysch des régions littorales qui se trouve dans la région d'Ammonia.
- Danien à Turonien complexe marneuse avec des bancs de calcaire.

**1.7.Cénomaniens et Albien supérieur :**

Cette série essentiellement marneuse et marno-calcaire ; la ville de Theniet El Had localisée dans ce massif.

**1.8.Albien moyen et inférieur :**

Cette série forme par les schistes et les argiles avec des grés quartzites et des principaux bancs de grés.

**1.9.Barémo- Aptien :**

Cette série contient des schistes, argiles, grés et, calcaire avec des traces de :

- Calcaires et dolomie.
- Grés et grés quartzites.
- Marnes.

**1.10. Jurassique :**

Cette série est sub- horizontale et dans un état très complètement renversée et emballée dans le complexe triasique.

**1.11. Trias :**

Constituée de :

- Dolomie et cargneules.
- Gypse.
- Débris de socle.
- Jurassique.
- Débris du permo- trias.

**1.12. les terrains éruptifs et métamorphiques :**

Granite, diorite, gabbros.

Gneiss, mica schistes, amphibolites. Ces terrains d'âge primaire en coupeaux tectonique dans le complexe triasique.

## **II.3 Géologie et lithologie de la zone d'étude :**

### **II.3.1 La géologie de la zone d'étude :**

La zone d'étude est située à l'Est de la chaîne de l'Ouarsenis qui, elle-même fait partie du sillon tellien méridional. Du point de vue structural, la zone d'étude est constituée par des unités de nappes de charriage à lithologie très chaotique ; ces unités montrent une stratigraphie très hétérogène, affectées par de multiples accidents dans certaines régions.

Cette stratigraphie est caractérisée par des séries tantôt à succession normale, tantôt à séries renversées. Les observations tectoniques nous amènent à distinguer de bas en haut :

- Le complexe A.
- La nappe B.
- La nappe C.



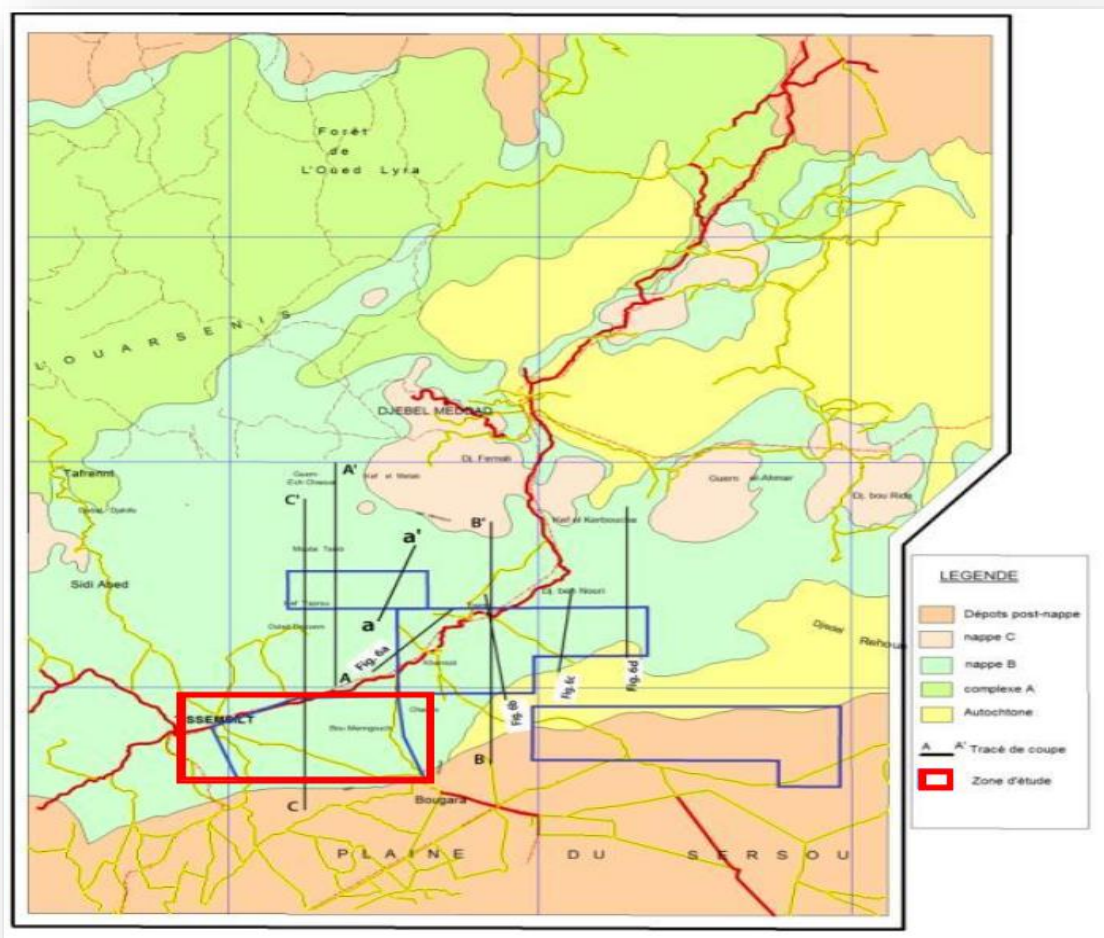


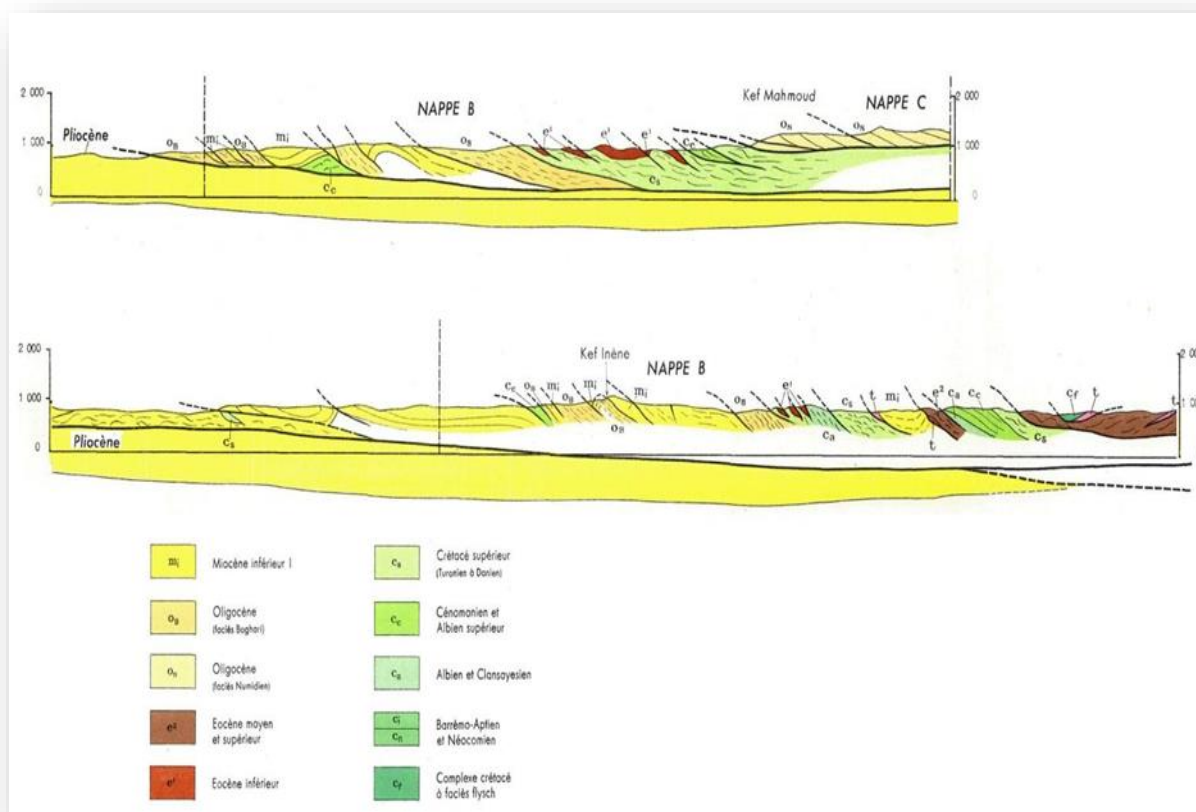
Figure 9: la structurale de la zone d'étude (source DRE Tissemsilt).

### II.3.2 Etude Litho-stratigraphique :

Nous présenterons particulièrement une description stratigraphique des formations des nappes allochtones de types B.

Elle englobe des terrains, essentiellement marneux, appartenant essentiellement au Crétacé supérieur (Sénonien) et au Tertiaire (Eocène, Oligocène, Miocène) ; ils reposent soit sur le complexe A, soit directement sur le substratum autochtone formé par le Miocène inférieur.

Coupe A-A'



Coupe C-C'

DRE Tissemsilt.

Figure 10 : Coupes géologiques à travers la nappe B dans la zone d'étude.

➤ **Le Trias :**

Au niveau de la zone, le Trias affleure au Nord à Kef el Djira, où il est constitué essentiellement par un ensemble chaotique formé de calcaires dolomitiques jaunâtres et violacés, gypse, cargneules, galets anguleux, grés et intercalations schisteuses.

**A. Autochtone :**

- **Le Miocène inférieur autochtone :**

Les formations du Miocène inférieur autochtone n'affleurent qu'au Sud au niveau de la partie septentrionale du plateau du Sersou où elles sont constituées de la base au sommet par :

- Des conglomérats de base à ciment grésocalcaire, lenticulaires formés de galets de grés-quartzites. L'épaisseur de cet horizon varie de quelques mètres à une centaine de mètres.

- Une épaisse série de marnes grises ou verdâtres riche en microfaune contenant de rares et petites intercalations de grés-calcaires jaunâtres et des nodules de calcaires brunâtres.
- Une série marno-gréseuse d'une épaisseur de plus de 100m correspondant à la partie sommitale du Miocène inférieur et formant l'essentiel des reliefs localisés sur les rives de l'oued Nahr Ouassel.

## **B. Allochtone:**

### **- La Nappe B :**

La nappe B est représentée par des formations du Crétacé et du Tertiaires qui chevauchent les terrains autochtones du Miocène inférieur. L'allochtone précité est formé de bas en haut par la succession litho stratigraphique suivante :

#### **a- Albien :**

Cet étage est formé par des marnes olive de teinte sombre avec de rares intercalations grés-quartzitiques peu épaisses et lenticulaires surmontées par des marno-calcaires en plaquettes.

#### **b- Cénomaniens :**

Le Cénomaniens est constitué par des marno-calcaires à platine blanche et lits siliceux avec des alternances de marnes feuilletées.

#### **c- Turonien :**

Le Turonien affleure dans la zone III au niveau de Guenane Othmane, il est représenté par des marnes brunes souvent glauconieuses, parfois gypseuses avec des intercalations de marno-calcaires et de niveaux gréseux feuilletés et peu épais.

#### **d- Eocène :**

Cet horizon est formé par des marnes gris-verdâtres chargées de quelques bancs peu épais de marno-calcaires recouverts par un ensemble calcaire et de marno-calcaire dont la base est soulignée par un niveau de silex lenticulaire.

#### **e- Oligocène :**

L'Oligocène est constitué de la base au sommet par :

- Un faciès gréseux représenté par une série marneuse dans laquelle s'intercalent des bancs de grés calcaires dont la puissance est assez variable.

- Un faciès marno-gréseux prédominant constitué par des marnes de teinte variable admettant de petites intercalations de grés.
- Un faciès marneux franc constituant le toit de la série oligocène, il est formé essentiellement par des marnes sans aucune intercalation de niveaux détritiques.

**f- Miocène inférieur :**

Cette série d'une épaisseur de plusieurs centaines de mètres est formée par des marnes grises ou verdâtres pouvant parfois passer latéralement à des grés, et admettant des intercalations de grés à galets aplatis de marnes et de grés quartzeux à ciment calcaire.

**C. Plio-Quaternaire :**

**a – Pliocène :**

Le Pliocène est représenté par des affleurements très localisés représentés par quelques mètres de cailloutis à passées sableuses et limoneuses.

**b – Quaternaire :**

Le Quaternaire affleure essentiellement au niveau des lits des oueds principaux où il est formé par des cailloutis constituant les différentes terrasses et par des alluvions récentes très limoneuses.

**II.4 Tectonique :**

Le Djebel Ouarsenis occupe dans le massif de l'Ouarsenis une position centrale d'autant plus spectaculaire qu'il dépasse les autres unités en altitude et les écrase de toute sa masse en dôme concentrée dans un contour triangulaire. Sa base située au nord et dirigée W.N.W-E.S.E, comble dans le paysage, la grande brèche béante entre Sara Abd El Kader et Rokba El Atba. Le sommet pointe au sud, si bien que le coté sud-est du triangle se trouve être parallèle et à faible distance horizontale du grand éperon liasique des Djebels Belkhair et Batha.

La partie culminante comporte une puissante série dolomitique et calcaire appartenant au Lias inférieur et moyen .L'épaisseur totale dépasse 300 mètre. Les couches, généralement peu inclinées dessinent une cuvette.

Le Djebel Ouarsenis correspond à un empilement de couches jurassiques et crétasique, d'une épaisseur maximum de l'ordre de 800 mètres, complètement retournées sur leur substratum.

En réalité, les phénomènes structuraux sont plus compliqués, tant en ce qui concerne le Djebel Ouarsenis proprement dit que ses massifs satellites qui s'étendent à ses pieds, sur les faces orientale et méridionale.

Quand on regarde le versant nord du Djebel Ouarsenis, à partir d'Ain Mora, on a nettement l'impression qu'il est coupé par deux accidents importants, inclinant vers l'ouest, et que de part et d'autre de ces entailles, les segments de la montagne revêtent des aspects et des allures différentes (Calembert, 1952).

1-l'accident le plus occidental se présente comme une faille dirigée approximativement N.N.E- S.S.W inclinée de 50° à 60° vers l'W. Il est directement perceptible que dans l'aissise du calcaire à silex du bajocien ou il se traduit par un broyage des roches .La faille est sans importance réelle mais l'érosion a creusé a creusé profondément la zone faible crée par elle si bien qu'on peut suivre la trace de l'accident sur la Figure topographique, à travers tout le coin nord-ouest du pic.

2-l'accident le plus oriental affleure dans un ravin qui entame sur toute leur hauteur, les assises du Dogger et du Lias et monte jusqu'au faite de la montagne.

3-Sur la rive orientale, le sommet du Lias contient un ou deux niveaux conglomératique, inter stratifiés. Le ciment en est généralement calcaire et rouge .Il s'agit de deux lignes de dislocation qui n'ont pas le caractère des failles normales puisqu'elles ne provoquent aucun rejet appréciable.

L'accident le plus oriental sépare un secteur ouest, d'allure tranquille et à sédimentation puissante, d'un secteur Est dans lequel les formations plus récentes que le Lias massif sont plissées. Les sédiments changent de faciès et sont moins épais.

## **Conclusion**

L'étude géologique permet de reconnaître une structure complexe mise en place lors de l'orogénèse alpine. Par la même occasion, elle permet de distinguer selon la nature lithologique, les caractéristiques hydrogéologiques des formations occupant le secteur étudié.

La zone d'étude est située à l'Est de la chaîne de l'Ouarsenis qui, elle-même fait partie du sillon tellien méridional.

La série stratigraphique de la région étudiée est extrêmement variée. Elle englobe de terrains appartenant au Trias, au jurassique, au crétacé, à l'Eocène, à l'Oligocène, au Miocène et au Plio-Quaternaire.

**Chapitre**

**03**

### III. Hydro climatologie

#### III.1 Les facteurs climatiques :

La connaissance des facteurs climatiques (pluviométrie, température...) est indispensable pour quantifier les ressources en eau et déterminer la part de l'eau qui s'infiltré. L'objectif de notre étude est l'analyse de ces facteurs et la détermination des différents termes du bilan d'eau.

#### III.1.1 Analyse des précipitations :

La pluie est le facteur le plus important pour aborder l'étude du bilan moyen de l'écoulement, elle joue un rôle primordial dans l'alimentation des nappes souterraines et aussi dans le com Pour identifier le climat de la zone d'étude, nous somme réfères aux données climatiques fournies par la station météorologiques de Tissemsilt, gérer par les services de l'ANRH, elle porte le code (01.10.06) Tableau 1 .

Dans cette station, on a des observations faites sur une période de 31 ans (1976-2006).portement hydrologique des cours d'eau.

Cordonnées Stations	Code	Cordonnées lambert (km)		Altitude (m)	Période d'observation
		x	y		
Tissemsilt	011006	419.9	256.8	858	1976-2008

*Tableau 2 : Coordonnées géographiques de station météorologique.*

#### III.1.1.1 Variations des précipitations dans le temps :

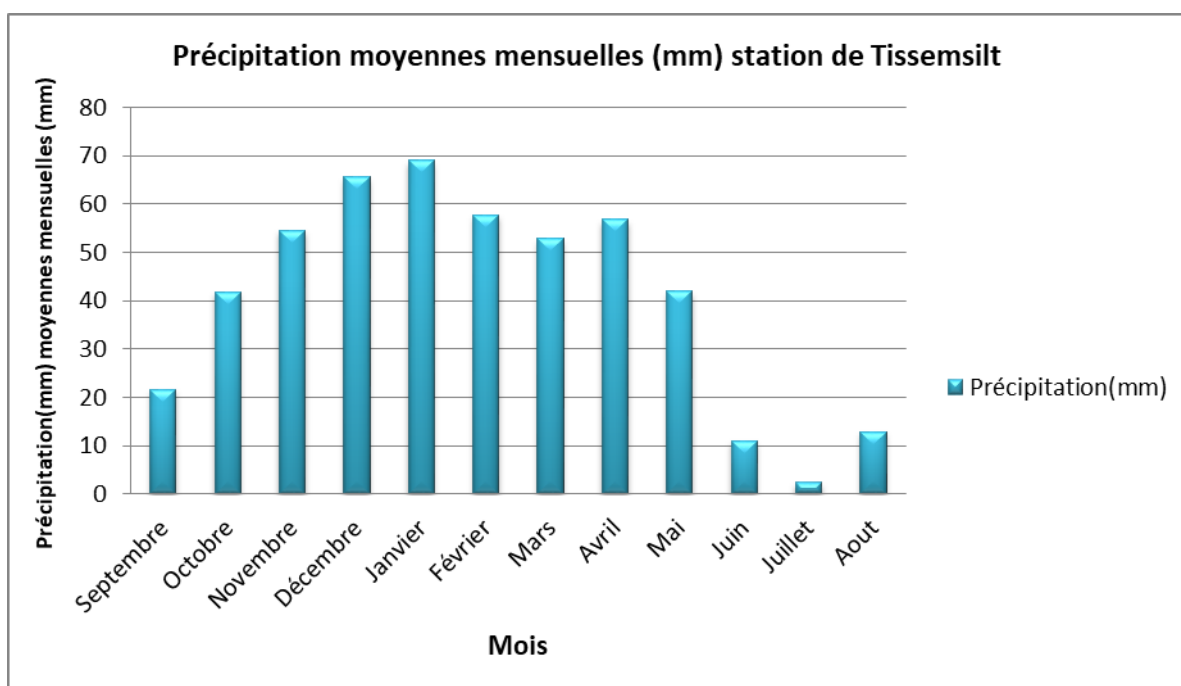
##### III.1.1.1.1 Variations moyennes mensuelles des précipitations :

Sur une période d'observation qui s'étale sur 31 ans (1976-2006), les précipitations moyennes mensuelles de la région d'étude dans la station de Tissemsilt représentées sur le tableau N°03.



Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
PMM (mm) Station Tissemsilt	21.67	41.79	54.62	65.61	69.08	57.81	52.80	56.76	41.95	11.05	2.37	12.97

*Tableau 3 : Variations moyennes mensuelles des précipitations en (mm) (station de Tissemsilt). (1976-1987/2006-2007).*



*Figure 11 : Variations moyennes mensuelles des précipitations à station de Tissemsilt (1976-1977/2006-2007).*

D’après la figure ci-dessus nous constatons que :

Sur une période de 31 ans, le mois de janvier est le mois le plus arrosé avec 69.08 mm de précipitation, et le mois de juillet comme le mois le plus sec avec 2.37 mm.

La moyenne mensuelle est de l’ordre de 40,70 mm.

### III.1.1.1.2 Variations moyennes saisonnières des précipitations :

Les quatre saisons de l’année sont :

- L’automne (septembre, octobre et novembre)
- L’hiver (décembre, janvier et février).

- Le printemps (mars, avril et mai).
- L'été (juin, juillet et août).

La répartition des précipitations selon les saisons se fait comme dans le tableau suivant :

*Figure 12 : Répartition saisonnière des précipitations en (mm) de la station de Tissemsilt (1976-1977/2006-2007).*

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Somme
	Sep – Oct. -Nov	Déc. – Jan - fév	Mar – Avr – Mai	Jui–Juill– Aout	
<b>P moyennes Saisonnières (mm)</b>	<b>118.08mm</b>	<b>192.5 mm</b>	<b>151.51 mm</b>	<b>26.39 mm</b>	<b>488.48</b>
<b>% de p moyennes Saisonnières</b>	<b>24%</b>	<b>40%</b>	<b>31%</b>	<b>5%</b>	<b>100%</b>

Une période plus pluvieuse allant du mois Septembre au mois de Mai, c'est - à dire pendant les trois saisons (Automne, Hiver et Printemps) avec une précipitation moyenne de l'ordre de 462.09 mm et avec une moyenne maximale de 192.5 mm (en hiver).

Une période moins pluvieuse qui correspond aux mois de juin, juillet et aout avec une précipitation moyenne de l'ordre de 26.39 mm(en été).

Il en découle que près de  $\frac{3}{4}$  des précipitations tombent en une période plus pluvieuse avec un maximum de pluviométrie de 39.41% en hiver et un minimum en Automne soit 5.41%.

La moyenne de précipitation annuelle de 31ans (1976-2006) c'est la somme des précipitations saisonnière soit 488.48mm.

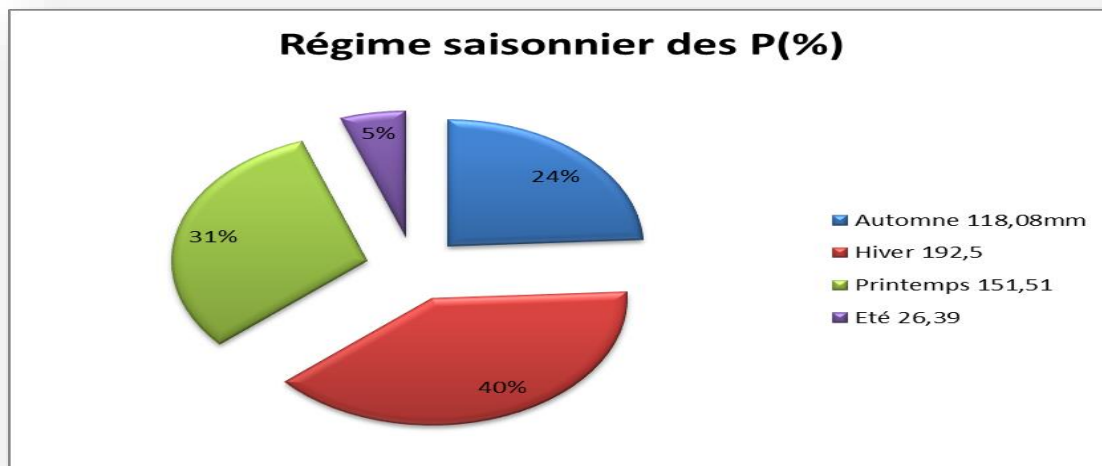


Figure 13 : Distribution des précipitations moyennes saisonnières en (mm) et (%) de la station de Tissemsilt (1976-1977/2006-2007).

**III.1.1.1.3 Variations moyennes annuelles des précipitations :**

Dans la période 1976-2006 (31 ans), l’analyse des précipitations interannuelles montre que l’année 1997/1998 est l’année la plus arrosée avec 726.9 mm/an alors que l’année 1983/1984 est la plus sèche avec 220.4 mm/an. La moyenne des précipitations interannuelle est de 488.48 mm.

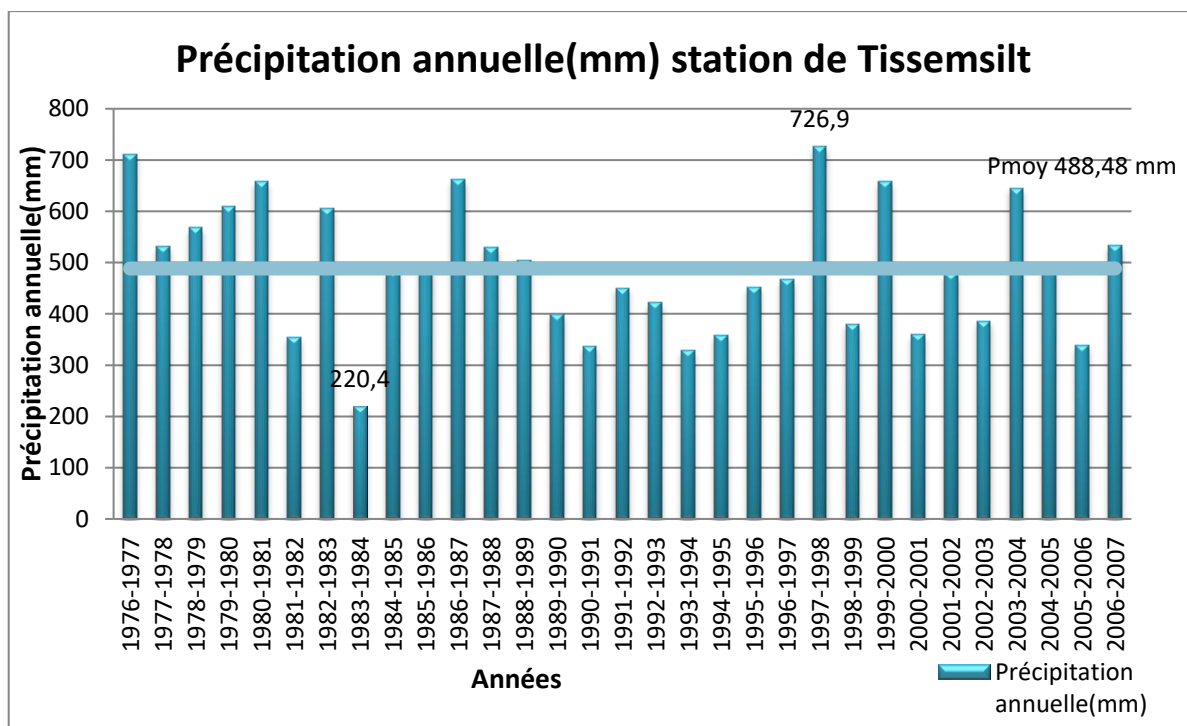


Figure 14 : Variations moyennes annuelles des précipitations à station de Tissemsilt (1976-1977/2006-2007).

### III.1.1.2 Coefficient pluviométriques (CP) :

Correspond à la variabilité annuelle des précipitations. Il permet de différencier l'année excédentaire de celle qui est déficitaire. Pour une station donnée, il est défini par le rapport de la pluviométrie P d'une année sur la pluviométrie moyenne P/, d'une série de la station considérée.

$$CP = P/P'$$

Avec :

- CP : coefficient pluviométrique.
- P : hauteur des pluies annuelles (mm).
- P/ : précipitation moyenne annuelle (mm).

Le tableau suivant montre les variations des précipitations au cours des années d'observation notons que :

- $CP > 1$  année excédentaire.
- $CP < 1$  année déficitaire.

Années	Précipitation annuelle(mm)	CP	
1976-1977	711,2	1,45	AE
1977-1978	531	1,08	AE
1978-1979	568	1,16	AE
1979-1980	609,7	1,24	AE
1980-1981	659	1,34	AE
1981-1982	354,5	0,72	AD
1982-1983	605,7	1,23	AE
1983-1984	220,4	0,45	AD
1984-1985	485,1	0,99	AD
1985-1986	489,4	1,1	AE
1986-1987	661,7	1,35	AE
1987-1988	530,7	1,08	AE
1988-1989	504,4	1,03	AE

1989-1990	399,6	0,81	AD
1990-1991	337,3	0,69	AD
1991-1992	450,1	0,92	AD
1992-1993	422,9	0,86	AD
1993-1994	329,2	0,67	AD
1994-1995	358,8	0,73	AD
1995-1996	452,5	0,92	AD
1996-1997	466,8	0,95	AD
1997-1998	726,9	1,48	AE
1998-1999	380,8	0,77	AD
1999-2000	658,7	1,34	AE
2000-2001	360,4	0,73	AD
2001-2002	478,3	0,97	AD
2002-2003	386	0,79	AD
2003-2004	645,4	1,32	AE
2004-2005	488,5	1,01	AE
2005-2006	338,4	0,69	AD
2006-2007	532,9	1,09	AE
		MOY P(mm)	488.48

Tableau 4 : Précipitations moyennes annuelles en (mm) et coefficients pluviométriques (CP) de Tissemsilt (1976/1977-2006/2007).

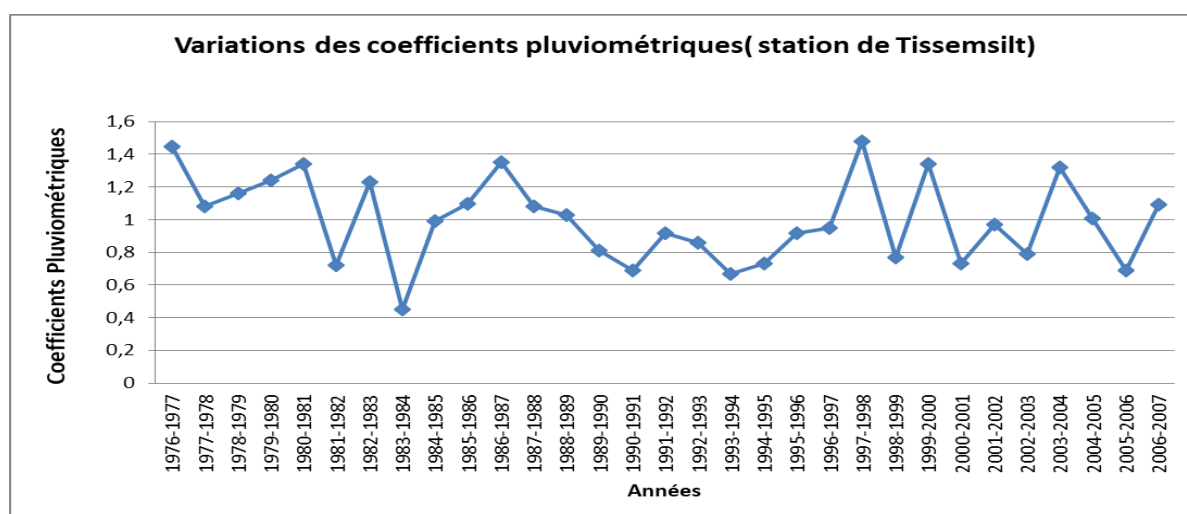


Figure 15 : Variations des coefficients pluviométriques pour la station de Tissemsilt (1976-1977/2006-2007) .

L'on constate aussi que quatorze années (15ans) furent excédentaires alors que les dix-huit autres années (16 ans) était déficitaires :

### III.1.2 Analyse des températures :

La température joue un rôle déterminant dans l'étude de l'évaporation et de l'évapotranspiration (les pertes d'eau). Elle permet d'étudier l'évapotranspiration et le déficit d'écoulement annuel et saisonnier intervient dans le développement du rythme biologique des végétaux. Aussi elle facilite l'établissement du bilan hydrique.

#### III.1.2.1 Variations moyennes mensuelles des températures :

Sur une période d'observation qui s'étale sur 31 ans (1976-2006), les températures moyennes mensuelles de la région d'étude dans la station de Tissemsilt représentées sur le **Tableau 5**. les données existantes sont celles de P.SELZER et celles qui ont été utilisées dans l'étude

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	MOY
T (°C)													
Moy	21.7	16.7	11.9	9.2	8.3	9	10.8	13	15.9	22	26.3	25.1	15.8

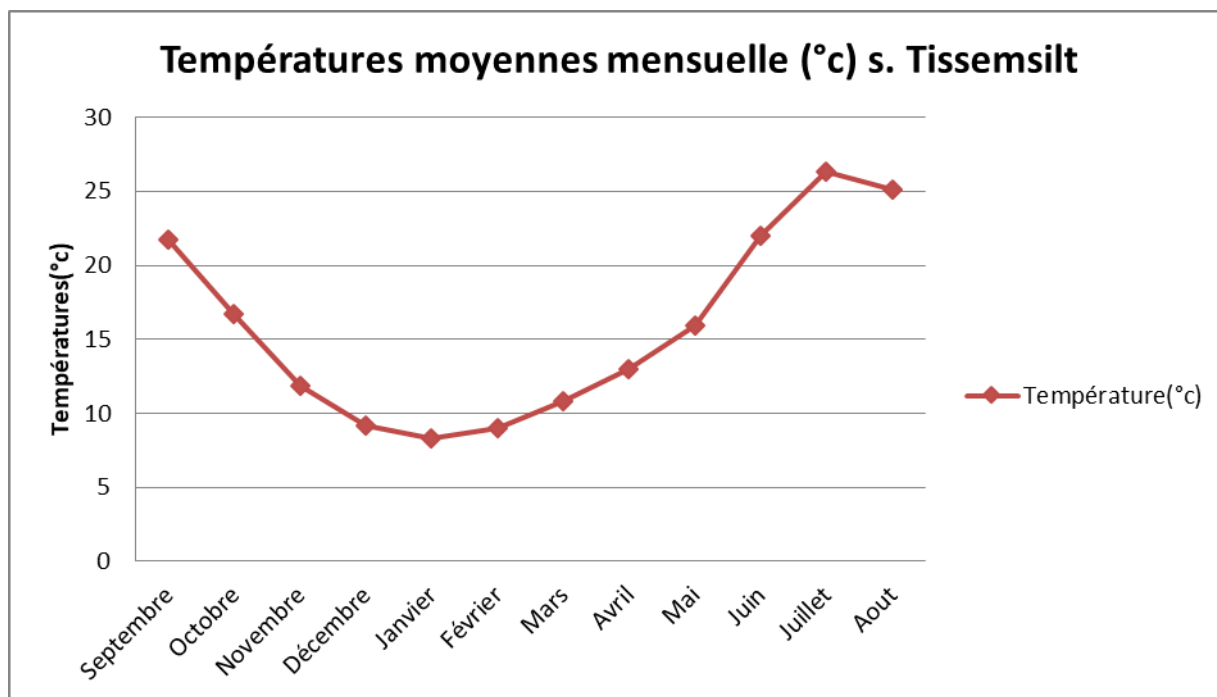
BENDER.

*Tableau 5 : Variations moyennes mensuelles des températures en (°C) à la station de Tissemsilt (1976/1977-2006/2007)*

D'après le tableau ci-dessus :

La plus faible valeur ont été mesurée au mois de Janvier avec de température de 8.3 °C (le mois le plus froid) Par contre la plus forte valeur ont été mesurée au mois de Juillet avec de température de 26.3°C (le mois le plus chaud). La température moyenne annuelle est de l'ordre de 15.8°C.

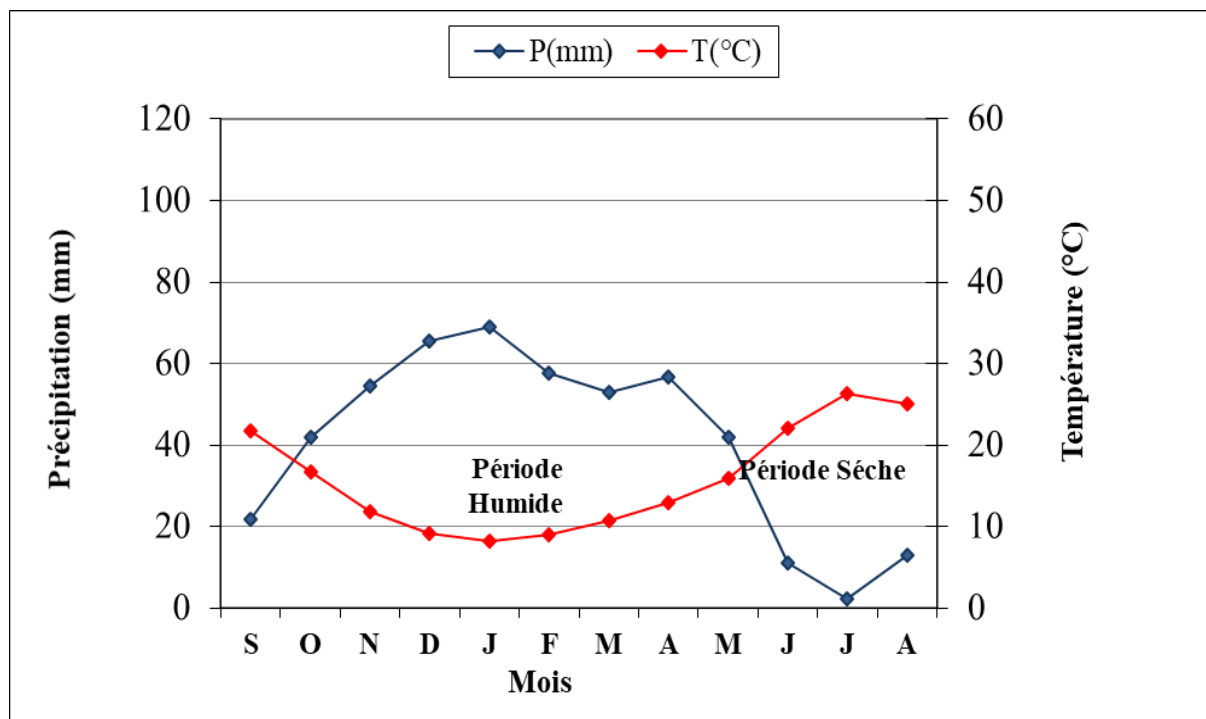
La figure ci-dessous montre les variations des températures d'un mois à l'autre.



*Figure 16 : Variations moyennes mensuelles des températures en (°C) à la station de Tissemsilt 1976/1977-2006/2007*

### III.1.3 Diagramme Ombro-thermique

On l'appelle aussi la courbe pluviométrique. Elle est représentée graphiquement par la combinaison de deux facteurs, la température (°C) et la précipitation (mm) ; Les températures sont reportées à l'échelle double des précipitations selon la définition de GAUSSEN 1958. Notons que une période sèche est une période pendant laquelle les précipitations totales du mois sont inférieures ou égales au double de la température ( $P \leq 2T$ ).



*Figure 17 : Diagramme Ombro-thermique de la station de Tissemsilt (1976-1977/2006-2007)*

À partir de la figure 7 on a marquée deux périodes l'une sèche commence du fin du mois de Mai et s'étant jusqu'au début du mois d'Octobre, et l'autre humide commence du début du mois d'Octobre jusqu'au fin du mois de Mai.

### III.1.4 Caractéristiques climatiques d'aridité :

Emmanuelle DE. MARTONNE (1925) a proposé une formule climatologique appelé l'indice d'aridité, en fonction des températures et des précipitations qui permet de calculer le degré d'aridité annuelle d'une station quel conque. Sa formule s'écrit de la manière suivant :

$$A = P/(T+10)$$

Avec :

- A : indice d'aridité annuelle.
- P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).
- T : Température moyenne annuelle en (°C).

Il est d'autant plus grand que le climat est humide. Le tableau suivant montre la classification des étages bioclimatiques en fonction de la valeur d'indice d'aridité.



Valeur de l'indice	Type de bioclimat	Valeur de l'indice	Type de bioclimat
0-5	Hyper-aride	20-30	Sub-humide
5-10	Aride	30-55	Humide
10-20	Semi-aride	>55	Hyper-humide

Figure 18 : Valeurs de l'indice d'aridité de De Martonne et bioclimat correspondant (De Martonne in Meddour, 2010)

**P=488.48 ; T = 15.8 et I=18,93**

La région d'étude se trouve dans une zone semi-aride à écoulement temporaire.

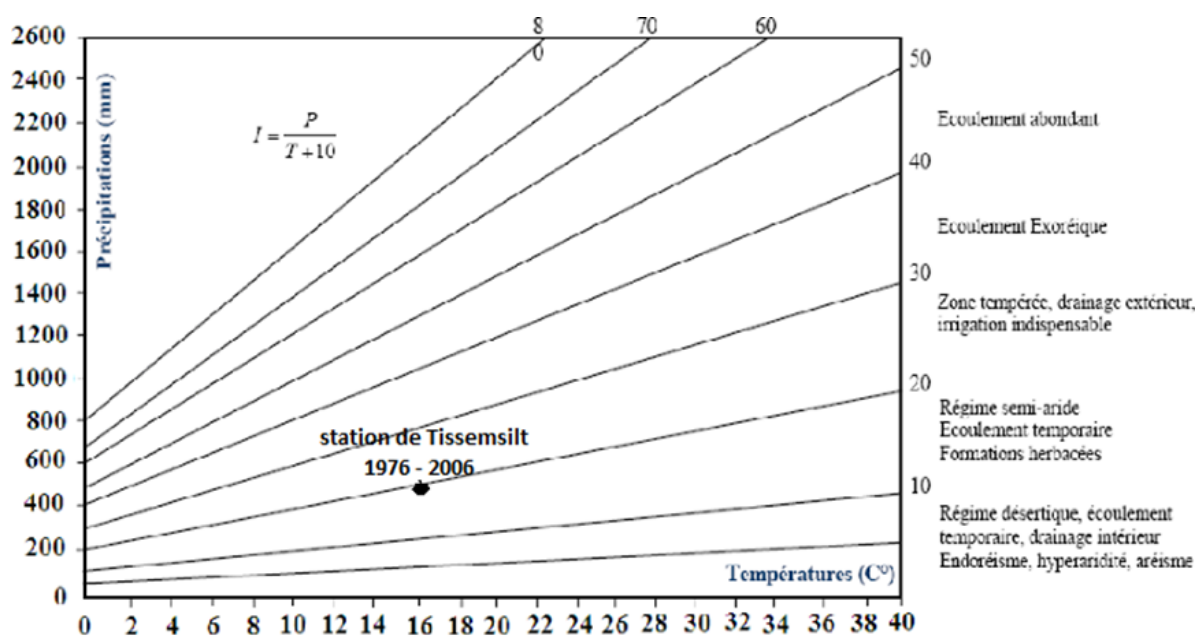


Figure 19 : Abaque de l'indice d'aridité annuel de Martonne (Station de Tissemsilt, (1976-2006)

### III.1.5 L'humidité relative de l'air :

Il s'agit de l'humidité de l'air, mesurée par hygromètre placé dans un abri. Le **Tableau 6** donne les moyennes mensuelles de l'humidité relative.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	moy
<b>Hum moy %</b>	<b>44</b>	<b>53</b>	<b>62</b>	<b>68</b>	<b>67</b>	<b>55</b>	<b>54</b>	<b>47</b>	<b>44</b>	<b>39</b>	<b>29</b>	<b>37</b>	<b>50</b>

*Tableau 6 : répartition mensuelle de l'humidité relative à la station de Tissemsilt.*

La moyenne annuelle de l'humidité relative est de 50%, elle atteint son minimum en mois de juillet à 29%. Tandis que son maximum est enregistré durant le mois de Décembre avec une moyenne à 68%.

### III.1.6 Le vent :

Les vents dominants chargés d'humidité soufflent dans la direction Ouest, Nord-Ouest dans la période allant du mois d'Octobre au mois de Mai, et Est, Sud-Est de Juin à Septembre. Ces vents généralement modérés, leur vitesse moyenne mensuelle variant entre 2,6 à 3,8m/s.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	année
Vent m/s	3.2	3.2	3.5	3.6	2.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.7	3.7	3.4	3.5

*Tableau 7 La vitesse moyenne mensuelle du vent en (m/s) à la station de Tissemsilt (1976-2006)*

### III.2 Le bilan hydrique :

C'est l'étude qui permet d'évaluer la répartition des précipitations entre les différentes composantes de bilan à savoir (l'évaporation, l'infiltration et l'écoulement ....). Le bilan hydrique est calculé par la méthode de THORNTHWITE .qui tient compte de la température, la précipitation, l'ETP, ETR et RFU...

Il est calculé par la formule suivant :

$$P=R+E+I$$

Avec

- P : précipitation moyenne annuelle en (mm).
- R : ruissellement de surface moyenne annuelle (mm).
- E : évapotranspiration moyenne annuelle (mm).
- I : infiltration moyenne annuelle (mm).

### III.2.1 Estimation des paramètres du bilan :

#### III.2.1.1 L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est l'ensemble des phénomènes d'évaporation (processus physique) et de transpiration (processus biologique).

Le terme évapotranspiration englobe deux types :

##### III.2.1.1.1 L'évapotranspiration potentielle (ETP) :

C'est la somme des quantités d'eaux pouvant s'évaporer et transpirer sur une surface donnée, et pendant une période donnée. En considérant des apports d'eaux suffisants. L'ETP est calculée par la formule C.W.Thornthwaite (1948), qui utilise la température de l'air et la latitude de la station. Elle est donnée par l'expression suivante :

$$ETP = 16 (10 T / I)^a K$$

Avec :

- **ETP** : évapotranspiration potentielle du mois en (mm).
- **T** : température moyenne mensuelle de la période en (°C).
- **I** : indice thermique annuel qui représente la somme des indices mensuels (i).

$$I = \sum_{i=1}^{12} i$$

Avec :

- $i = (t/5)1.5$
- $a = (1.6/100) I + 0.5$
- **K** : coefficient d'ajustement mensuel lié à la latitude.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Jul	Aout	total
Tmoy	21,7	16,7	11,9	9,2	8,3	9	10,8	13	15,9	22	26,3	25,1	15,8
ETP	91,99	52,53	24,38	14,05	12,39	14,14	24,26	36,92	59,67	111,86	159,89	136,81	738,89

*Tableau 8 : Evapotranspiration mensuelle de la station de Tissemsilt (1976-2006).*

Si pour un mois  $P > ETP$  on pose que  $l'ETP = ETR$ , la quantité d'eau qui reste ( $P-ETR$ ) va alimenter la RFU jusqu'à son maximum (100 mm) et si elle dépasse cette valeur il y aura un excès (WS) qui va partir soit sous forme d'infiltration efficace vers la nappe, soit sous la forme de ruissellement.

Si  $P < ETP$ , la valeur de  $ETR = P + RFU$ , jusqu'à égalisation avec ETP. Si la RFU est nulle, il va se produire un déficit agricole  $Da = ETP - ETR$ , ce dernier paramètre représente alors le besoin des cultures à l'irrigation.

### III.2.1.1.2 L'évapotranspiration réelle (ETR) :

On appelle aussi l'évapotranspiration effective, c'est la somme de l'évaporation et de la transpiration réelle pour une surface donnée et une période définie. L'ETR représente la quantité de vapeur effectivement exportée vers l'atmosphère par les sols et les végétaux.

La formule de Turc (1961), qui permet d'évaluer l'ETR annuelle à partir de la hauteur de la pluie et de la température moyenne annuelle, dont l'expression suivante :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec :

- ETR : évapotranspiration réelle en (mm).
- P : précipitation moyenne annuelle en (mm).
- L : pouvoir évaporant, est une limite vers laquelle tend l'ETR lorsque P devient grand.

$$L = 300 + 25t + 0.05t^3$$

t : température moyenne annuelle en (°C).

La formule de Turc associée aux données de la station de Tissemsilt donne les résultats suivants :

$$L = 300 + 25 \times 15.8 + 0.05 \times (15.8)^3$$

$$L = 695.49.$$

$$ETR = 351.71 \text{ mm.}$$

L'ETR est également calculée par la méthode du bilan hydrique mensuelle de

C.W. Thornthwaite, qui est basée sur la notion de réserve en eau facilement utilisable (RFU). On admet que le sol est capable de stocker une certaine quantité d'eau qui peut être reprise par l'évapotranspiration par l'intermédiaire des plantes. Aussi la satisfaction de l'ETP est prioritaire sur l'écoulement, c'est-à-dire qu'avant qu'il y ait écoulement il faut d'abord satisfaire le pouvoir évaporant. Trois cas peuvent se présenter (Assan et Araria 2017) :

- $P > ETP$  donc  $ETR = ETP$ .
- $P < ETP$  et alors  $ETR = P + RFU$ .
- $P < ETP$  et la  $RFU = 0$  et  $ETR = P$ .

### III.2.1.2 Le ruissellement :

Le ruissellement de surface est la quantité d'eau, qui au cours d'une précipitation échappe à l'infiltration et l'évapotranspiration.

Le ruissellement est calculé par :

- La formule de TIXERON-BERKALOFF :

$$R = P^3 / 3(ETP)^2$$

Si :  $P < 600$  mm

Avec :

- R : ruissellement en (mm).
- P : précipitation moyenne annuelle en (mm).
- ETP : évapotranspiration potentielle annuelle en (mm).

Pour la station de Tissemsilt :

$$R = (488.88)^3 / 3(738.89)^2$$

$$R = 71.16 \text{ mm}$$

### III.2.1.3 L'infiltration :

On utilise la formule générale du bilan hydrique :

$$P = R + I + ETR$$

Donc : 
$$I = P - R - ETR$$

$$I = 488.48 - 357.94 - 71.16 ; \quad I = 59.38 \text{mm.}$$

Avec :

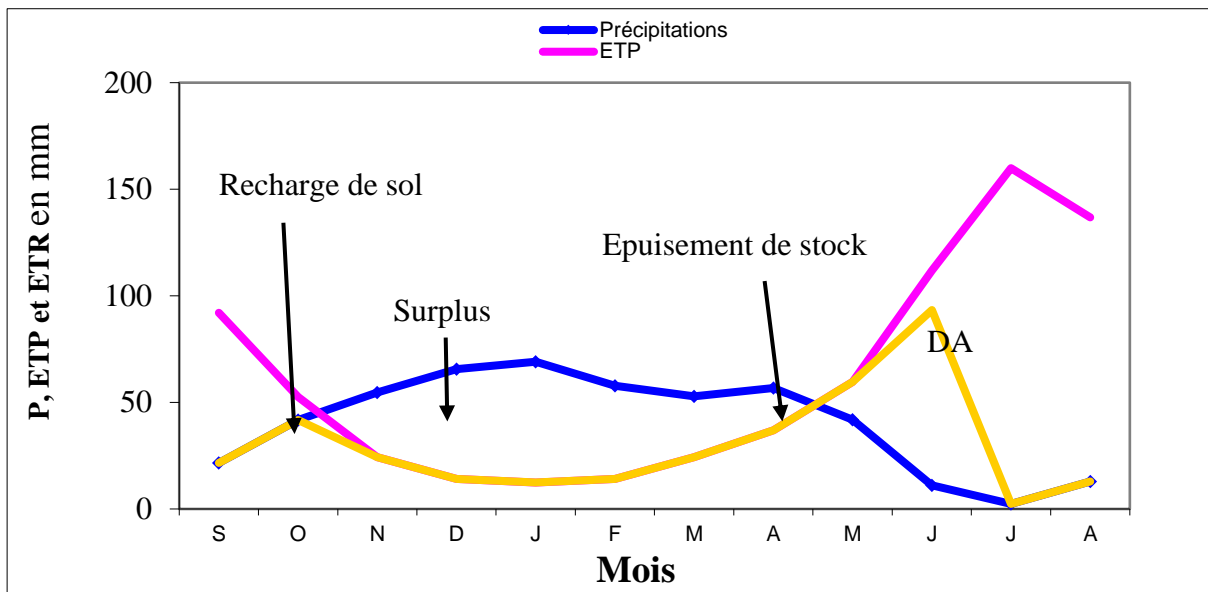
- R : ruissellement en (mm).
- P : précipitations moyennes annuelles en (mm).
- ETR : évapotranspiration réelle en (mm).
- I : infiltration en (mm).

Mois	T(°C)	IT	CL	ETPC	P(mm)	BH	RU	ETPR	Def	Exc
S	21,7	9,23	1,03	91,99	21,67	-70,32	0,00	21,67	70,32	0,00
O	16,7	6,21	0,97	52,53	41,79	-10,74	0,00	41,79	10,74	0,00
N	11,9	3,72	0,86	24,38	54,62	30,24	30,24	24,38	0,00	0,00
D	9,2	2,52	0,81	14,05	65,61	51,56	81,85	14,05	0,00	31,80
J	8,3	2,15	0,87	12,39	69,08	56,69	100,00	12,39	0,00	88,54
F	9	2,43	0,85	14,14	57,81	43,67	100,00	14,14	0,00	93,67
M	10,8	3,21	1,03	24,26	52,82	28,56	100,00	24,26	0,00	78,56
A	13	4,25	1,10	36,92	56,76	19,84	100,00	36,92	0,00	69,84
M	15,9	5,76	1,21	59,67	41,95	-17,72	82,28	59,67	0,00	32,28
J	22	9,42	1,22	111,86	11,05	-100,81	0,00	93,33	18,53	0,00
J	26,3	12,35	1,24	159,89	2,37	-157,52	0,00	2,37	157,52	0,00
A	25,1	11,50	1,16	136,81	12,97	-123,84	0,00	12,97	123,84	0,00
<b>Annuel</b>	<b>15,83</b>	<b>72,76</b>		<b>738,89</b>	<b>488,50</b>	<b>250,39</b>		<b>357,94</b>	<b>380,95</b>	<b>394,69</b>

*Tableau 9 : Le bilan hydrique de C.W. Thornthwaite de la station de Tissemsilt.*

### III.3 Interprétation des éléments du bilan hydrique :

Les éléments du bilan hydrique (Précipitation, Température, Evapotranspiration potentielle et évapotranspiration) peuvent être représentés dans un même graphique pour mieux visualiser les différents paramètres sur toute l'année.



*Figure 20: Représentation graphique du bilan hydrique de C.W. Thornthwaite de la station de Tissemsilt (1976-2006).*

La commune de Tissemsilt reçoit des précipitations moyennes annuelles de 488.48 mm et une température moyenne annuelle de 15.8°C. Le maximum et le minimum de l'évapotranspiration potentielle (ETP) sont respectivement atteints en juillet avec 159.89mm et en Janvier avec 12.39 mm L'ETP annuelle est estimée à 738.89 mm alors que l'ETR totale est de 307.95 mm l'année.

Lorsque la réserve facilement utilisable (RFU) est pleine, il y a un surplus qui participe au ruissellement puis démunie pour se vider et provoquer un épuisement du stock conduisant à un déficit agricole s'étalant du mois de mai jusqu'au mois d'octobre avec une moyenne annuelle évaluée à 430.94 mm

La reconstitution de RFU atteint son maximum (saturation 50 mm) au mois de janvier et reste ainsi jusqu'au mois de Avril puis elle commence à s'épuiser pour se vider complètement au mois de Mai-Juin L'écoulement débute après le remplissage de la RFU (50mm) au mois de Décembre et se termine à la fin du mois d'Avril .L'excédent annuel (ruissellement et infiltration) est égal à 180.53mm.

## Conclusion

L'étude des facteurs climatiques révèle un climat semi-aride ( $I= 18.93$ ) avec un hiver froide et humide (192.5 mm) et un été chaud et sec (26.39mm) .La zone d'étude a une moyenne annuelle des précipitations de 488.48 mm et une température moyenne annuelle évaluée à 15.8°C. L'ETP annuelle est estimée à 738.89 mm alors que l'ETR totale est de 307.95 mm .la moyenne annuelle de déficit agricole évaluée à 430.94mm Ainsi par la suite nous essayerons de comprendre l'hydrogéologie de la région d'étude.



# Chapitre

# 04

## IV. Etude hydrogéologique

*L'étude hydrogéologique permet de compléter et de confirmer ce qui a été précédemment énoncé par la géologie. Donc cette étude s'avère nécessaire pour arriver à une bonne connaissance des horizons aquifères, ainsi que leurs caractéristiques hydrodynamiques.*

## **IV.1 Contexte hydrogéologique :**

### **IV.1.1 Contexte hydrogéologique général :**

L'état des ressources en eaux souterraines que nous présentons est basé sur l'exploitation des données générales en matière géologique et la Figure lithologique du bassin Cheliff Zahrez.

### **IV.2 Principaux aquifères et zones susceptibles d'être aquifères :**

La lithologie de la région est très variée et complexe. Elle est composée des calcaires, des grès, des roches détritiques consolidées. Pour ce qui suit nous citons les formations potentiellement susceptibles d'être aquifères.

D'après les données existantes on distingue deux types de nappes (superficielles et profondes).

- **Les nappes phréatiques : (superficielles) :** -le remplissage Plio-Quaternaire des dépressions de Laayoune, Khemisti, Tissemsilt et Ouled Bassam ainsi que les vallées alluviales des Oueds Lardjem et Nahr Ouassel qui sont relativement exploitées ; forment des bons aquifères superficiels.
- **Les nappes profondes :** Les nappes profondes représentées principalement par les réservoirs calcaires et gréseux, qui sont structurellement complexes et très mal connues.

Les affleurements des grès Numidiens et albiens en profondeur, au djebel Meddad, Djebel Laghouat, djebel Guerne l'Ahmar, djebel Nador peuvent constitués de bons aquifères.

## **IV.3 Les nappes de la wilaya de Tissemsilt**

### **IV.3.1 Les alluvions des Oueds Lardjem et Oued Fodda**

Les alluvions superficielles des deux oueds constituent de bons aquifères exploitables notamment pour la petite et moyenne hydraulique et subsidiairement pour l'alimentation en eau potable.

### **IV.3.2 Les calcaires**

Les calcaires sont représentés par le jurassique et le Barrémo- Aptien du Crétacé, qui dominant la zone septentrionale de la wilaya il y a deux :

➤ **Les calcaires Jurassiques**

Le Jurassique affleure au djebel Ouarsenis (Bordj Bounaama) qui est composé d'une roche dure et compacte. De nombreuses sources au pied de ce massif témoignent de l'existence des Karsts.

➤ **Les calcaires du Crétacé :**

Les principaux affleurements sont au djebel Rhilès à Theniet el Had au Nord Est de la wilaya.

### **IV.3.3 Les Grès Numidiens :**

Deux grandes masses de grès numidiens affleurent au djebel Meddad et le djebel Laghoua

➤ **Les Grès numidiens du djebel Meddad, djebel Laghouat et djebel Guern lahmer :**

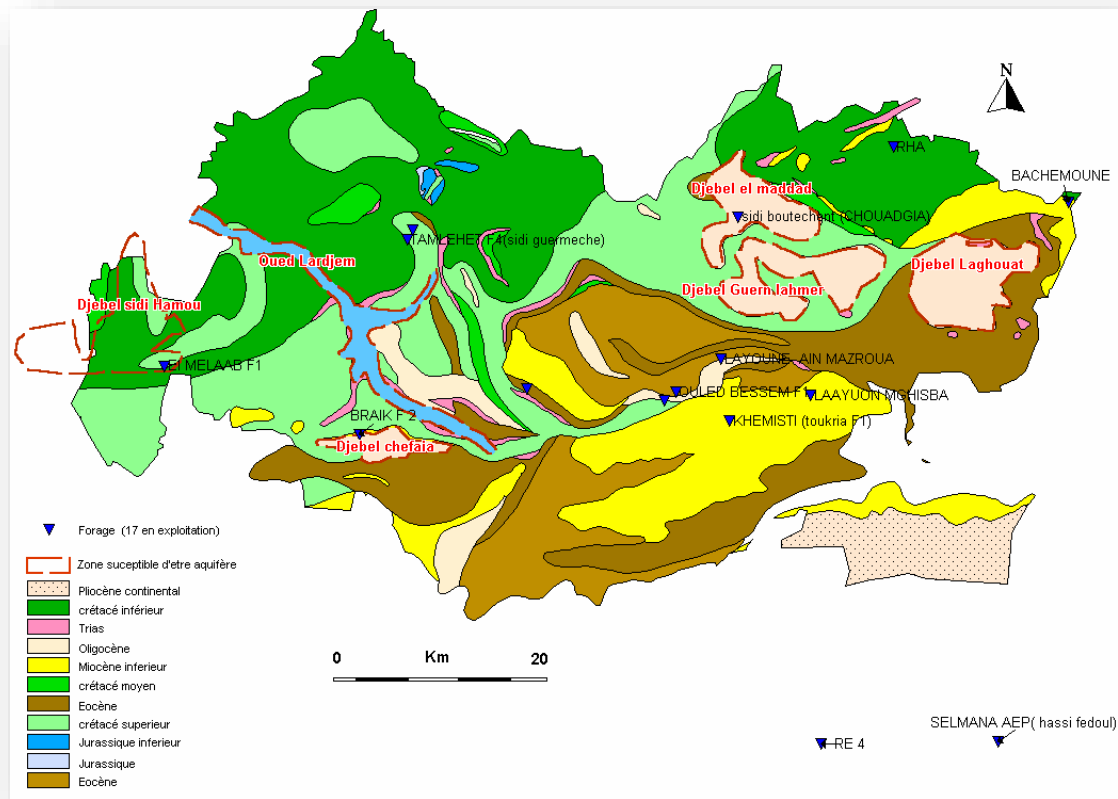
Ce sont des roches siliceuses, d'origine détritique, très fissurées par la tectonique et favorables à l'infiltration. Elles peuvent constituer des réservoirs souterrains importants

➤ **Les Grès et les Formations du Miocène**

Les assises gréseuses reposent sur des marnes imperméables ; elles peuvent constituer de bons aquifères. Ces formations affleurent en plusieurs endroits.

➤ **Les Grès du Djebel Nador et Khemisti**

Cet affleurement se localise au Nord de la wilaya ; il est bien alimenté en pluie. Les pentes sont faibles, favorisant ainsi l'infiltration.



*Figure 21: Zone susceptible d'être aquifère (extrait de la Figure géologique Algérie-Nord (1/500 000) (Source DRE).*

#### IV.4 Ressources Souterraines mobilisées :

Le territoire de la wilaya de Tissemsilt compte tenu 123 points d'eau souterraine, mobilisent un volume estimé à 5,05 hm<sup>3</sup>/an, répartis en :

- 64 forages, 17 seulement sont exploités pour l'alimentation en eau potable.
- 45 sources (DRE TISSEMSILT, .2011).

*Tableau 10 : volume mobilisable des forages destinés à l'AEP de la wilaya de Tissemsilt (Source DRE).*

<b>Code bassin versant</b>	<b>Unité hydrogéologique</b>	<b>Nombre de forage</b>	<b>Volume (Hm<sup>3</sup>)</b>
0125	Calcaires djebel Sidi Hamou	01	0.22
0116 et 0123	Complexe Crétacé (plusieurs zones)	05	0.72
0110	Dépression Khemisti – Lâayoune	03	0.68
0123	Grès et calcaires de djebel Chafia	01	0.12
0110	Grès numidiens du Djebel El Meddad	02	0.09
0110	Dépression Tissemsilt O/Bessam	02	0.57
0107	Plateau de Sersou (Nappe de Rechaiga hors wilaya )	06	5.68
<b>Total</b>		<b>20</b>	<b>8.08</b>

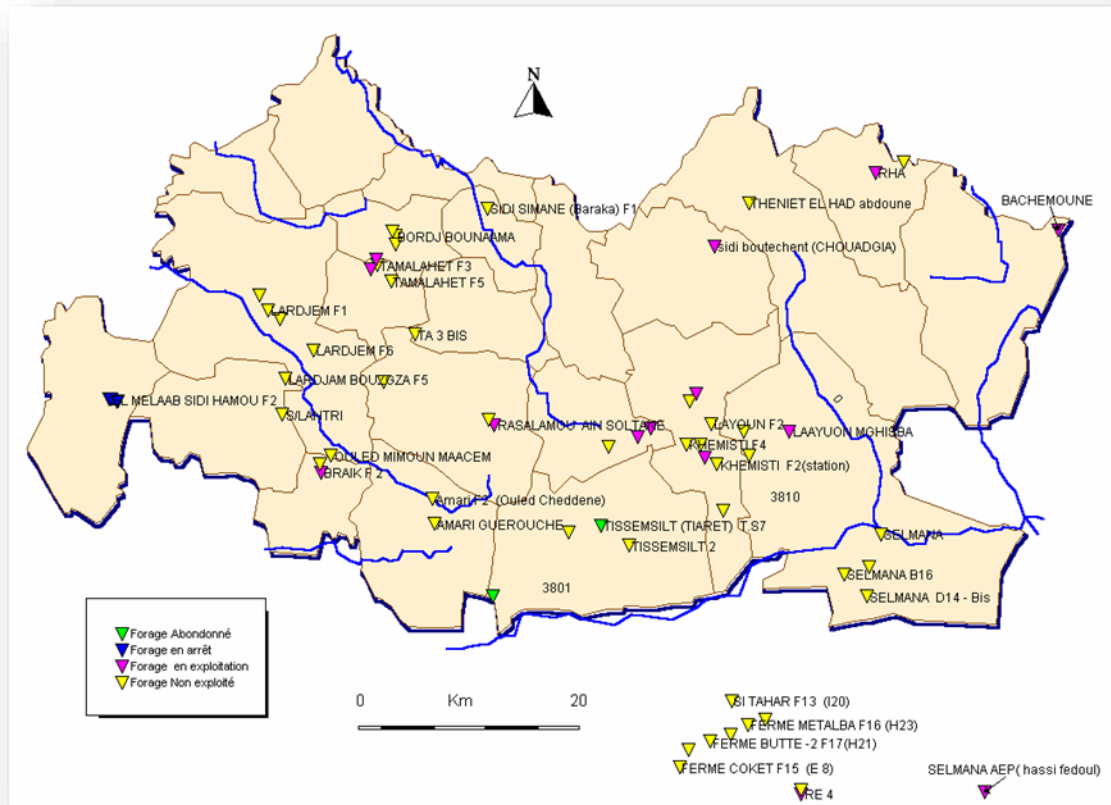


Figure 22 : répartition des forages de la wilaya de Tissemsilt (DRE 2011).

#### IV.5 Étude des sources de la région de Tissemsilt :

Les eaux souterraines contenues dans l'écorce terrestre circulent dans les cavités souterraines de différente perméabilité et constituants géologiques qui réagissent fortement aux modifications du plan structural ; en se déplaçant des formes en relief vers les formes en creux. (Berbera F., 2008).

#### IV.5.1 Généralités sur les sources :

##### IV.5.1.1 Définition :

D'après (RAMADE, 1998), c'est une structure géologique dans laquelle une nappe phréatique ou un réseau hydrologique souterrain correspondant à des structures Karstiques ou à des infiltrations dans des roches cristallines fissurées viennent se déverser à la surface.

#### IV.6 Evaluation des débits des sources :

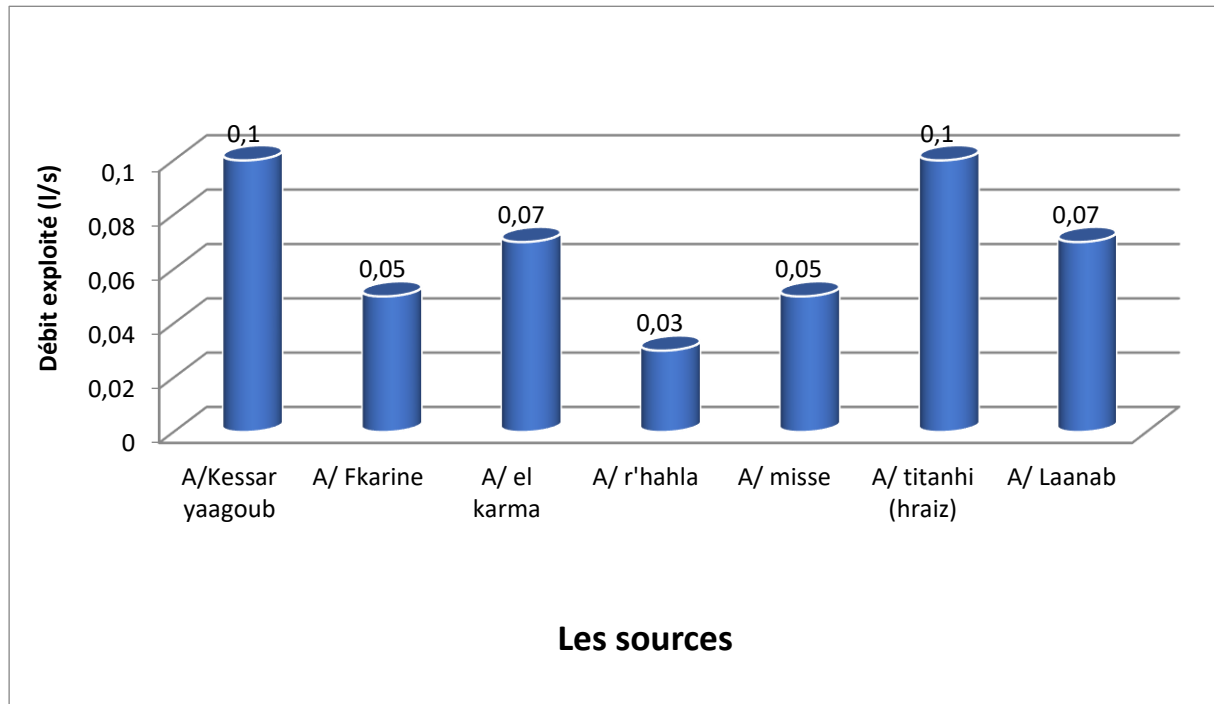
N°	Nom	Commune	Localité	Coordonnées (m)			Débit exploité (l/s)	Usage (AEP/IRR)
				X	Y	Z		
1	A/Kessar yaagoub	TISSEMSILT	D/ O/ youssef	421,926	252,788	876	0,1	AEP
2	A/ Fkarine	TISSEMSILT	D/ ouhib				0,05	AEP
3	A/ el karma	TISSEMSILT	Aglom/A/ el karma	421,8	265,9		0,07	AEP
4	A/ r'hahla	TISSEMSILT	D/ Rhahla				0,03	AEP
5	A/ misse	TISSEMSILT	D/ Misse				0,05	AEP
6	A/ titanhi (hraiz)	TISSEMSILT	D/ O/ Khrouf	428,006	254,399	955	0,1	AEP
7	A/ Laanab	TISSEMSILT	D/ O/ youssef	422,517	253.253		0.07	AEP

*Tableau 11 : Description des sources du parc national de la commune de Tissemsilt(Source DRE).*



Nous avons procédé à effectuer des prélèvements du débit à partir des 07 sources pour pouvoir analyser leur importance et en savoir quelle est la source la plus active.

L'histogramme ci-dessous en résume le cas :



*Figure 23 : Les variations des débits moyens (en l/s) des sources.*

D'après la figure n°23 ci-dessus qui reflète l'importance du débit calculé moyennement des différentes sources étudiées, il ressort que le débit moyen de l'ensemble des 07 sources est de l'ordre 0,067 l/s on remarque que le débit le plus élevé est celui de Ain kisser yaagoub et Ain titanhi (hraiz) qui se trouve dans la limite Nord de parc qui localisée sur les accumulations quaternaires ( les formation grossière des apports colluviaux) le débit est plus élevé estimé à 0.1 l/s.

Le débit le plus faible est celui d'Ain r'hahla avec une valeur qui atteint 0.03 l/s.

#### **IV.7 Etude géophysique :**

La tectonique allochtone de zone d'études est extrêmement complexe : les contacts anormaux y sont très nombreux et jalonnés de Trias ; les superpositions anormales sont courantes ; les facies sont entremêlés dans un ordre quelconque. Toute étude géophysique par prospection électrique exposée à un tel contraste, rend l'interprétation très difficile.

Afin de cerner au mieux la lithologie et la structure de zone d'étude, nous avons tenu compte de l'ensemble des études existantes ; ces dernières et en confrontation avec les résultats de la géophysique permettront de définir les niveaux aquifères et dans la mesure du possible leurs géométries et leurs épaisseurs respectives.

Ces niveaux concernent d'une manière générale, les formations détritiques de la nappe B constituée de marnes, grés et marnes gréseuses. (DRE .Tissemsilt).

### **IV.8 Etalonnage à l'aide de forage :**

Pour l'établissement d'une échelle des résistivités fiable qui sera utilisée lors de l'interprétation des sondages électriques, nous utiliserons deux forages TISS 1 et TISS réalisés au niveau de l'Oligocène allochtone de la nappe B, ainsi que le forage Khem 5

Les résultats des sondages électriques exécutés directement sur, ou à proximité des formations en place, seront également mis à contribution dans le cadre de l'adoption de l'échelle des résistivités. (DRE. Tissemsilt).

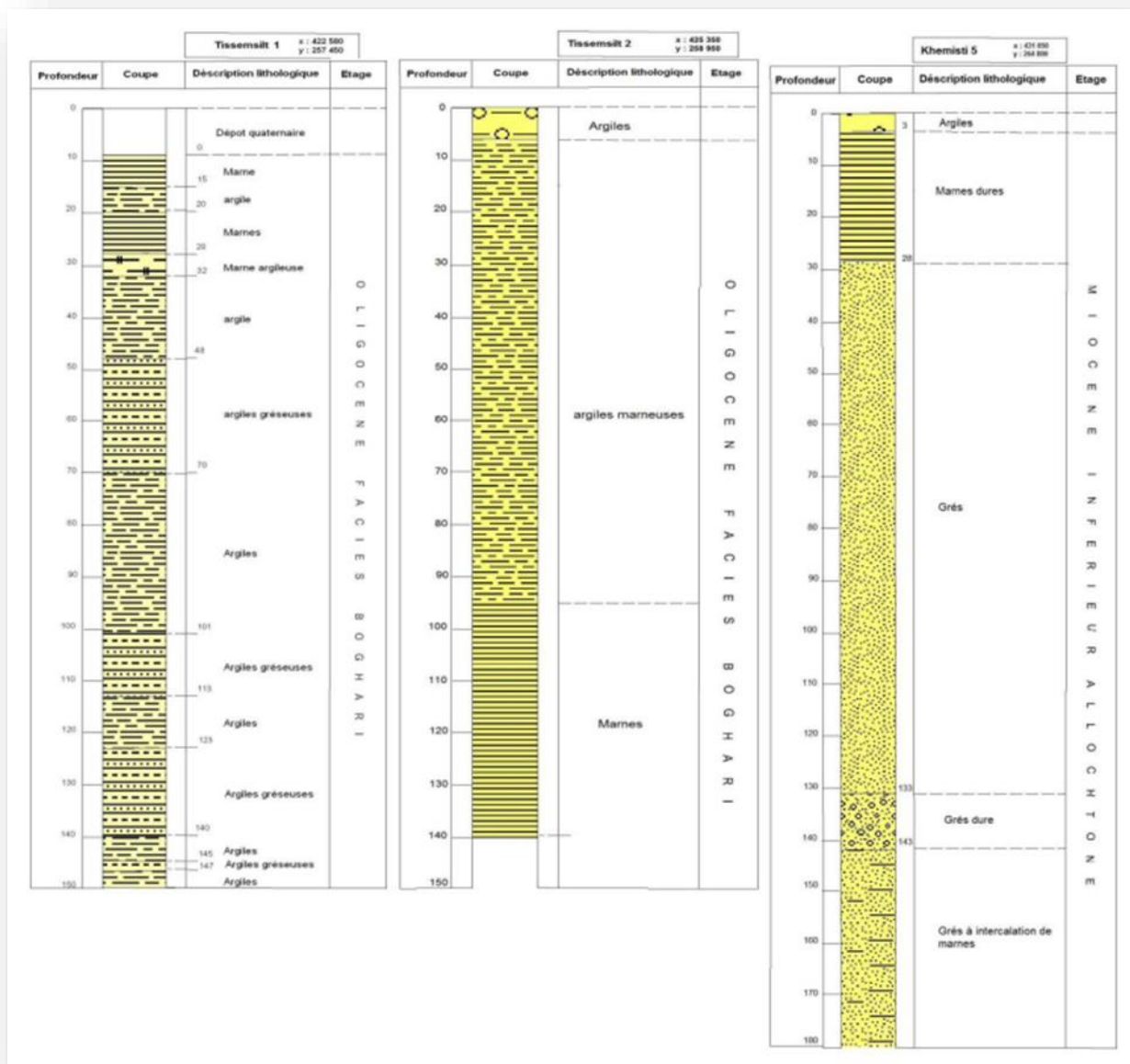
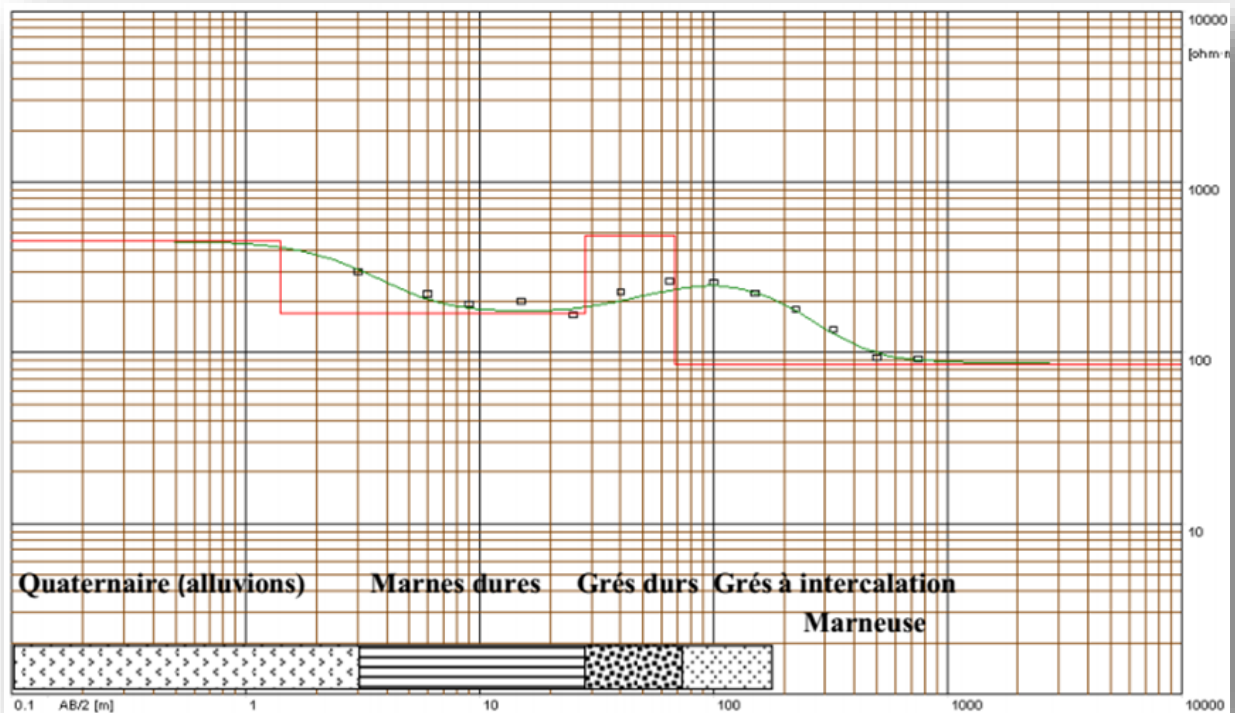


Figure 24 : Logs Litho stratigraphiques des forages étalons (DRE Tissemsilt).

#### IV.8.1 Etalonnage de sondage étalon 1 à l'aide de forage KHEM 5

Le sondage étalon 1 (Voir fig 24) réalisé à proximité du forage KHEM 5 situé aux coordonnées Lambert (X= 431,850 km ; Y= 264,800 km), d'une profondeur de 180 m montre selon le modèle obtenu :

- Des alluvions très résistantes peu épaisses, d'une résistivité de 450 Ohm.m.
- Des marnes dures sèches dont la résistivité est de 170 Ohm.m.
- Des grés durs avec une résistivité de 487 Ohm.m.
- Des grés avec intercalation de marnes d'une résistivité de 86 Ohm.m.

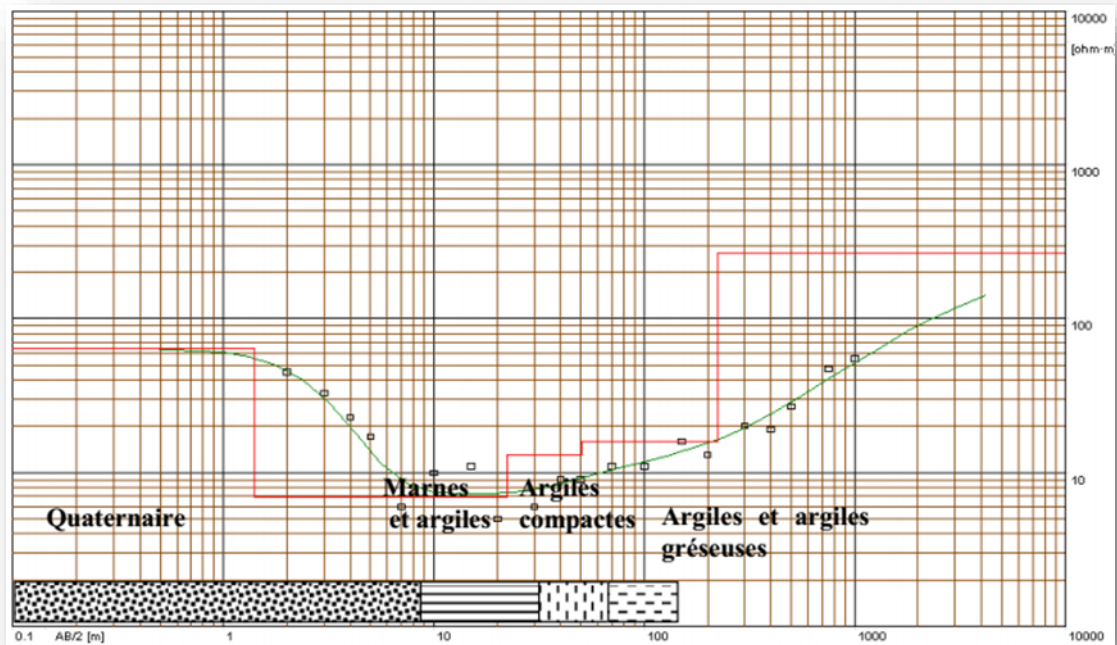


*Figure 25 : Etalonnage du sondage étalon 1 à l'aide du forage KHEM 5(DRE Tissemsilt).*

#### IV.8.2 Etalonnage de sondage étalon 2 à l'aide de forage TISS 1 :

Le sondage étalon 2 réalisé à côté du forage TISS 1 situé aux coordonnées Lambert (X= 422,850 km ; Y= 257,450 km), d'une profondeur de 150 m, montre selon le modèle obtenu :

- Des alluvions quaternaires d'une résistivité de 64 Ohm.m.
- Un faciès marneux et argilo-gréseux dont la résistivité varie entre 7 et 16 Ohm recoupés sur une épaisseur de 222m.
- Un faciès gréseux compact (267 Ohm.m) qui n'a pas été recoupé au niveau du forage.



*Figure 26 : Etalonnage du sondage étalon 2 à l'aide du forage TISS 1(DRE Tissemsilt).*

#### **IV.8.3 Etalonnage de sondage étalon 3 à l'aide de forage TISS 1 :**

Le sondage étalon 3 réalisé à proximité du forage Tissemsilt 2 situé aux coordonnées Lambert (X= 425,350 km ; t Y= 258,850 km), d'une profondeur de 140 m montre selon le modèle obtenu que la formation est conductrice jusqu'à 153 m, avec une résistivité de 2,3 à 6,1 Ohm.m correspondant aux marnes et argiles marneuses, au-delà de 153m un horizon peu résistant apparait avec une résistivité de 57 Ohm.m qui correspondrait probablement aux marnes.

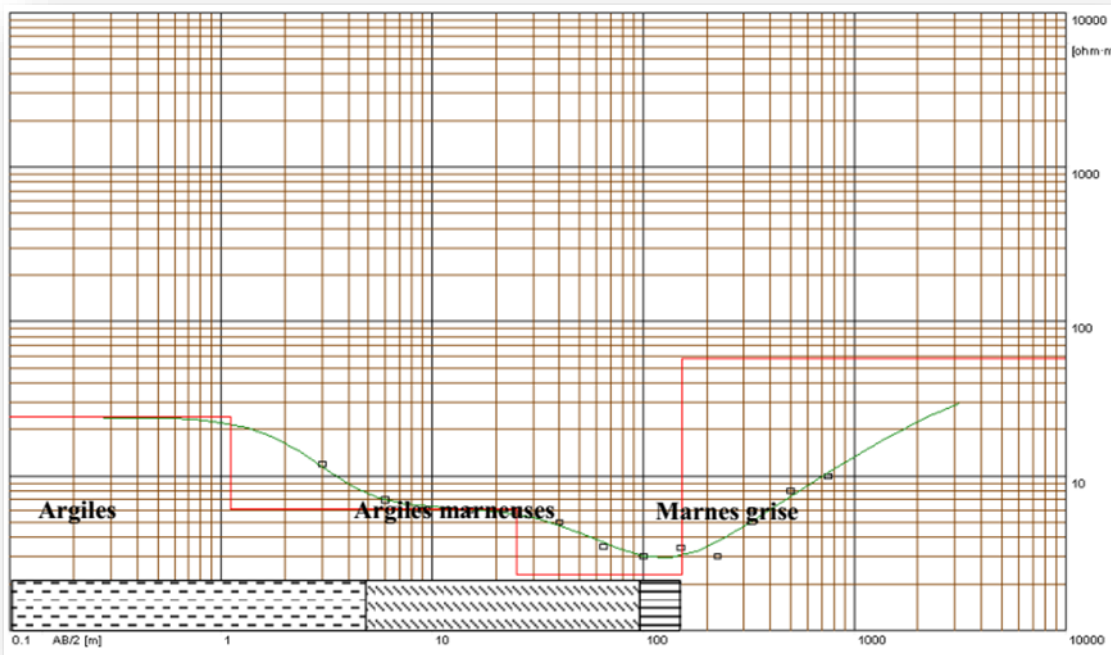


Figure 27 : Etalonnage du sondage étalon 3 à l'aide du forage TISS 2 (DRE Tissemsilt).

La corrélation des valeurs des sondages paramétriques et l'analyse des faciès des logs lithostratigraphiques des différents forages ont permis d'adopter une échelle des résistivités donnée dans le tableau ci-dessous.

FORMATIONS LITHOLOGIQUES	AGE	RESISTIVITE ADOPTEE (OHM. M)
ALLUVIONS	QUATERNAIRE	10 A 250
MARNES MARNES A INTERCALATION DE GRES MARNES GRESEUSES GRES, GRES QUARTZITEUX	MIOCENE INFERIEUR AUTOCHTONE ET ALLOCHTONE	1 A 9 10 A 25 25 A 75 80 A 850
MARNES MARNES A INTERCALATION DE GRES MARNES GRESEUSES GRES	OLIGOCENE	3 A 8 14 A 22 50 A 61 101 A 120
MARNES	CENOMANIEN	3 A 7

Tableau 12 : Echelle des résistivités adoptées (DRE Tissemsilt).

### IV.9 Interprétation des coupes géo électriques :

La tectonique chaotique du secteur d'étude ne favorise pas l'établissement de coupes géo électriques classiques, après analyse minutieuse, le principe de superposition des terrains n'est donc pas respecté, ce qui nous a obligé en outre à entreprendre une classification basée sur les niveaux des résistivités des formations rencontrées.

Ainsi, nous avons établi quatre niveaux de résistivités :

- Un niveau très conducteur qui correspondrait aux marnes.
- Un niveau conducteur représentant les marnes avec intercalation des grès.
- Un niveau peu résistant attribué aux marnes gréseuses.
- Un niveau résistant à très résistant regroupant les séries gréseuses et les grés quartzeux.

La représentation cartographique des coupes géo électriques n'a tenu compte que des horizons dont l'épaisseur est supérieure ou égale à 10 mètres.

### Conclusion

La lithologie de la région est très variée et complexe. Elle est composée des calcaires, des grès, des roches détritiques consolidées.

On distingue deux types de nappes (superficielles et profondes) :

- **Les nappes phréatiques : (superficielles) :** -le remplissage Plio-Quaternaire des dépressions de Laayoune, Khemisti, Tissemsilt et Ouled Bassam ainsi que les vallées alluviales des Oueds Lardjem et Nahr Ouassel qui sont relativement exploitées ; forment de bons aquifères superficiels.
- **Les nappes profondes :** Les nappes profondes représentées principalement par les réservoirs calcaires et gréseux, qui sont structurellement complexes et très mal connues.

Des prospections géophysiques pour chaque unité hydrogéologique (grès numidiens, les formations calcaires...), sont nécessaires pour identifier les zones susceptibles d'être aquifères exploitables.

# Chapitre

# 05



## V. Etude Hydro chimique

### Introduction

La qualité de l'eau constitue un enjeu environnemental primordial pour tous les secteurs utilisateurs, les ressources en eaux souterraines peuvent être de mauvaise qualité en raison de problèmes d'origine naturelle ou de contamination, ou les deux, il est souvent nécessaire de connaître la qualité d'une eau avant de s'en servir.

### V.1 Le chimisme et la qualité des eaux dans la région de Tissemsilt

L'eau, au contact des terrains qu'elle rencontre, se charge en divers éléments qui vont influencer sur sa qualité. Certains de ces éléments sont présents naturellement dans le sol, et vont définir la qualité « naturelle » de l'eau brute. Ainsi l'eau à l'état naturel peut contenir :

- Des matières organiques.
- Des matières dissoutes provenant des terrains traversés (calcium, magnésium, sodium, potassium, bicarbonates, sulfates, chlorures, métaux lourds, ...).
- Des particules en suspension.

D'autres éléments sont d'origine anthropique. La qualité des eaux continentales est dépendante d'un certain nombre de paramètres, dont la quantité en présence (concentration en éléments traces) va définir l'état de la qualité de l'eau.

La vulnérabilité des eaux à la pollution anthropique dépend du type de nappe libre ou captive et du mode de circulation de l'eau dans l'aquifère.

Les nappes libres sont les plus vulnérables. Les polluants d'origine superficielle peuvent diffuser librement dans le sol et la zone non saturée jusqu'au niveau piézométrique.

La protection de la nappe libre sera d'autant plus meilleure que le sol et la zone non saturée sont épais, que la granulométrie est fine et que la vitesse de percolation de l'eau dans la nappe est faible.

En revanche, les nappes captives sont mieux protégées par les couches imperméables qui les surmontent. Leur vulnérabilité vis-à-vis de la pollution se manifeste dans le cas où le niveau protecteur imperméable est foré par un ouvrage (cas de forage abandon).

➤ **Les paramètres physiques :**

Plusieurs analyses disponibles sont utiles pour déterminer la potabilité de l'eau, le forfait d'analyse de base de l'eau potable comprend l'analyse de température, du pH, conductivité électrique, la turbidité, la salinité par : le pH-mètre et conductimètre et turbidimètre

➤ **Les paramètres chimiques :**

Les cations :  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ .

Les anions :  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^-$ .

Les métaux lourds : Fe.

Paramètres physicochimiques	Symboles/formules	Valeurs indicatives (les normes algériennes)
Potentiel Hydrogène	pH	$6.5 \leq \text{PH} \leq 8.5$
Conductivité électrique	CE	$2800 \mu\text{m/cm}$
Turbidité	Turb	5 NTU
Températures	T	$< 25 \text{ C}^\circ$
Salinité	NaCl	1.4 mg/l
Calcium	$\text{Ca}^{+2}$	200 mg/l
Magnésium	$\text{Mg}^{+2}$	150 mg/l
Potassium	$\text{K}^+$	12 mg/l
Sodium	$\text{Na}^+$	200 mg/l
Ammonium	$\text{NH}_4^+$	0.5 mg/l
Dureté	TH	200 mg/l en $\text{CaCO}_3$
Alcalinité	$\text{HCO}_3^-$	500 mg/l en $\text{CaCO}_3$
Fer	$\text{Fe}^{+2}$	0.3 mg/l
Matières oxydables	Mo	5 mg/l
Sulfates	$\text{SO}_4^{-2}$	400 mg/l
Chlorures	$\text{Cl}^-$	500 mg/l
Ortho phosphates	$\text{PO}_4^{-3}$	0.5 mg/l
Nitrates	$\text{NO}_3^-$	50 mg/l
Nitrites	$\text{NO}_2^-$	0.2 mg/l

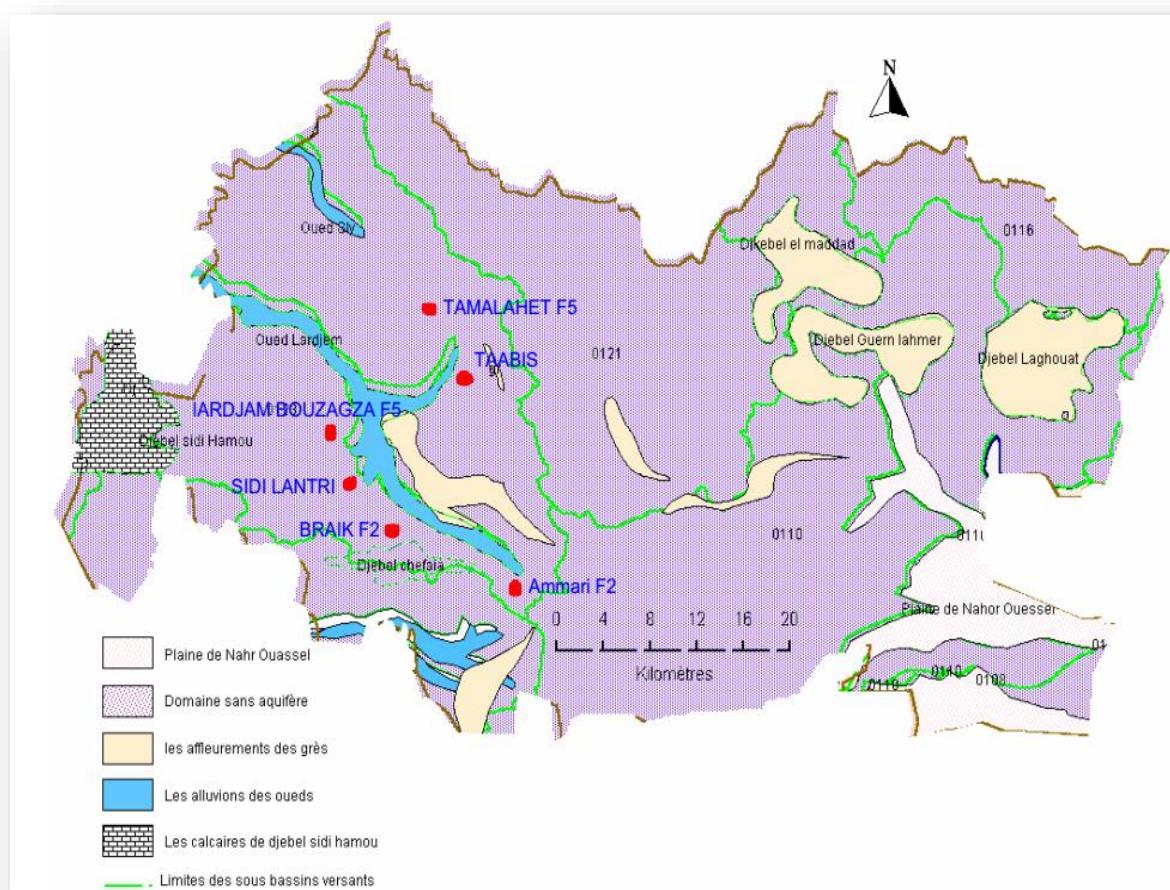
*Tableau 13 : Normes algériennes de potabilité des eaux (Source ADE 2018).*

**V.2 Etude des caractéristiques physico-chimiques des eaux des forages :**

Les eaux ont été prélevées en juillet 2005, est analyses au laboratoire de l'Agence Nationale de Recherche Hydraulique A.N.R.H de Tiaret.

N°	Nom des forages	Date de prélèvement
F1	Braik F2	Juillet ,2005
F2	Ammari F2	Juillet ,2005
F3	Lardjem Bouzegza F5	Juillet ,2005
F4	Sidi-lantri	Juillet ,2005
F5	Tamellaht F5	Juillet ,2005
F6	Taabis	Juillet ,2005

*Tableau 14 : Répartition des points de prélèvement.*



*Figure 28: Répartition des points de prélèvement.*

## V.2.1 Paramètres Physico-chimiques :

### V.2.1.1 Interprétation des Paramètres physique :

Les forges	F1	F2	F3	F4	F5	F6
PH	7.9	7.6	7.8	7.8	8	7.7

*Tableau 15: Résultats de mesure du pH des points de prélèvement.*

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6,5 et 9 selon les normes algériennes. Les eaux échantillonnées sont basiques, le pH varie entre un minimum de 7.6 au forage F2 (Ammari F2) et un maximum de 8 au forage F5 (Tamelaht F5).

### V.2.1.2 La conductivité électrique :

Les forges	F1	F2	F3	F4	F5	F6
CE (μS/cm)	12.1	39.4	26.19	40.52	55.7	97.62

*Tableau 16: Résultats de mesure de CE (μS/cm) des points de prélèvements.*

La conductivité électrique permet d'avoir une idée de la salinité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée. Pour l'eau la norme est de 2800 μS/cm. La conductivité de nos échantillons est variée de 12.1 (μS/cm) au forage F1 à 55.7 au forage F5.

- 50 à 400 μS/cm : qualité excellente.
- 400 à 750 μS/cm : bonne qualité.
- 750 à 1500 μS/cm : qualité médiocre mais eau utilisable.
- >1500 μS/cm : minéralisation excessive.

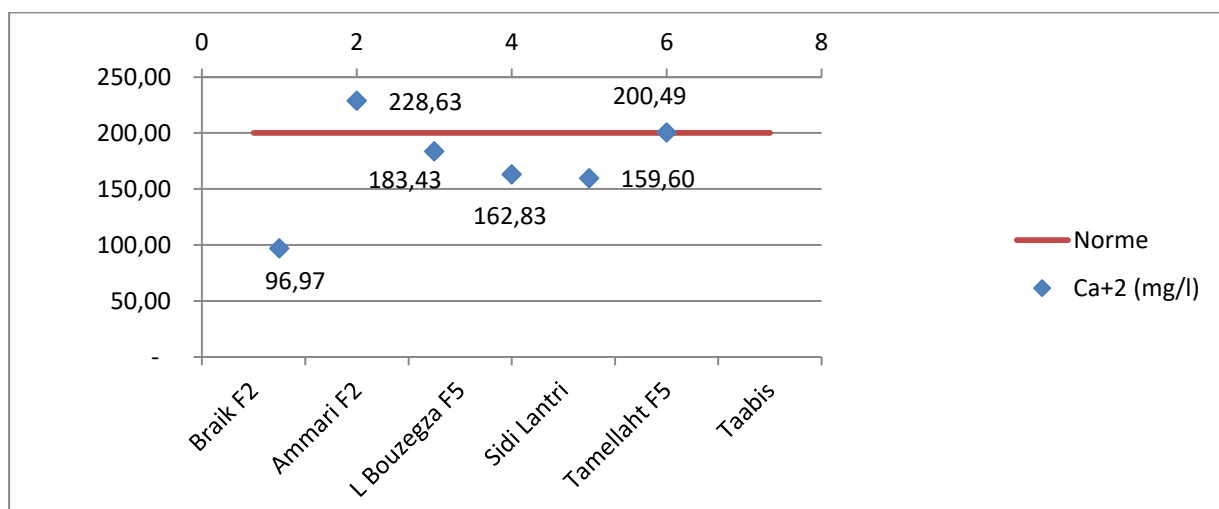
Donc la qualité des eaux des forges (F1.F2.F3.F4.F5.F6) c'est excellente.

## V.2.2 Les paramètres chimiques :

### 1) Le Calcium (Ca<sup>+2</sup>) :

Les forages	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	96.97	228.63	183.43	162.83	159.60	200.49

Tableau 17: Résultats de dosage de Calcium des points de prélèvement.



Les eaux souterraines en contact avec les roches sédimentaires ont leur calcium qui provient surtout de la mise en solution de la calcite, l'aragonite, la dolomite, l'anhydrite et gypse.

En présence de roches calcaires, ce sont les minéraux carbonates qui commutent la libération de Ca<sup>+2</sup> en solution.

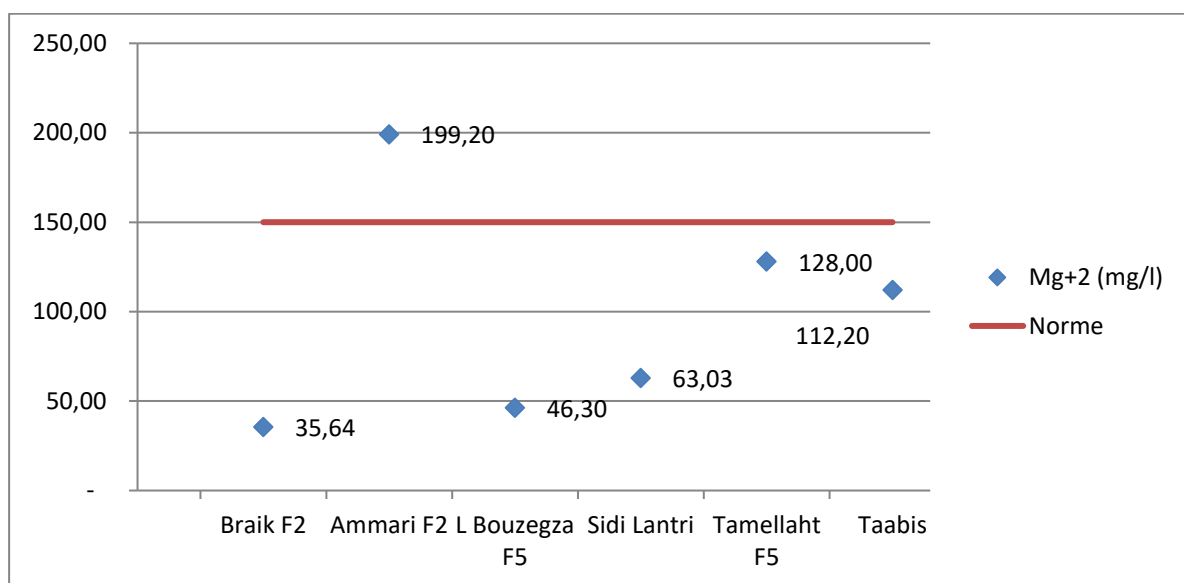
Pour les eaux étudiées, la teneur en calcium varie de 96.97 mg/l au forage F1 à 228.63 mg/l au forage F2.

Les teneurs en calcium des eaux analysées des forages F1 (Braik F2), F3 (Lardjem Bouzegza F5), F4 (Sidi Lantri) et F5 (Tamelaht F5) sont inférieures à la concentration maximale admissible qui est de 200 mg/l édictée par les normes locales (N.A) pour l'eau potable .par contre, les forages F2(AmmariF2) et F6 (Taabis) sont pas en conformité avec la norme.

2) Magnésium (Mg<sup>2+</sup>) :

Les forages	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	35.64	199.2	46.30	63.03	128	112.2

Tableau 18: Résultats de dosage de Magnésium des points de prélèvement.



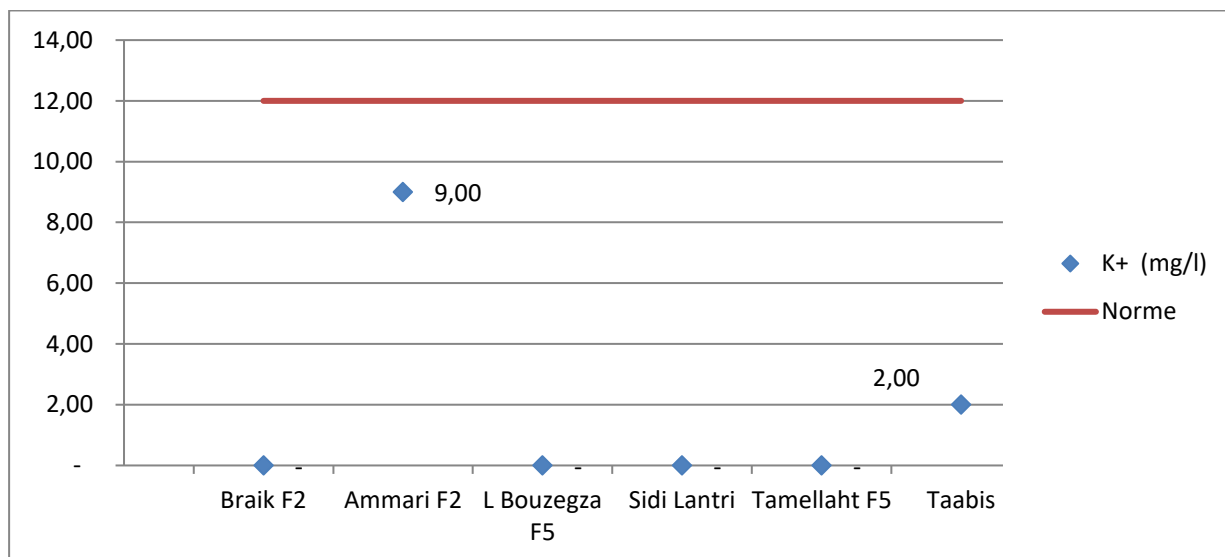
Il provient de la décomposition de dolomite (carbonate de magnésium), notamment à partir des formations carbonates (Jurassique) du flanc sud du Djebel Ouarsenis.

Les valeurs de magnésium varie de 35.64 mg/l au forage F1(Braik F2) à 199.2 mg/l au forage F2(Ammari F2).Elles sont inférieure à la valeur préconisée par la réglementation de notre pays qui exige une concentration de 150 mg/L au maximum dans les forages F1,F3,F4,F5et F6 .par contre dans le forage F1(Braik F2) qui dépasse la norme avec un valeur de 199.2 mg/l.

### 3) Le Potassium (K<sup>+</sup>) :

Les forges	F1	F2	F3	F4	F5	F6
K <sup>+</sup> (mg/l)	0	9	0	0	0	2

*Tableau 19: Résultats de dosage de Potassium (mg/l) des points de prélèvement.*

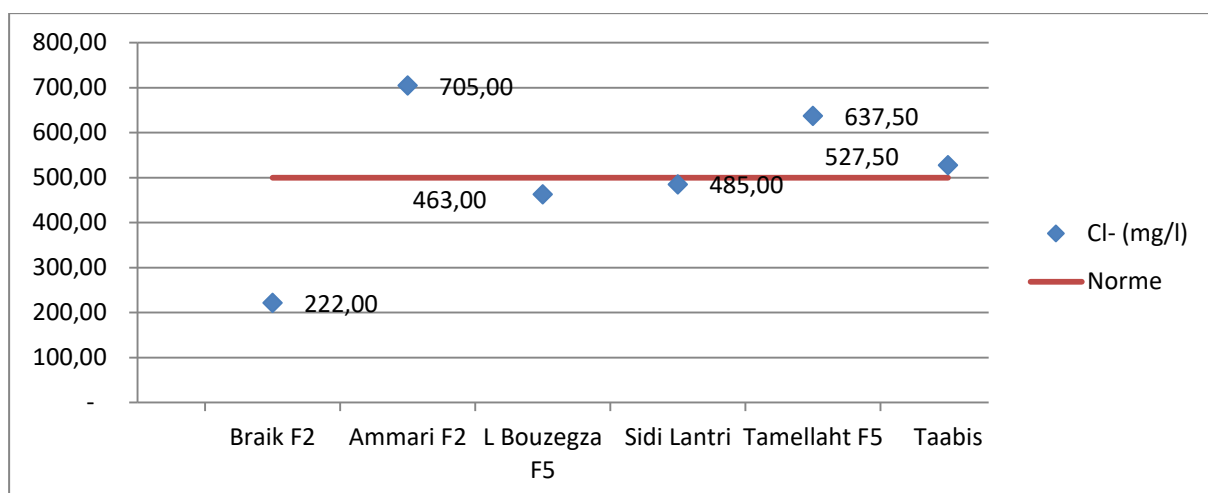


Le potassium est un élément très importants dans et qui jouée un rôle de diminuer la dureté d'une eau, la norme algérienne exigée est inférieure à 12 mg/l. Les résultats concernant le dosage de K<sup>+</sup> dans l'eau des forages ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre sont inférieures aux normes.

### 4) Chlorure Cl :

Les forges	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	222	705	463	485	637.5	527.5

*Tableau 20: Résultats de dosage de Cl<sup>-</sup> (mg/l) des points de prélèvement.*



L'eau contient toujours des chlorures mais en proportion très variable.

La teneur en Cl augmente généralement avec le degré de minéralisation des eaux.

Naturellement, Les chlorures peuvent avoir deux origines :

Les apports atmosphériques et la dissolution des évaporites sales.

Les eaux de pluie peuvent également apporter des chlorures.

Les eaux échantillonnées, ont présenté des valeurs comprises entre 222 mg/l pour le forage F1 à 637.5 mg/l pour le forage F5.

Les valeurs de chlorure varient de 222 mg/l au forage F1 (Braik F2) à 637.5 mg/l au forage F5 (Tamellaht F5). Elles sont inférieures à la valeur préconisée par la réglementation de notre pays qui exige une concentration de 500 mg/L au maximum dans les forages F1 (Braik F2), F3 (Lardjem Bouzegza F5) et F4 (Sidi Lantri). Par contre dans les forages F2 (Ammari F2) avec 705 mg/l, F5 (Tamellaht F5) avec 637.5 mg/l et F6 (Taabis) avec 527.5 mg/l.

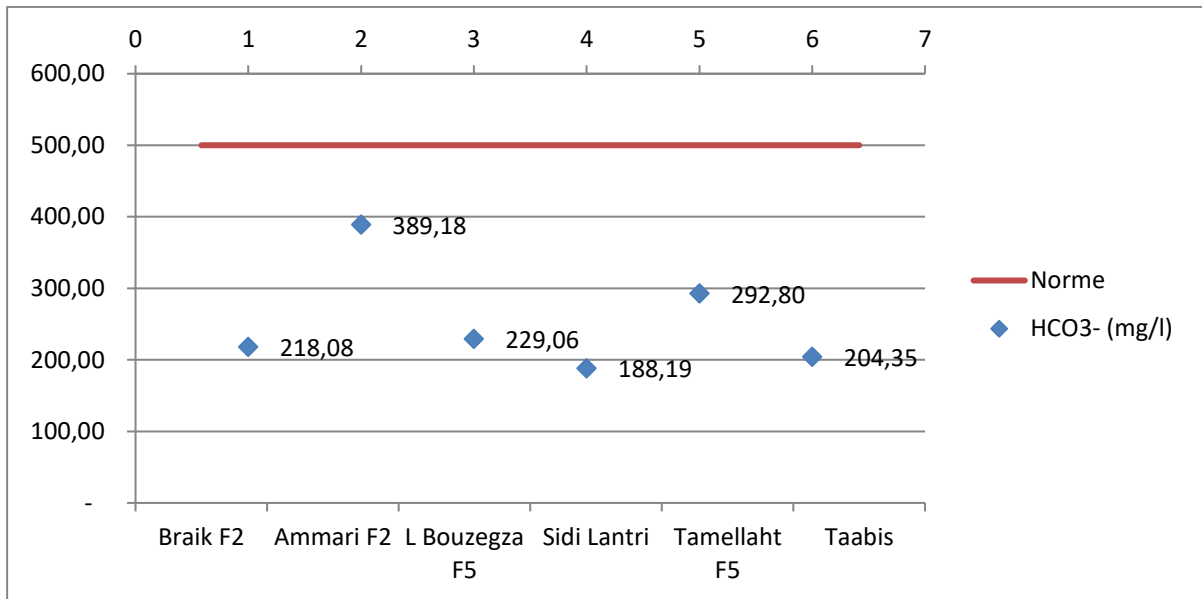
### 5) Sulfates $SO_4^{2-}$ :

Les sulfates ( $SO_4^{2-}$ ) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries, cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré ( $H_2S$ ) toxique en sulfate ou aussi ils peuvent provenir des activités agricoles. (In Belhakem A. et Salah A., 2015).

Les forges	F1	F2	F3	F4	F5	F6
$SO_4^{2-}$ (mg/l)	35	642.5	340	203	612	398

Tableau 21: Résultats de dosage de sulfates (mg/l) des points de prélèvement.





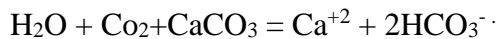
Les valeurs de Sulfates varie de 35 mg/l au forage F1(Braik F2) à 642.5 mg/l au forage F2(AmmariF2).Elles sont inférieure à la valeur préconisée par la réglementation de notre pays qui exige une concentration de 500 mg/L au maximum dans les forages F1(Braik F2),F3(Lardjem BouzegzaF5) , F4(Sidi Lantri) et F6(Taabis).par contre dans les forage F2(Ammari F2)avec 642.5 mg/l , F5 (Tamelaht F5) avec 612 mg/l .

### 6) Bicarbonates HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> :

L'ion bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO<sub>2</sub> à partir des minéraux contenant des carbonates (Rodier J., 2005). La teneur des bicarbonates dans l'eau dépend des terrains traversés.

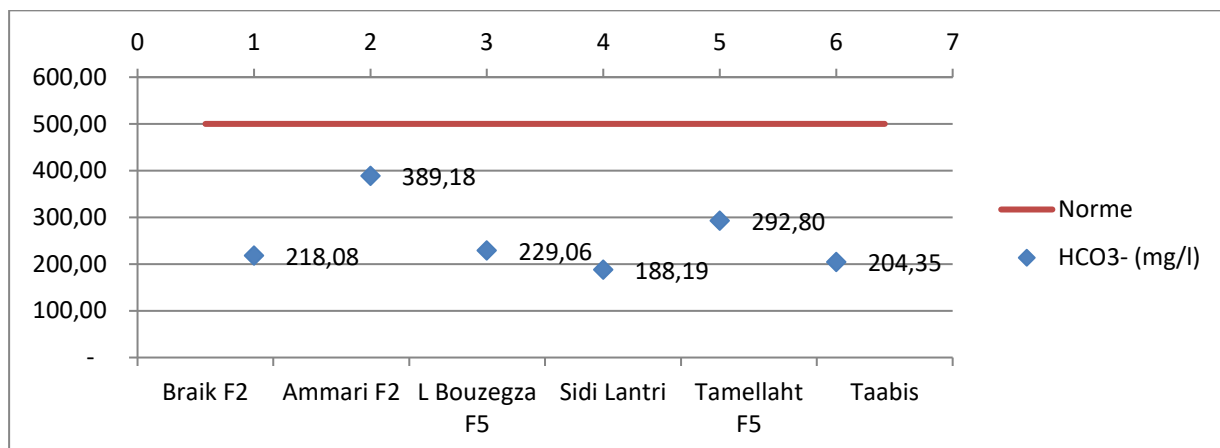
Les normes algériennes fixent la valeur pour ce paramètre à 500 mg de CaCO<sub>3</sub>.

La précipitation (ou la dissolution) des carbonates dépend de la réaction suivante :



Les forges	F1	F2	F3	F4	F5	F6
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	218.08	389.18	229.06	188.19	292.8	204.35

Tableau 22: Résultats de dosage de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l) de points de prélèvement.



On remarque que les teneurs en bicarbonates ne dépassent pas la norme.

### 7) Nitrate NO<sub>3</sub><sup>-</sup> :

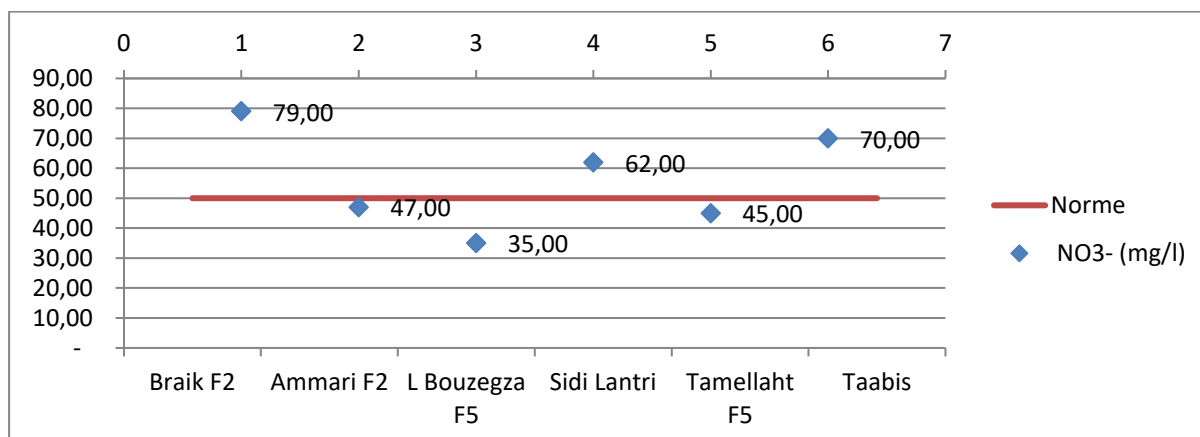
Les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sont des ions naturels présents partout dans l'environnement.

Les sources de nitrates dans l'eau (en particulier les eaux souterraines) comprennent les matières animales et végétales en décomposition, les engrais agricoles, le fumier, les eaux usées domestiques et les formations géologiques contenant des composés azotés solubles.

Dans les eaux, la quantité des nitrates maximale admissible est fixée de 50 mg/L.

Les forges	F1	F2	F3	F4	F5	F6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	79	47	35	62	45	70

Tableau 23: Résultats de dosage de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l) des points de prélèvement.



On remarque que les échantillons des forages F1 (Braik F2), F4 (Lardjem Bouzegza F5) et F6(Taabis) sont pas en conformité avec la norme qui est fixée par l'Algérie (50 mg/l), avec des valeurs de 79 mg/l, 62 mg/l et 70 mg/l dans l'ordre.

### **Conclusion**

L'eau de forages analysée possède une bonne qualité Physique avec des paramètres physiques dans les normes algérienne, Par contre la qualité chimique est mauvaise à cause des quantités élevée des quelques paramètres chimiques tels que : le calcium dans les forages de Ammari F2 avec une valeur de 228.63 mg/l et Taabis avec 200.49 mg/l.

Le Sodium dans les forages d'Ammari F2 avec 240 mg/l, Lardjem Bouzegza F5 avec 210 mg/l, Tamelaht F5 avec 407 mg/l et Taabis avec 254 mg/l.

Les Chlorures dans les forages de Ammari F2 avec 705 mg/l, Tamelaht F5 avec 637.5 mg/l et Taabis avec 527.5 mg/l. les Sulfates dans les forages de Ammari F2 avec 642.5 mg/l et Tamelaht F5 avec 612 mg/l.

Les Nitrates dans les forages de Braik F2 avec 79 mg/l, Sidi Lantri avec 62 mg/l et Taabis avec 70 mg/l.

# Chapitre 06

## VI. Evaluation des ressources en eau :

Les besoins en eau de l'homme augmentent considérablement dans le temps et touchent à des domaines de plus en plus nombreux pour satisfaire ses exigences de confort et d'agrément et pour répondre à une demande économique croissante.

La planification à l'exploitation de l'eau repose sur l'évaluation de la réserve (potentiel) qui est la quantité d'eau stockée au cours d'une période moyenne annuelle, dans un système hydrologique, et de la ressource qui est le volume d'eau pouvant être extrait d'un domaine circonscrit pendant une période donnée.

### VI.1 La mobilisation des ressources en eaux :

#### VI.1.1 Mobilisation des eaux de surface :

Le potentiel hydrique superficiel comprend toutes les eaux des oueds, barrages, et retenues collinaires qui sont dans la majorité du temps destinées à l'irrigation sauf pour les barrages qui sont après traitement destinées pour l'approvisionnement en eau potable des agglomérations. Le taux de mobilisation des eaux superficielles (08.51%), constitue une moyenne qui n'est pas uniforme à chacun des sous bassins versants, dont

La situation appelle les remarques suivantes :

1. Le bassin de l'Oued Ouassel Moyen, enregistre un taux de mobilisation satisfaisant grâce au barrage de Bougara avec un volume régularisé de  $5.5 \text{ Hm}^3/\text{an}$ , au petit barrage de Mghila avec  $2.8 \text{ Hm}^3/\text{an}$  et aux quatre retenues collinaires qui s'y trouvent, avec un volume mobilisé total de  $0.3 \text{ Hm}^3/\text{an}$ .
2. Pour ce qui est de la fraction du bassin versant Fodda incluse dans l'aire de la wilaya, le volume mobilisé est de  $16.3 \text{ Hm}^3/\text{an}$  dont  $0.3 \text{ Hm}^3/\text{an}$  à partir de la retenue de Sidi Ghalem. Et barrage Kodiet Rosfa dont la capacité est de  $67 \text{ Hm}^3/\text{an}$  servira à régulariser un volume important ( $16 \text{ Hm}^3/\text{an}$ ) du bassin de l'Oued Fodda vers les localités de cette wilaya, soit 17.20% des apports totaux de ce bassin.
3. Concernant le bassin d'Oued Deurdeur, et ne comptant que sur la fraction faisant partie de la wilaya, 30% des apports de ce dernier soit un volume mobilisé de  $7.2 \text{ Hm}^3/\text{an}$  seront destinés pour couvrir une partie des besoins de la wilaya de Tissemsilt.
4. Pour les sous bassins d'Oued Rhiou Tleta, Oued Sly, Oued Mechti Zergua et Oued Rouina Zeddine on enregistre respectivement les apports annuels suivants :

109.91 Hm<sup>3</sup>/an, 44.19 Hm<sup>3</sup>/an, 38.28 Hm<sup>3</sup>/an et 11.28 Hm<sup>3</sup>/an. Mais il se trouve qu'aucun ouvrage implanté dans les sous bassins susnommés n'est destiné pour la wilaya de Tissemsilt.

#### VI.1.1.1 Le barrage colonel de Bougara (hors wilaya) :

D'après ANBT(2017), le Barrage colonel Bougara avec une capacité de 13 Hm<sup>3</sup> qui est destiné à l'irrigation de 1000 Ha (dont 900 sont situés dans la Wilaya de Tissemsilt et 100 Ha dans la Wilaya de Tiaret se situe dans la wilaya de Tiaret sur l'Oued Nahr Ouassel à 2km du village du même nom.

#### VI.1.1.2 Barrage de Deurdeur (hors wilaya) :

Situé dans la wilaya de Ain Defla, avec un volume mobilisé de 7,2 Hm<sup>3</sup> pour l'alimentation en eau potable des communes de Theniet el Had, El Youssoufia, Laayoune et Khemisti .

#### VI.1.1.3 Barrage kodiet rosfa :

Situé dans le bassin de l'Oued Fodda sur l'oued EL Biod. Avec un volume normal retenu de 67 Hm<sup>3</sup>, et un volume régularisé de 22 Hm<sup>3</sup> par an ; dont 16 Hm<sup>3</sup> de cet ouvrage prévu pour l'alimentation en eau potable de la Wilaya de Tissemsilt, et le reliquat servira à l'irrigation dans la Wilaya de Chlef.

#### VI.1.1.4 Barrage de M'ghila :

Avec une capacité de 4 Hm<sup>3</sup> destiné à l'irrigation de 500 Ha, et situé dans la commune de Laayoune.

Nom Barrages	Capacité (Hm <sup>3</sup> )	Volume régularisé (Hm <sup>3</sup> )	Destination AEP (Hm <sup>3</sup> )	Destination Irrigation (Hm <sup>3</sup> )
M'ghila	4	2,8		2,8
Bougara (hors région)	13	5,5		5,5
Deurdeur (hors région)	25	7,2	7,2	
Kodiet Rosfa	67	22	16	6
Total	109	37,5	23,2	14,3

*Tableau 24 : Infrastructures de mobilisation (barrages) (Source DRE).*

## VI.1.2 Ressources en eau souterraines :

Le territoire de la wilaya de Tissemsilt compte tenu 123 points d'eau souterraine, mobilisent un volume estimé à 5,05 hm<sup>3</sup>/an, répartis en :

- 64 forages, 17 seulement sont exploités pour l'alimentation en eau potable.
- 45 sources (DRE TISSEMSILT, .2011).

Code bassin versant	Unité hydrogéologique	Nombre de forages	Volume (Hm <sup>3</sup> )
0125	Calcaires djebel Sidi Hamou	01	0.22
0116 et 0123	Complexe Crétacé (plusieurs zones)	05	0.72
0110	Dépression Khemisti – Lâayoune	03	0.68
0123	Grès et calcaires de djebel Chafia	01	0.12
0110	Grès numidiens du Djebel El Meddad	02	0.09
0110	Dépression Tissemsilt O/Bessam	02	0.57
0107	Plateau de Sersou (Nappe de Rechaiga hors wilaya )	06	5.68
	<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>8.08</b>

*Tableau 25 : volume mobilisable des forages destinés à l'AEP de la wilaya de Tissemsilt (Source DRE).*

### VI.1.2.1 Les puits :

La majorité des puits exploités dans la wilaya de Tissemsilt sont des puits de drainage le long des Oueds (Lardjem oued Fodda ...) et servent à l'alimentation en eau potable des agglomérations et à l'irrigation. Les puits privés sont mal connus.

COMMUNE	NOM DU PUIITS	X (m)	Y (m)	Q (l/s)
KHEMISTI	FERRADJA 1	431000	268800	1.5
LARDJAM	LARDJEM P1	395450	271200	6
	LARDJEM P2	395400	271100	6
	LARDJEM P3	395550	271100	6
	LARDJEM P4	396000	269600	5
	LARDJEM P5	396200	269650	7
	LARDJEM P6	396425	269700	6
THENIAT EL HAD	PUIT BRAREK	438667	288425	Faible
SIDI LANTRI	Sidi Lantri P1	392725	266600	1
	Sidi Lantri P2	392825	266600	5
	Sidi Lantri P3	392800	266500	-
TISSEMSILT	Ain Sfa	-	-	3.5
LAAYOUNE	Meguesba	-	-	0.5
MAACEM	Sfisfa			0.8

*Tableau 26 liste des puits publiques destinées l'AEP des agglomération (Source DRE).*

Le puit de Ain Sfa qui se trouve à cinq kilomètres au Nord de la commune de Tissemsilt, elle est entouré par des champs de céréaliculture Le volume de ce puit est 145 (m<sup>3</sup>/j).

## **VI.2 Evaluation des besoins en eau pour différents secteur :**

### **VI.2.1 La population :**

Nous avons obtenu les données de population à partir du Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU).

#### **VI.2.1.1 Répartition de la population :**

La répartition spatiale de la population de la commune de Tissemsilt traduit un déséquilibre entre le chef-lieu et les agglomérations secondaires, alors que le chef-lieu occupe la première position, suivi par l'agglomération secondaire puis la zone épars.



Population de Tissemsilt selon les RGPH						
Localité		Population			Taux d'accroissement	
N°	Agglomération	RGPH 1987	RGPH 1998	RGPH 2008	1987-1998	1998-2008
1	ACL	25 988	51 735	66 084		
2	AS	2 234	5 530	5 205		
3	Zone Eparses	6 111	3 890	3 908		
<b>TOTAL COMMUNE</b>		34 333	61 155	75 197	5,34	2,1

Tableau 27: Population de Tissemsilt selon les RPH

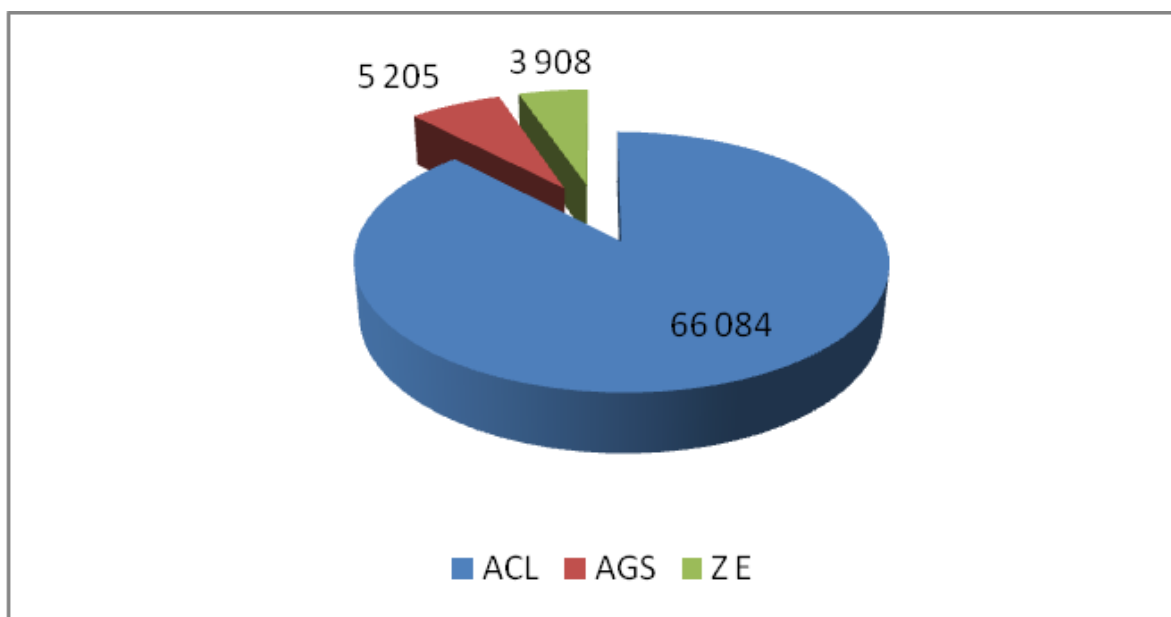


Figure 29 : Population de Tissemsilt par dispersion .

### VI.2.1.2 L'évolution de la population :

a) **Méthode 1** : le taux d'accroissement annuel moyen (TAAM) :

Cette variante repose sur le taux d'accroissement annuel moyen (TAAM) calculé sur la période 1998 - 2008. Ce taux traduit le dynamisme socio démographique de l'agglomération.

Le taux d'accroissement annuel observé a été calculé pour les périodes 1987/1998,

1998/2008 et 1987/2008 selon la formule suivante :

$$\text{TAAM (Période A-B)} = (\text{PopB/PopA})^{1/B-A}$$

Avec :

- TAAM période AB = taux d'accroissement annuel moyen entre année A et année B.
- Pop A = population de l'année A.

- Pop B = population l'année B.
- A-B = nombre d'années de la période.

**Avantage :** le TAAM traduit le dynamisme sociodémographique d'une ville. Il constitue un outil régulièrement utilisé par l'ONS ;

**Inconvénient :** il traduit l'historique. Il suppose un accroissement identique sur toute la période.

	RGPH 1998	RGPH 2008	TAAM
<b>TISSEMSILT</b>	61 155	75197	2.1

*Tableau 28: le taux d'accroissement annuel moyen TAAM.*

#### b) Méthode 2 : le PNE

Le PNE (Plan National de l'Eau) actualisé en 2010 a classé la wilaya de TISSEMSILT dans la région démographique « Hauts Plateaux ».

En matière de strate urbaine la ville de TISSEMSILT relève de la catégorie « urbain ».

Le principe de base retenu dans l'étude d'actualisation du PNE consistait à établir une matrice de taux d'accroissement pour chaque horizon en fonction de deux paramètres :

- région programme (nord littoral, nord intérieur, Hauts plateaux, sud).
- strate urbaine (population de l'agglomération).

Les taux d'accroissement de la population retenus par le PNE Tissemsilt sont :

- 2008/2010 : 2.5 %
- 2010/2015 : 2.5 %
- 2015/2020 : 2 %
- 2020/2025 : 1.8 %
- 2025/2030 : 1.6 %
- 2030/2040 : 1.6 %

Pour la comparaison des différentes hypothèses jusqu' à 2040, nous appliquons les taux du PNE prévus pour la période 2025 / 2030 à la période 2030 / 2040.

TAAM 98 / 2008			PNE	
	TAUX	POPUL	TAUX	POPUL
2008	.	75197	.	75197
2010	2.1	78388	2.5	79004
2015	2.1	86972	2.5	89386
2020	2.1	96496	2	98689
2025	2.1	107063	1.8	107896
2030	2.1	118786	1.6	116809
2035	2.1	131794	1.6	126457
2040	2.1	146226	1.6	127472
EVOL 2008-2040	1.94		1.70	

*Tableau 29 : les taux et populations obtenus selon les 2 méthodes.*

## VI.2.2 Evolution des besoins en eau à usage domestique (AEP) :

*Tableau 30 : Evolution des abonnés et des volumes factures (Source DRE).*

Année	Volume facturé (m3)
<b>2010</b>	860 796
<b>2011</b>	1 952 440
<b>2012</b>	2 255 290
<b>2013</b>	2 239 994
<b>2014</b>	2 691 868

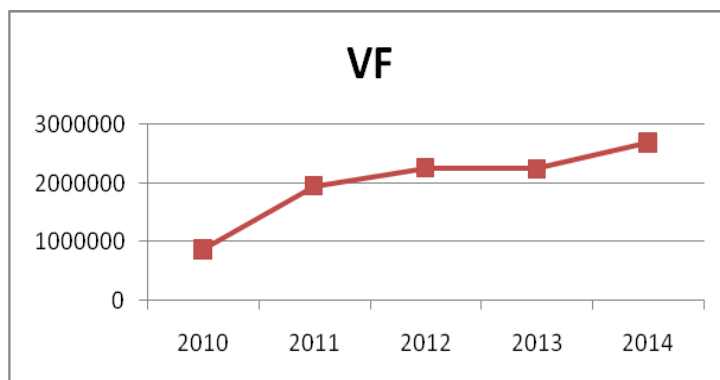


Figure 30 : Evolution du volume facturé (en m<sup>3</sup>) durant la période 2010-2014(Source DRE).

### VI.2.2.1 Calcul de la demande unitaire domestique

- **Dotation journalière actuelle :**

A partir des volumes facturés en 2014, nous pouvons calculer la dotation en eau moyenne.

La dotation est calculée sur la base de la population raccordée au réseau public.

Le taux de raccordement au réseau AEP est tiré du recensement (RGPH 2008).

	Nb abonnés	%	Volume facturé	%	Population desservie 97% de pop 2015	Dotation l/h/j
<b>Cat1</b>	<b>14507</b>	<b>94.9</b>	<b>1974657</b>	<b>73.4</b>	<b>86366</b>	<b>63</b>

Tableau 31: dotation journalière actuelle (Source DRE).

### VI.2.2.2 Demande en eau globale :

Les besoins en eau potable de l'ensemble de la commune sur la base d'une dotation journalière de 63 l/hab/jour, en appliquant la formule suivante :

$$Q = N \text{ Hab } \times q$$

Avec :

**Q** : le besoin en eau potable de la population en (m<sup>3</sup>/an).

**N Hab** : le nombre d'habitant.

**q** : la dotation journalière en (m<sup>3</sup>/habitant/jour).

Pour l'ensemble des horizons considérés les besoins sont donnés dans le tableau suivant

	taux (pop)	popul	besoins en eau(Hm3)	taux (pop)	popul	besoins en eau(Hm3)
<b>2015</b>	2,1	86972	<b>5.47</b>	2,5	89386	<b>5.63</b>
<b>2020</b>	2,1	96496	<b>6.07</b>	2	98689	<b>6.21</b>
<b>2025</b>	2,1	107063	<b>6.74</b>	1,8	107896	<b>6.79</b>
<b>2030</b>	2,1	118786	<b>7.48</b>	1,6	116809	<b>7.35</b>
<b>2035</b>	2,1	131794	<b>8.30</b>	1,6	126457	<b>7.96</b>
<b>2040</b>	2,1	146226	<b>9.21</b>	1,6	127472	<b>8.03</b>

*Tableau 32 : Evolution des besoins en eau à usage domestique en Hm3 dans la commune de Tissemsilt.*

Le tableau ci-dessous résume l'évolution des besoins en eau en parallèle avec l'évolution de la population, selon une dotation moyenne fixée par la DRE de Tissemsilt à 150 l / j / hab.

	taux (pop)	popul	besoins en eau(Hm3)	taux (pop)	popul	besoins en eau(Hm3)
<b>2015</b>	2,1	86972	<b>13.04</b>	2,5	89386	<b>13.40</b>
<b>2020</b>	2,1	96496	<b>14.47</b>	2	98689	<b>14.80</b>
<b>2025</b>	2,1	107063	<b>16.05</b>	1,8	107896	<b>16.18</b>
<b>2030</b>	2,1	118786	<b>17.81</b>	1,6	116809	<b>17.52</b>
<b>2035</b>	2,1	131794	<b>19.86</b>	1,6	126457	<b>18.96</b>
<b>2040</b>	2,1	146226	<b>21.93</b>	1,6	127472	<b>19.12</b>

*Tableau 33 : Perspective de l'évolution de la population et de la demande en eau potable dans la commune Tissemsilt période (2015-2040).*

**Méthode 1** : le taux d'accroissement annuel moyen (TAAM) :

La population de la commune de Tissemsilt est de l'ordre de 86972 habitants en 2015, et selon les projections, cette population peut dépasser les 146226 habitants à l'horizon 2040. D'après le tableau précédent, on constate que les besoins en AEP ont augmentés de 13.04 millions de m<sup>3</sup> en 2015, pour atteindre en 2020 environ de 14.47 millions de m<sup>3</sup> et ils s'élèveraient en 2040 environ 21.93 millions de m<sup>3</sup>.

**Méthode 2** : le PNE

La population de la commune de Tissemsilt est de l'ordre de 89386 habitants en 2015, et selon les projections, cette population peut dépasser les 127472 habitants à l'horizon 2040. D'après le tableau précédent, on constate que les besoins en AEP ont augmentés de 13.40

millions de m<sup>3</sup> en 2015, pour atteindre en 2020 environ de 14.80 millions de m<sup>3</sup> et ils s'élèveraient en 2040 environ 19.12 millions de m<sup>3</sup>.

Ces projections de l'évolution des besoins en eau potable dans la commune de Tissemsilt sont risqué d'être sous estimées, parce qu'elles sont basées sur l'hypothèse de constance des demandes en eau potable par habitant (scénario tendanciel). Cette hypothèse a sans doute pour défaut de ne pas prendre en compte les croissances des demandes en eau potable par commune.

### VI.2.2.3 L'agriculture :

La commune de Tissemsilt est une région à vocation agricole, à cause de la superficie importante des terres agricoles, qui occupe une grande surface de la commune, avec une superficie agricole utile (S.A.U) occupe 10.32% de la superficie total des terres agricoles de la wilaya soit environ 18 507 ha.

Commune	Commune (ha)	Superficie agricole utile (SAU) en (ha)	Superficie irriguée TOTAL (ha)
Tissemsilt	21000	18507	1545

*Tableau 34 : superficie irriguée dans la Commune de Tissemsilt pour l'année 2018 (Source DRE).*

Type de culture	Maraichères	Arbo	Grande cul	Industrielles	Fourrager
Irriguée (ha)	96	933	299	0	217

*Tableau 35 : répartition de la superficie irriguée par types de cultures pour l'année 2018 (Source DRE).*

### VI.2.2.4 Les besoins en eau pour l'agriculture

Les besoins en eau d'irrigation sont de 1900 m<sup>3</sup>/ha (valeur approximative) ,

Donc pour une superficie agricole utile de 18507ha on a besoin d'un volume de 35.16 Hm<sup>3</sup>/an, mais nous avons seulement une superficie irriguée de 1545 ha, alors on aura besoin d'un volume de 2.9 Hm<sup>3</sup>/an.

L'évolution des besoins en eau pour l'agriculture est liée directement à l'augmentation des terres agricoles irrigables.

#### VI.2.2.5 L'industrie :

Au niveau de Tissemsilt, il est recensé trois unités pouvant figurer dans la liste des grandes industries :

- Usine couvertex (sofact)- textile.
- Sarl amine chine-cour de justice–chantier.
- station d'épuration.

#### VI.2.2.6 Les besoins en eau pour L'industrie :

La définition de la grande industrie se fait par le biais de la consommation journalière. Le PNE a retenu une consommation égale ou supérieure à 40 m<sup>3</sup>/jour. Au niveau de Tissemsilt, il est recensé trois unités pouvant figurer dans la liste des grandes industries. Il s'agit de :

Abonnée	Nom	Consommation 2014(m <sup>3</sup> /J)
C40001	Usine couverture (sofact)	18170
C40088	Sarl amine chine-cour de justice-chantier	4967
C40098	Station d'épuration	3700

*Tableau 36: les besoins en eau pour l'industrie (Source DRE).*

Les besoins en eau pour L'industrie (AEI) est de 9.79 hm<sup>3</sup>/an (pour année 2014).

Le PDAU et le SNAT/SRAT ne projettent pas d'activités industrielles additionnelles dans le futur pour la ville de TISSEMSILT pour laquelle les activités agricoles sont privilégiées.

**Conclusion :**

L'évolution des besoins en eau potable de l'ensemble de la commune sur la base d'une dotation journalière de 63 l/hab/jour est varié de 5.47 Hm<sup>3</sup>(2015) à 9.21 Hm<sup>3</sup>(2040) à partir la méthode 1 (taux d'accroissement annuel moyen "TAAM") et varie de 5.63 Hm<sup>3</sup>(2015) à 8.03 Hm<sup>3</sup>(2040) à partir la méthode 2 (Plan National de l'Eau "PNE"). Selon une dotation moyenne fixée par la DRE de Tissemsilt à 150 l / j / hab. l'alimentation en eau potable, ils passent de 13.04 Hm<sup>3</sup>/an à près de 21.93 Hm<sup>3</sup>/an. (Méthode 1 TAAM) et il passante de 13.40 Hm<sup>3</sup>/an à près de 19.12 Hm<sup>3</sup>/an. (Méthode 2 PNE)

L'augmentation des besoins en eau potable dans le temps due essentiellement à l'augmentation de la population.

L'évolution des besoins en eau pour l'agriculture est liée directement à l'augmentation des terres agricoles irrigables. Pour une superficie irriguée de 1545 ha, on a besoin d'un volume de 2.9 Hm<sup>3</sup>/an. (Pour année 2018).

Les besoins en eau pour L'industrie (AEI) est de 9.79 hm<sup>3</sup>/an (pour année 2014).



# **Conclusion Générale**

## CONCLUSION GENERALE

La présente étude menée sur La région Tissemsilt qui se situe dans la wilaya de Tissemsilt, au sud-ouest d'Alger. La wilaya fait partie de la bordure sud du tell. Avec une population de 320276 habitants.

Les terres agricoles (S.A.U) occupent près de 56% de la superficie total soit environ 179 243.90 ha.

Dans la zone d'étude la superficie agricole utile (S.A.U) occupe 10.32% de la superficie total des terres agricoles de la wilaya soit environ 18 507 ha.

Deux grands périmètres d'irrigation dans la wilaya : Le périmètre de BOUGARA avec 800 ha environ et le deuxième celui de M'GHILA d'une superficie de 931 ha.

Le secteur de l'industrie a pour principale mission la structuration et l'encadrement des établissements industriels aussi bien de services que de production.

L'altitude plus que le sol impose son empreinte en ce domaine. Le manteau forestier demeure sans doute l'élément le plus remarquable du massif de l'Ouarsenis.

Le territoire de la wilaya de Tissemsilt, ne constitue pas une seule unité hydrographique, mais il se trouve à la tête des 9 bassins versants dans la région de l'Ouarsenis.

La nature géomorphologique de la wilaya de Tissemsilt offre trois ensembles distincts :

- ✓ Une zone montagneuse.
- ✓ Une zone des hautes plaines.
- ✓ Une zone steppique.

Dans l'ensemble, la région étudiée se situe dans la partie méridionale de la zone externe du domaine Tallien. La géologie de la région de Tissemsilt s'inscrit dans le cadre de l'évolution de la chaîne tellienne et en particulier celle du massif de l'Ouarsenis. et ensemble à structure complexe est formé de 3 sous-ensembles :

Au nord, la zone interne du socle du Djebel Doui qui livre les formations du paléozoïque tel des roches cristallophylliennes, des schistes de Littré et des séries volcaniques.

Au centre, la zone externe comprenant des unités diversifiées et fortement charriées dont l'Age de sédimentation va du Trias jusqu'à l'Oligocène : unités telliennes.

## CONCLUSION GENERALE

Au sud, la bordure sud tellienne représentée par un faciès de remplissage de zones dépressionnaires et subsidences : Il s'agit du Miocène inférieur, du pliocène et du quaternaire

La zone d'étude est située à l'Est de la chaîne de l'Ouarsenis qui, elle-même fait partie du sillon tellien méridional. La série stratigraphique de la zone étudiée est extrêmement variée. Elle englobe des terrains appartenant au Trias, au jurassique, au crétacé, à l'Eocène, à l'Oligocène, au Miocène et au Plio-Quaternaire.

L'ensemble des données climatiques permet d'attribuer à la région un climat semi-aride à écoulement temporaire ( $I= 18.93$ ) caractérisé par un période humide et pluvieux allant du mois Septembre au mois de Mai, et un période chaud et sec allant du mois de juin au mois de Aout.

Le ruissellement est de  $71.16 \text{ mm/an}$ , L'infiltration calculée est égale à  $59.38 \text{ mm/an}$ .

La zone d'étude a une moyenne annuelle des précipitations de  $488.48 \text{ mm}$  et une température moyenne annuelle évaluée à  $15.8^\circ\text{C}$ . L'ETP annuelle est estimée à  $738.89 \text{ mm}$  alors que l'ETR totale est de  $357.94 \text{ mm}$ . la moyenne annuelle de déficit agricole évaluée à  $380.95 \text{ mm}$ .

En ce qui concerne l'hydrogéologie, qui est le produit de la géologie du terrain, on a pu identifier deux types de nappes (superficielles et profondes) :

Les nappes phréatiques : (superficielles) : -le remplissage Plio-Quaternaire des dépressions de Laayoune, Khemisti, Tissemsilt et Ouled Bassam ainsi que les vallées alluviales des Oueds Lardjem et Nahr Ouassel qui sont relativement exploitées ; forment de bons aquifères superficiels.

Les nappes profondes : Les nappes profondes représentées principalement par les réservoirs calcaires et gréseux, qui sont structurellement complexes et très mal connues.

Des prospections géophysiques pour chaque unité hydrogéologique (grès numidiens, les formations calcaires...), sont nécessaires pour identifier les zones susceptibles d'être aquifères exploitables.

L'étude du chimisme des eaux des forages analysée possède une bonne qualité Physique avec des paramètres physiques dans les normes algérienne, Par contre la qualité chimique est mauvaise à cause des quantités élevée des quelques paramètres chimiques telles que :

## CONCLUSION GENERALE

Le calcium dans les forages de Ammari F2 avec une valeur de 228.63 mg/l et Taabis avec 200.49 mg/l.

Le Sodium dans les forages d'Amari F2 avec 240 mg/l, Bouzegza F5 avec 210 mg/l, Tamelaht F5 avec 407 mg/l et Taabis avec 254 mg/l.

Les Chlorures dans les forages de Ammari F2 avec 705 mg/l, Tamelaht F5 avec 637.5 mg/l et Taabis avec 527.5 mg/l.

Les Sulfates dans les forages de Ammari F2 avec 642.5 mg/l et Tamelaht F5 avec 612 mg/l.

Les Nitrates dans les forages de Braik F2 avec 79 mg/l, Sidi Lantri avec 62 mg/l et Taabis avec 70 mg/l.

L'évolution des besoins en eau potable de l'ensemble de la commune sur la base d'une dotation journalière de 63 l/hab/jour est varié de 5.47 Hm<sup>3</sup>(2015) à 9.21 Hm<sup>3</sup>(2040) à partir la méthode 1 (taux d'accroissement annuel moyen "TAAM") et varie de 5.63 Hm<sup>3</sup>(2015) à 8.03 Hm<sup>3</sup>(2040) à partir la méthode 2 (Plan National de l'Eau "PNE"). Selon une dotation moyenne fixée par la DRE de Tissemsilt à 150 l / j / hab. l'alimentation en eau potable, ils passent de 13.04 Hm<sup>3</sup>/an à près de 21.93 Hm<sup>3</sup>/an. (Méthode 1 TAAM) et il passante de 13.40 Hm<sup>3</sup>/an à près de 19.12 Hm<sup>3</sup>/an. (Méthode 2 PNE).

L'augmentation des besoins en eau potable dans le temps due essentiellement à l'augmentation de la population.

L'évolution des besoins en eau pour l'agriculture est liée directement à l'augmentation des terres agricoles irrigables. Pour une superficie irriguée de 1545 ha, on a besoin d'un volume de 2.9 Hm<sup>3</sup>/an. (Pour année 2018).

Les besoins en eau pour L'industrie (AEI) est de 9.79 hm<sup>3</sup>/an (pour année 2014).

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographique

**D.R.E** : Direction des Ressources en Eau

**A.N.R.H** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

**ADE** : Algérienne Des Eaux

**DRE ,2010** Réalisation de trois études géophysiques à travers la wilaya de Tissemsilt.

**ADE 2016** : Etude du diagnostic pour la réhabilitation du système d'AEP de la ville de Tissemsilt.

**DRE TISSEMSILT. 2011** Evaluation des ressources en eaux et en sols de la wilaya de Tissemsilt.

**DRE., 2008.** Schéma Directeur de la wilaya de Tissemsilt., Mission 1. Etat des lieux.

# Annexe

## ANNEXE

<b>Année</b>	<b>Janvier</b>	<b>Février</b>	<b>Mars</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juillet</b>	<b>Aout</b>	<b>Septembre</b>	<b>Octobre</b>	<b>Novembre</b>	<b>Décembre</b>	<b>totale</b>
<b>1976</b>	25.6	180.8	49.2	58.0	67.4	10.4	00	4.3	32.5	141.8	63.8	77.4	<b>711.2</b>
<b>1977</b>	103.3	32.9	34.1	42.2	83.5	24.3	4.9	2.3	1.2	43.3	113.3	45.7	<b>531</b>
<b>1978</b>	132.7	23.0	72.6	100.2	54.8	1.3	00	13.9	00	69.4	70.5	29.6	<b>568</b>
<b>1979</b>	88.0	158.2	52.0	94.8	10.4	10.5	00	1.2	23.6	69.0	61.5	40.5	<b>609.7</b>
<b>1980</b>	43.6	35.9	179.0	87.8	69.3	2.0	00	2.4	23.7	26.2	32.1	157.0	<b>659</b>
<b>1981</b>	12.1	81.7	42.6	93.5	20.0	1.0	00	23.7	3.2	8.8	2	65.9	<b>354.5</b>
<b>1982</b>	72.3	111.0	28.0	91.0	53.9	4.2	00	3	4.3	35.8	94.4	107.8	<b>605.7</b>
<b>1983</b>	00	32.6	20.5	3.4	8.8	00	00	9	00	6.3	84.8	55.0	<b>220.4</b>
<b>1984</b>	48.9	69.0	59.5	34.3	70.6	17.0	00	6.0	16.5	30.0	67.2	66.1	<b>485.1</b>
<b>1985</b>	98.0	33.0	101.6	15.5	51.0	00	00	00	15.5	13.0	60.5	101.3	<b>489.4</b>
<b>1986</b>	108.8	138.2	144.7	48.2	12.7	3.6	00	3.0	28.0	64.0	38.0	72.5	<b>661.7</b>
<b>1987</b>	117.1	137.3	24.1	5.0	10.5	2.5	12.5	00	10.9	82.7	87.1	41.0	<b>530.7</b>
<b>1988</b>	66.9	35.4	41.7	47.2	64.9	51.7	00	79.1	2.0	19.0	49.8	46.7	<b>504.4</b>
<b>1989</b>	21.4	38.6	72.0	56.4	23.2	67.5	10.0	37.5	20.7	11.0	15.0	26.3	<b>399.6</b>
<b>1990</b>	91.6	0.4	23.3	52.1	55.1	15.4	3.8	00	35.7	6.1	43.7	10.14	<b>337.34</b>
<b>1991</b>	64.2	78.9	141.9	15.5	13.6	5.3	1.0	21.6	8.8	52.3	25.9	21.1	<b>450.1</b>
<b>1992</b>	51.5	19.0	73.1	68.2	62.3	19.3	10.2	11.8	3.0	23.8	29.0	51.7	<b>422.9</b>
<b>1993</b>	4.3	19.0	27.8	60.7	53.8	00	1.1	14.5	35.7	17.4	44.8	50.1	<b>329.2</b>
<b>1994</b>	47.0	59.2	3.6	30.0	4.8	00	00	10.5	60.4	99.8	28.2	15.3	<b>358.8</b>
<b>1995</b>	99.3	17.3	102.0	33.6	4.5	14.5	1	19.5	32.7	22.2	37.3	68.6	<b>452.5</b>
<b>1996</b>	95.5	19.85	66.6	94.0	36.0	14.9	25.1	13.5	7.5	23.6	6.3	64.0	<b>466.85</b>
<b>1997</b>	101.1	8.7	00	193.5	20.7	4	00	64.3	72.3	42.0	152.9	67.4	<b>726.9</b>
<b>1998</b>	44.6	33.2	19.1	94.8	90.7	1.5	1	2.7	1.8	13.2	20.9	57.3	<b>380.8</b>



## ANNEXE

<b>1999</b>	149,6	50,2	107,7	0	25,7	0	0,1	5,4	51,6	77,7	40,1	150,6	<b>658,7</b>
<b>2000</b>	1,1	0,1	5,9	37,5	40,8	0,1	0,1	2,9	46	81,1	81,5	63,3	<b>360,4</b>
<b>2001</b>	138,6	68,4	3,3	55,8	18,7	0,8	0	4,6	52	16,2	68,4	51,5	<b>478,3</b>
<b>2002</b>	12,1	11,1	41,1	56,3	60	10,9	0,2	11,3	3,9	13,9	83	82,2	<b>386</b>
<b>2003</b>	116	98,8	11,3	82,3	34,2	17,6	0,4	18,5	4	80	81,8	100,5	<b>645,4</b>
<b>2004</b>	21,9	53,8	22,3	43,6	73	36,5	0,9	8,4	29,4	26,6	32,3	139,8	<b>488,5</b>
<b>2005</b>	31,7	47,9	39,2	10,6	1,6	3,3	1,2	0	24,1	69,1	71,4	38,3	<b>338,4</b>
<b>2006</b>	132,7	98,8	27,2	53,7	104	2,7	0	7,3	21	10,2	5,9	69,4	<b>532,9</b>

**Annexe 1** : Distribution interannuelle des précipitations mensuelles en (mm) à la station de Tissemsilt (1976/1977-2006/2007)

# Liste des abréviations

- A.E.P : Alimentation en Eau Potable
- A.E.A : Alimentation en Eau d'Agriculture
- A.E.I : Alimentation en Eau d'Industrie
- A.D.E : Algérienne Des Eaux
- A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
- D.R.E : Direction des Ressources en Eau
- S.A.U : Superficie Agricole Utile
- T.A.A.M : Taux d'Accroissement Annuelle Moyen
- O.N.S : Office Nationale des Statistiques
- P.N.E : Plan Nationale de l'Eau
- S.N.A.T : Schéma Nationale d'Aménagement du Territoire
- S.R.A.T : Schéma Régional d'Aménagement du Territoire
- A.N.B.T : Agence Nationale des Barrages et Transfert
- P.D.A.U : Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
- A.C.L : Agglomération de Chef-Lieu
- A.S : Agglomération Secondaires
- Z.E : Zone Eparses

# Liste des tableaux

<b>Tableau 1: évolution démographique de la population de wilaya Tissemsilt. ....</b>	<b>8</b>
<b>Tableau 2 : Coordonnées géographiques de station météorologique. ....</b>	<b>29</b>
<b>Tableau 3 : Variations moyennes mensuelles des précipitations en (mm) (station de Tissemsilt). ....</b>	<b>30</b>
<b>Tableau 4 : Précipitations moyennes annuelles en (mm) et coefficients pluviométriques (CP) de Tissemsilt (1976/1977-2006/2007). ....</b>	<b>34</b>
<b>Tableau 5 : Variations moyennes mensuelles des températures en (°C) à la station de Tissemsilt (1976/1977-2006/2007). ....</b>	<b>35</b>
<b>Tableau 6 : répartition mensuelle de l'humidité relative à la station de Tissemsilt. ....</b>	<b>39</b>
<b>Tableau 7 La vitesse moyenne mensuelle du vent en (m/s) à la station de Tissemsilt (1976-2006) ....</b>	<b>39</b>
<b>Tableau 8 : Evapotranspiration mensuelle de la station de Tissemsilt (1976-2006). ....</b>	<b>40</b>
<b>Tableau 9 : Le bilan hydrique de C.W. Thornthwaite de la station de Tissemsilt. ....</b>	<b>43</b>
<b>Tableau 10 : volume mobilisable des forages destinés à l'AEP de la wilaya de Tissemsilt (Source DRE). ....</b>	<b>50</b>
<b>Tableau 11 : Description des sources du parc national de la commune de Tissemsilt(Source DRE). ....</b>	<b>52</b>
<b>Tableau 12 : Echelle des résistivités adoptées (DRE Tissemsilt). ....</b>	<b>58</b>
<b>Tableau 13 : Normes algériennes de potabilité des eaux (Source ADE 2018). ....</b>	<b>63</b>
<b>Tableau 14 : Répartition des points de prélèvement. ....</b>	<b>64</b>
<b>Tableau 15: Résultats de mesure du pH des points de prélèvement. ....</b>	<b>65</b>
<b>Tableau 16: Résultats de mesure de CE (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>) des points de prélèvements. ....</b>	<b>65</b>
<b>Tableau 17: Résultats de dosage de Calcium des points de prélèvement. ....</b>	<b>66</b>
<b>Tableau 18: Résultats de dosage de Magnésium des points de prélèvement. ....</b>	<b>67</b>
<b>Tableau 19: Résultats de dosage de Potassium (mg/l) des points de prélèvement. ....</b>	<b>68</b>
<b>Tableau 20: Résultats de dosage de Cl<sup>-</sup> (mg/l) des points de prélèvement. ....</b>	<b>68</b>
<b>Tableau 21: Résultats de dosage de sulfates (mg/l) des points de prélèvement. ....</b>	<b>69</b>
<b>Tableau 22: Résultats de dosage de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l) de points de prélèvement. ....</b>	<b>71</b>
<b>Tableau 23: Résultats de dosage de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l) des points de prélèvement. ....</b>	<b>71</b>
<b>Tableau 24 : Infrastructures de mobilisation (barrages) (Source DRE). ....</b>	<b>75</b>

<b>Tableau 25 : volume mobilisable des forages destinés à l'AEP de la wilaya de Tissemsilt (Source DRE).</b> .....	76
<b>Tableau 26 liste des puits publiques destinées l'AEP des agglomération (Source DRE).</b>	77
<b>Tableau 27: Population de Tissemsilt selon les RPGH</b> .....	78
<b>Tableau 28: le taux d'accroissement annuel moyen TAAM.</b> .....	79
<b>Tableau 29 : les taux et populations obtenus selon les 2 méthodes.</b> .....	80
<b>Tableau 30 : Evolution des abonnés et des volumes factures (Source DRE).</b> .....	80
<b>Tableau 31: dotation journalière actuelle (Source DRE).</b> .....	81
<b>Tableau 32 : Evolution des besoins en eau à usage domestique en Hm3 dans la commune de Tissemsilt.</b> .....	82
<b>Tableau 33 : Perspective de l'évolution de la population et de la demande en eau potable dans la commune Tissemsilt période (2015-2040).</b> .....	82
<b>Tableau 34 : superficie irriguée dans la Commune de Tissemsilt pour l'année 2018 (Source DRE).</b> .....	83
<b>Tableau 35 : répartition de la superficie irriguée par types de cultures pour l'année 2018 (Source DRE).</b> .....	83
<b>Tableau 36: les besoins en eau pour l'industrie (Source DRE).</b> .....	84

## Liste des figures

Figure 1: Situation géographique de la wilaya de Tissemsilt (Source DRE).....	4
Figure 2: situation géographique de la zone d'étude. ....	5
Figure 3 : évolution de population du 1987 à 2018.....	8
Figure 4 : Forêts de la wilaya de Tissemsilt (Source DRE). ....	9
Figure 5: Réseau hydrographique de la wilaya de Tissemsilt (Source DRE). ....	10
Figure 6: Bassins versants et réseau hydrographique (Source DRE).....	12
Figure 7: altimétrique de la wilaya de Tissemsilt (Source DRE).....	13
Figure 8: la géologique de la wilaya de Tissemsilt (Source DRE). ....	18
Figure 9: la structurale de la zone d'étude (source DRE Tissemsilt).....	22
Figure 10 : Coupes géologiques à travers la nappe B dans la zone d'étude. ....	23
Figure 11 : Variations moyennes mensuelles des précipitations à station de Tissemsilt (1976-1977/2006-2007). ....	30
Figure 12 : Répartition saisonnière des précipitations en (mm) de la station de Tissemsilt (1976-1977/2006-2007). ....	31
Figure 13 : Distribution des précipitations moyennes saisonnières en (mm) et (%) de la station de Tissemsilt (1976-1977/2006-2007). ....	32
Figure 14 : Variations moyennes annuelles des précipitations à station de Tissemsilt (1976-1977/2006-2007). ....	32
Figure 15 : Variations des coefficients pluviométriques pour la station de Tissemsilt (1976-1977/2006-2007) ....	34
Figure 16 : Variations moyennes mensuelles des températures en (°C) à la station de Tissemsilt 1976/1977-2006/2007.....	36
Figure 17 : Diagramme Ombro-thermique de la station de Tissemsilt (1976-1977/2006-2007) .....	37
Figure 18 : Valeurs de l'indice d'aridité de De Martonne et bioclimat correspondant (De Martonne in Meddour, 2010) .....	38
Figure 19 : Abaque de l'indice d'aridité annuel de Martonne (Station de Tissemsilt, (1976-2006).....	38
Figure 20: Représentation graphique du bilan hydrique de C.W. Thornthwaite de la station de Tissemsilt (1976-2006). ....	44
Figure 21: Zone susceptible d'être aquifère (extrait de la Figure géologique Algérie-Nord (1/500 000) (Source DRE). ....	49

Figure 22 : répartition des forages de la wilaya de Tissemsilt (DRE 2011). .....	51
Figure 23 : Les variations des débits moyens (en l/s) des sources. ....	53
Figure 24 : Logs Litho stratigraphiques des forages étalons (DRE Tissemsilt).....	55
Figure 25 : Etalonnage du sondage étalon 1 à l'aide du forage KHEM 5(DRE Tissemsilt). ..	56
Figure 26 : Etalonnage du sondage étalon 2 à l'aide du forage TISS 1(DRE Tissemsilt). .....	57
Figure 27 : Etalonnage du sondage étalon 3 à l'aide du forage TISS 2 (DRE Tissemsilt). .....	58
Figure 28: Répartition des points de prélèvement.....	64
Figure 29 : Population de Tissemsilt par dispersion . .....	78
Figure 30 : Evolution du volume facturé (en m3) durant la période 2010-2014(Source DRE). .....	81

## Sommaire

<b>Remercîments.....</b>	<b>2</b>
<b>Introduction Générale.....</b>	<b>3</b>
<b>I. Situation géographique :.....</b>	<b>4</b>
I.1 Situation géographique de la zone d'étude : .....	5
I.2 Aperçu Socio-économique : .....	6
I.2.1 Aspect agricole :.....	6
I.2.1.1 Les grands périmètres d'irrigation :.....	6
I.2.2 Aspect industriel :.....	7
I.2.3 Population : .....	8
I.3 Couvert végétale :.....	9
I.4 Réseau Hydrographie : .....	10
I.5 Géomorphologie et relief : .....	12
Conclusion.....	14
<b>II. Etude géologique : .....</b>	<b>16</b>
II.1 Cadre géologique régional (Contexte générale) : .....	17
II.2 Stratigraphie : .....	18
II.3 Géologie et lithologie de la zone d'étude :.....	21
II.3.1 La géologie de la zone d'étude :.....	21
II.3.2 Etude Litho-stratigraphique : .....	22
II.4 Tectonique : .....	25
Conclusion.....	27
<b>III. Hydro climatologie .....</b>	<b>29</b>
III.1 Les facteurs climatiques : .....	29
III.1.1 Analyse des précipitations :.....	29

III.1.1.1	Variations des précipitations dans le temps :.....	29
III.1.1.2	Coefficient pluviométriques (CP) :.....	33
III.1.2	Analyse des températures :.....	35
III.1.2.1	Variations moyennes mensuelles des températures : .....	35
III.1.3	Diagramme Ombro-thermique .....	36
III.1.4	Caractéristiques climatiques d'aridité : .....	37
III.1.5	L'humidité relative de l'air :.....	38
III.1.6	Le vent :.....	39
III.2	Le bilan hydrique :.....	39
III.2.1	Estimation des paramètres du bilan :.....	40
III.2.1.1	L'évapotranspiration :.....	40
III.2.1.2	Le ruissellement :.....	42
III.2.1.3	L'infiltration : .....	43
III.3	Interprétation des éléments du bilan hydrique :.....	43
	Conclusion .....	45
<b>IV.</b>	<b>Etude hydrogéologique .....</b>	<b>46</b>
IV.1	Contexte hydrogéologique :.....	47
IV.1.1	Contexte hydrogéologique général :.....	47
IV.2	Principaux aquifères et zones susceptibles d'être aquifères :.....	47
IV.3	Les nappes de la wilaya de Tissemsilt.....	47
IV.3.1	Les alluvions des Oueds Lardjem et Oued Fodda .....	47
IV.3.2	Les calcaires .....	47
IV.3.3	Les Grès Numidiens : .....	48
IV.4	Ressources Souterraines mobilisées :.....	49
IV.5	Etude des sources de la région de Tissemsilt : .....	51
IV.5.1	Généralités sur les sources :.....	52
IV.5.1.1	Définition : .....	52



IV.6	Evaluation des débits des sources : .....	52
IV.7	Etude géophysique : .....	53
IV.8	Etalonnage à l'aide de forage : .....	54
IV.8.1	Etalonnage de sondage étalon 1 à l'aide de forage KHEM 5 .....	55
IV.8.2	Etalonnage de sondage étalon 2 à l'aide de forage TISS 1 : .....	56
IV.8.3	Etalonnage de sondage étalon 3 à l'aide de forage TISS 1 : .....	57
IV.9	Interprétation des coupes géo électriques : .....	59
	Conclusion .....	59
<b>V.</b>	<b>Etude Hydro chimique .....</b>	<b>62</b>
	Introduction .....	62
V.1	Le chimisme et la qualité des eaux dans la région de Tissemsilt .....	62
V.2	Etude des caractéristiques physico-chimiques des eaux des forages : .....	63
V.2.1	Paramètres Physico-chimiques : .....	65
V.2.1.1	Interprétation des Paramètres physique : .....	65
V.2.1.2	La conductivité électrique : .....	65
V.2.2	Les paramètres chimiques : .....	66
	Conclusion .....	72
<b>VI.</b>	<b>Evaluation des ressources en eau : .....</b>	<b>74</b>
VI.1	La mobilisation des ressources en eaux : .....	74
VI.1.1	Mobilisation des eaux de surface : .....	74
VI.1.1.1	Le barrage colonel de Bougara (hors wilaya) : .....	75
VI.1.1.2	Barrage de Deurdeur (hors wilaya) : .....	75
VI.1.1.3	Barrage kodiet rosfa : .....	75
VI.1.1.4	Barrage de M'ghila : .....	75
VI.1.2	Ressources en eau souterraines : .....	76
VI.1.2.1	Les puits : .....	76
VI.2	Evaluation des besoins en eau pour différents secteur : .....	77

## SOMMAIRE

VI.2.1	La population :.....	77
VI.2.1.1	Répartition de la population : .....	77
VI.2.1.2	L'évolution de la population : .....	78
VI.2.2	Evolution des besoins en eau à usage domestique (AEP) : .....	80
VI.2.2.1	Calcul de la demande unitaire domestique.....	81
VI.2.2.2	Demande en eau globale : .....	81
VI.2.2.3	L'agriculture :.....	83
VI.2.2.4	Les besoins en eau pour l'agriculture.....	83
VI.2.2.5	L'industrie : .....	84
VI.2.2.6	Les besoins en eau pour L'industrie :.....	84
	Conclusion : .....	85
	<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>86</b>
	Références bibliographique .....	91
	Annexe .....	92
	Liste des abréviations.....	95
	Liste des tableaux.....	96
	Liste des figures.....	98
	Sommaire .....	100