

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université de Mohammed Saddik Benyahia Jijel
جامعة جيجل محمد الصديق بن يحي



*Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Sciences de la Terre et de l'Univers*

Département des

*علوم الطبيعة و الحياة كلية
و الكون علوم الأرض قسم*

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du Master 2
Filière : Géologie
Spécialité : Eau et Environnement

Thème

*Gestion intégrée des ressources en eaux dans le bassin versant de
l'oued El Nil (Jijel, NE Algérien).*

Présenté par : Hammadi Dalloula
Harendi Hiba

Soutenu publiquement le : 25/06/2015.

Devant le jury composé de :

Président : Mr Deroiuch.A.M
Encadreur(s) : Mr Zahi Faouzi
Examineur(s) : Mr Kiniouar Houcine

Année Universitaire 2014/2015

Liste des tableaux

	Page
Tableau 01: Caractéristiques morpho-métriques des SBV d'oued El Nil.....	7
Tableau 02 : Indice de compacité de Gravelius des sous bassins d'oued El Nil.....	8
Tableau 03 : Longueurs et largeurs des sous bassins versants d'oued El Nil.....	8
Tableau 04: Les caractéristiques morpho métriques du bassin versant d'oued El Nil.....	9
Tableau 05 : Caractéristique hydrographique du bassin versant d'oued El Nil	11
Tableau 07: Altimétrie du bassin versant d'oued El Nil.....	13
Tableau 08: La dénivelée simple (D) de bassin de l'oued El Nil.....	15
Tableau 09 : Indices de pente globale et de Rochede bassins versant d'oued El Nil.....	15
Tableau 10 : Le dénivelé spécifique de bassin versant l'oued El Nil.....	16
Tableau 11 : Classification de l'ORSTOM de la dénivelée spécifique.....	16
Tableau 12 : Caractéristiques hypsométriques du bassin versant d'oued El Nil.....	16
Tableau 13: Coordonnées de la station météorologique d'Achouat (Taher).....	36
Tableau 14 : Moyenne mensuelle des précipitations	36
Tableau 15: Précipitations moyennes saisonnières.....	36
Tableau 16 : Températures moyennes mensuelles	39
Tableau 17 : Humidité moyenne annuelle	41
Tableau 18 : La classification "D'Euverte".....	42
Tableau 19 : le rapport Précipitations/Température.....	43
Tableau 20 : La classification de "De Martonne".....	43
Tableau 21: L'Evapotranspiration selon la formule de Thornthwaite.....	45
Tableau 22: Résultats de l'ETR (en mm) d'après la formule de Coutagne.....	45
Tableau 23 : Résultats d'ETR (en mm) d'après la formule de Turc.....	46
Tableau 24 : Résultats du ruissellement selon la formule de Tixeront-Berkaloff.....	46
Tableau 25 : Résultats du bilan hydrologique (mm).....	47
Tableau 26 : Bilan hydrique d'après la formule de Thornthwaite.....	48
Tableau 27 : Les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe aquifère d'oued El Nil....	54
Tableau 28 : Calcul du gradient hydraulique (I).....	58
Tableau 29: Classification des eaux en fonction de la conductivité selon les normes algériennes.....	62
Tableau 30 : les paramètres physiques mesurés des eaux de surfaces.....	69
Tableau 31 : Gamme de la dureté totale.....	74
Tableau 32: classification des eaux en fonction de la dureté totale.....	74
Tableau 33: Représentation de la population du bassin d'oued EL Nil 1998.....	77
Tableau 34 : Evolution de la population communale à moyen et longs termes.....	80
Tableau 35 : Evolution de la population à moyen et long terme dans le bassin versant d'oued EL Nil.....	80
Tableau 36: les retenues collinaires dans le bassin versant d'oued EL Nil.....	82
Tableau 37: Récapitulatif des forages dans le bassin versant d'oued EL Nil.....	83
Tableau 38 : Caractéristique des réseaux d'assainissement des agglomérations dans le bassin versant d'oued EL Nil.....	86
Tableau 39 : Alimentation en eau potable dans le bassin d'oued El Nil.....	87
Tableau 40 : Situation actuelle de l'alimentation en eau agricole dans le bassin versant d'oued El Nil.....	89
Tableau 41 : besoin en eau pour industrie.....	89
Tableau 42 : estimation de bilan prévisionnel des besoins (hm ³ /an) en AEP.....	90
Tableau 43 : Besoins futurs en eau d'irrigation (1998-2042).....	91
Tableau 44 : Evolution des besoins futurs en eau industrielle dans le bassin d'oued El Nil.....	92
Tableau 45 : Evolution des besoins en eau dans le bassin versant d'oued El Nil (1998- 2042).....	92

Liste des figures

	Page
Figure 01: Localisation de la Wilaya de Jijel.....	3
Figure 02 : Situation de Bassin versant d'oued El Nil.....	4
Figure 03 : Carte hypsométrique du bassin versant d'oued El Nil.....	5
Figure 04 : Les sous bassins versants d'oued El Nil.....	6
Figure 05 : Réseau hydrographique de bassin versant d'oued El Nil.....	10
figure06 : Courbe hypsométrique du BV d'oued El Nil.....	14
Figure 07 : Principales agglomérations de BV d'oued El Nil.....	17
Figure 08: Schéma structural de la méditerranée occidentale.	20
Figure 09 : Cadre géologique de la Petite Kabylie.....	22
Figure 10: Coupe géologique représente le Domaine des flyschs.....	25
Figure 11: Esquisse géologique de bassin d'oued El Nil.....	29
Figure 12: Colonne litho stratigraphique de la plaine d'oued El Nil	32
Figure 13: Coupe géologique (Nord– Sud) représentative de BV d'oued El Nil.....	33
Figure 14: Coupe géologique (Est– Ouest) représentative de BV d'oued El Nil.....	34
Figure 15 : Situation de la station pluviométrique (Taher).....	35
Figure 16 : Carte pluviométrique de la Wilaya de Jijel (ANRH, 1993).....	37
Figure 17 : Précipitations moyennes mensuelles	37
Figure 18: Précipitations moyennes saisonnières.....	38
Figure 19 : Précipitations annuelles (station de Taher ; 1988/1989-2013/2014).....	39
Figure 20: Températures moyennes mensuelles	40
Figure 21 : Diagramme Ombrothermiquedu bassin versant d'oued El Nil.....	41
Figure 22: Humidité moyenne mensuelle	42
Figure 23 : Représentation graphique du bilan de C.W.Thornthwaite.....	49
Figure 24: Log stratigraphique de forage ON 9 Oued El Nil (DHW).....	51
Figure 25 : Log stratigraphique de forage ON12 Oued El Nil (DHW).....	52
Figure 26: Coupe schématique du système aquifère le long d'oued Saayoud.....	53
Figure 27: Coupe schématique du système aquifère le long d'oued El Nil	54
Figure 28 : carte d'inventaire des points d'eau de la plaine d'oued El Nil.....	56
Figure 29 : carte piézométrique de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015).....	57
Figure 30 : Température des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015)...	60
Figure 31 : Potentiel d'hydrogène des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015).....	61
Figure 32: La conductivité électrique des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015).....	62
Figure 33: calcium des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015).....	64
Figure 34 : magnésium des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015)....	65
Figure 35 : sodium et potassium des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015).....	66
Figure 36: chlorure des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015).....	67
Figure 37: bicarbonates eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015).....	68
Figure 38 : Evolution de la température des Oueds (El Nil, Boukraa et Tassift) (Avril,2015).....	70
Figure 39 : Evolution spatiale de pH des oueds : El Nil, Boukraa et Tassift (Avril, 2015).....	70
Figure 40 : Evolution de la Conductivité électrique des oueds ; El Nil, Boukraa, et Tassift (Avril, 2015) (Avril, 2015).....	70

Figure 41: Evolution spatiale de Ca^{+2} des oueds : El Nil, Boukraa et Tassift (Avril, 2015).....	71
Figure 42 : Evolution spatiale de Mg^{+2} des oueds : El Nil, Boukraa et Tassift (Avril, 2015).....	72
Figure 43 : Evolution spatiale de Na et K des oueds : El Nil, Boukraa et Tassift (Avril, 2015).....	72
Figure 44 : Evolution spatiale du Cl des oueds : El Nil, Boukraa et Tassift (Avril, 2015).....	72
Figure 45 : Evolution spatiale HCO_3 des oueds : El Nil, Boukraa et Tassift (Avril, 2015).....	75
Figure 46 : la dureté totale des eaux du surface de la plaine d'oued El Nil.....	75
Figure 47 : la dureté totale des eaux du souterraines de la plaine d'oued El Nil.....	75
Figure 48: Représentation graphique de la population du bassin d'oued EL Nil 1998.....	77
Figure 49: Répartition spatiale de la population dans le Bassin versant d'oued El Nil 1998.....	78
Figure 50 : Représentation graphique des zones principales de peuplement du bassin d'oued El Nil.....	79
Figure 51 : Représentation graphique de la population à moyen et longs termes dans le bassin versant d'oued EL Nil.....	80
Figure 52: Répartition spatiale de la population dans le Bassin versant d'oued El Nil 2042.....	81
Figure 53: Répartition des retenues collinaires dans le bassin d'oued El Nil 1998.....	82
Figure 54: Répartition des eaux mobilisées par secteurs.....	84
Figure 55 ; mobilisation des ressources en eau souterrain.....	84
Figure 56: Schéma Récapitulatif des Ressources Hydriques et leurs affectations dans le bassin versant d'oued EL Nil.....	85
Figure 57 : Besoins en eau actuelles dans le bassin versant d'oued El Nil.....	88
Figure 58: Répartition des besoins en eau potable pour différents horizons dans le bassin versant d'oued EL Nil.....	90
Figure 59 : Evolution des besoins en eau d'irrigation des différents horizons dans le bassin versant d'oued El Nil.....	91
Figure 60 : Evolution des Besoins futurs en eau industrielle (2009- 2042).....	92
Figure 61 : Evolution des besoins en eau totaux (1998- 2042).....	93

Table des Matières

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale	1
PARTIE I : les caractéristiques naturelles du bassin versant d’oued El Nil	
Chapitre I : Situation géographique et caractéristiques générales du bassin versant d’oued El Nil	
Introduction	3
1. Les caractéristiques physico-géographiques.....	3
1.1. Situation géographique et présentation de la zone d’étude	3
2. caractéristiques géomorphologiques et relief du bassin versant d’oued El Nil.....	4
3. Les caractéristiques morpho-métriques du bassin versant d’oued El Nil.....	6
3.1. Les caractéristiques physiques du bassin versant d’oued El Nil.....	6
3.1.1. Les caractéristiques géométriques du bassin versant d’oued El Nil.....	7
3.1.1.1. Le périmètre (P)	7
3.1.1.2. La superficie(S)	7
3.1.1.3. La forme	7
3.1.1.4. La notion de rectangle équivalent	8
3.1.2. Les caractéristiques du relief du bassin versant d’oued El Nil.....	8
4. Les caractéristiques hydrographiques du bassin versant d’oued El Nil.....	9
4.1. Réseau hydrographique	9
4.2. Longueur et nombre des thalwegs	10
4.3. Rapport de longueur et rapport de confluence.....	11
4.4. Densité de drainage (Dd).....	11
4.5. Longueurs des talwegs principaux	12
4.6. Le temps de concentration.....	12
4.7. La vitesse d’écoulement de l’eau (V).....	12
5. Les caractéristiques du relief du bassin versant d’oued El Nil	12
5.1. La courbe hypsométrique.....	13
5.2. Les altitudes caractéristiques du bassin versant d’oued El Nil.....	14
5.2.1. L’altitude moyenne.....	14
5.2.2. L’altitude médiane (H_{med})	14
5.3. Les indices de pente du bassin versant d’oued El Nil	15
5.3.1. La dénivelée simple (D).....	15
5.3.2. Indice de pente globale (I_g).....	15
5.3.3. Indice de Pente de Roche I_p	15
5.3.4. La Dénivelée Spécifique (DS).....	15
6. Occupation du bassin versant d’oued El Nil.....	17
Conclusion	18

Chapitre II : Les caractéristiques géologiques du bassin versant d'oued El Nil

Introduction	19
1. Géologie régionale	19
1.1. Les caractéristiques géologiques	19
1.2. Les grands ensembles géologiques de la marge Nord Algérienne	19
1.2.1. Les formations du domaine interne (domaine Kabyle)	20
1.2.1.1. Le socle kabyle	21
1.2.1.2. La dorsale kabyle ou "chaîne calcaire"	22
1.2.2. Le domaine des flysch.....	23
1.2.2.1. Le flysch mauritanien.....	23
1.2.2.2. Le flysch massylien.....	23
1.2.2.3. Le flysch numidien.....	24
1.2.3. Le domaine externe	25
1.2.3.1. Les séries telliennes	25
1.2.3.2. Les série de l'avant pays allochtone	26
1.2.3.3. Les série de l'avant pays atlasique autochtones.....	26
1.2.4. Les séries postérieures à la tectogenèse éocène.....	26
1.2.4.1. L'Oligo- Miocène Kabyle (O M K) et les Olistostromes.....	26
1.2.4.2. Le Nummulitique	26
1.2.4.3. Le Numidien	27
1.2.5. Les formations post-nappes.....	27
1.2.6. Le magmatisme.....	27
2. Géologie locale	28
2.1. Aspect litho stratigraphique de la zone d'étude.....	28
2.1.1. Terrain sédimentaires.....	28
2.1.2. Terrains métamorphiques.....	30
2.2. Tectonique et paléogéographie.....	30
2.3. Classification des formations selon leur intérêt hydrogéologique.....	30
2.3.1. Terrain perméable	31
2.3.2. Terrain imperméables	31
2.4. Les capacités des réservoirs des terrains.....	31
Conclusion	34

Chapitre III : Les caractéristiques hydro-climatiques du bassin versant d'oued El Nil

Introduction.....	35
1. Station Météorologique.....	35
2. Facteurs climatiques.....	36
2.1. Les précipitations.....	36
2.1.1. Précipitations moyennes mensuelles	36
2.1.2. Précipitations moyennes saisonnières.....	38
2.1.3. Précipitations moyennes annuelles	39
2.2. La température.....	39
2.3. Type de climat	40
2.3.1. Relation Température – Précipitations.....	40
2.4. L'humidité.....	41
2.5. Détermination de l'humidité' du sol (méthode d'Euverte)	42
2.6. Détermination de l'aridité' (indice de "DeMartonne")	43
3. Le bilan hydrique du bassin versant d'oued El Nil	44
3.1. L'évapotranspiration	44
3.1.1. L'évapotranspiration potentielle (ETP)	44

3.1.2. Evapotranspiration réelle (ETR)	45
3.1.3. Estimation du ruissellement (R).....	46
3.1.4. Estimation de l'infiltration.....	47
4. Bilan hydrique selon la formule de C.W Thornthwaite.....	47
Conclusion.....	49

Chapitre IV: Les caractéristiques hydrogéologiques de la plaine d'oued El Ni

Introduction	50
1. Aperçu sur la plaine d'oued El Nil.....	50
2. Description des formations aquifères	50
2.1. Les formations dunaires	51
2.2. Les alluvions du Quartenaire	51
3. Coupes hydrogéologiques.....	53
3.1. Coupe 1(Orienté SSE-NNO).....	53
3.2. Coupe 2 (Orienté SSE-NNO).....	53
4. Les caractéristiques hydrodynamiques.....	54
5. Etude Piézométrique.....	55
5.1. Notion de Piézométrie.....	55
5.2. Inventaire des points d'eau	55
5.3. Interprétation de la carte piézométrique	56
5.4. Le gradient hydraulique	58
Conclusion	58

PARTIE II. Etude qualitative et quantitative des ressources en eau du bassin versant d'oued El Nil

Chapitre I : Les caractéristiques chimiques des eaux du bassin versant d'oued El Nil.

Introduction	59
1. Etude des paramètres physico-chimiques	59
1.1. Les eaux souterraines	59
1.1.1. La température	59
1.1.2. Le potentiel hydrogène (pH)	60
1.1.3. Conductivité électrique	61
1.1.4. Les cations	63
1.1.4.1. Le calcium (Ca ⁺²).....	63
1.1.4.2. Le magnésium (Mg ⁺²).....	64
1.1.4.3. Le sodium et le potassium (Na ⁺ + K ⁺).....	65
1.1.5. Les anions	66
1.1.5.1. Les chlorures (Cl ⁻).....	66
1.1.5.2. Les bicarbonates (HCO ³).....	67
1.2. Les eaux de surfaces.....	68
1.2.1. La température	68
1.2.2. Le potentiel hydrogène (pH)	70
1.2.3. Conductivité électrique	70
1.2.4. Les cations.....	71
1.2.4.1. Le calcium (Ca ⁺²).....	71
1.2.4.2. Le magnésium (Mg ⁺²).....	71
1.2.4.3. le sodium et le potassium (Na ⁺ + K ⁺).....	72
1.2.5. Les anions	72
1.2.5.1. Les chlorures (Cl ⁻).....	72

1.2.5.2. Les bicarbonates (HCO^3).....	73
2. Qualité des eaux.....	74
Conclusion.....	75
Chapitre II : Essai gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin versant d'oued El Nil	
Introduction	76
1.Les fonctions socio-économiques du bassin versant d'oued El Nil.....	77
1 .1. La population.....	77
1.1.1. Répartition spatiale de la population dans le B.V. d'oued el Nil	78
1 .1.2. Evolution de la population et perspectives.....	79
2.Mobilisation des ressources en eau	81
2.1.les eaux de surface	81
2.1.1.les retenues collinaires	81
2.2. Les eaux souterraines	83
2.3. Réseaux d'assainissement	86
3. Estimations des besoins en eau	86
3.1. Estimation des besoins en eau potable	87
3.2. Estimation des besoins en eau agricole.....	88
3.3. Estimation des besoins en eau industrielle.....	89
4. Evaluation des besoins futurs.....	89
4.1. Evaluation des besoins futurs en eau potable.....	89
4.2. Besoins futurs en eau d'irrigation.....	90
4.3. Besoins en eau futur pour l'industrie.....	91
5. Evolution des besoins totaux en eau.....	92
Conclusion	93
Conclusion générale &Recommandation	94
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction Générale

Penser globalement et agir localement

Y 'a-t-il une personne dans ce monde qui doute que l'eau est la vie ?

S'il n'y avait bientôt plus assez d'eau pour que la vie continue comme avant ?

Si l'on venait à manquer d'eau ? Qu'est ce que cela signifie ?

Si le changement climatique pourrait bien à l'avenir modifier certains équilibres du cycle hydrologique. Qu'est ce qu'on doit faire pour préserver les ressources naturelles de l'eau pour nous et pour les générations futures ?

L'eau douce ne va pas disparaître globalement de la surface de la terre, mais il y aura de moins en moins de nouvelles ressources naturelles disponibles pour subvenir à des demandes toujours croissantes (*Bouknafet, 2008*).

Il est devenu nécessaire et urgent de trouver des réponses pour toutes ces questions et autres. En Algérie nous sommes menacés par le problème de pénurie d'eau, malgré les apports importants de quelques cours d'eau. Pour cela une nouvelle politique de l'eau a été mise en place, basée sur une nouvelle conception de gestion intégrée des ressources en eau, dont l'unité principale de cette gestion est le découpage géographique appelé bassin versant, et cela pour une meilleure mobilisation et bonne gestion des ressources de chaque bassin.

Les eaux souterraines représentent une excellente source d'approvisionnement en eau potable. Le filtre naturel constitué par les matériaux géologiques produit le plus souvent une eau de bonne qualité, leur exploitation présente des avantages économiques appréciables, car elle ne nécessite que peu de traitement et parfois même aucun. Le maintien de cet avantage nous oblige de préserver de façon durable la quantité de cette ressource (*Bouknafet, 2008*).

La gestion de l'eau par bassin versant a pour objectif d'améliorer la gestion actuelle de l'eau en favorisant une meilleure harmonisation entre les divers besoins et intérêts des communautés humaines et ceux des écosystèmes aquatiques. Elle intègre la protection de la santé publique, la sécurité des populations et de leurs biens (inondations), la protection de la faune et la restauration des habitats. De plus, elle vise un partage équitable des ressources aquatiques entre les différents usagers, dans une perspective de développement durable (*Djaba, 2010*).

La région d'étude est fait partie de littorale Algérien, comprise dans le côtier constantinois Ouest, située dans la wilaya de Jijel, c'est un bassin versant de 303.24 km² en superficie, caractérisé par un réseau hydrographique très dense, composé de quatre oueds à savoir ; oued Saayoud ,oued Boukraa, oued Tassift et oued Nil, ce dernier débouche dans la mer .

Cette étude a été menée afin d'arriver à une estimation perspective des besoins en eau des différents secteurs a court, moyen et long terme. Nous essayons d'appliquer les concepts d'une gestion intégrée et durable des ressources en eau, en se basant sur la quantité et la qualité des potentialités hydriques dans le bassin, pour arriver à mettre les grands axes de cette nouvelle vision qui a pour but d'améliorer la gestion intégrée de l'eau. En vue d'atteindre nos objectifs, plusieurs chapitres ont été abordés et répartis dans deux parties essentielles ; l'une englobe les caractéristiques naturelles du bassin versant et la deuxième consacrée à une étude qualitative et quantitative des ressources en eau du bassin versant de l'oued El Nil.

La première partie comprend quatre chapitres :

- Le premier chapitre concerne la présentation de la zone d'étude, ainsi qu'une étude géomorphologique et morphométrique du bassin versant d'oued El Nil.
- Le deuxième à pour but principal d'étudier le contexte géologique du bassin versant.
- Le troisième est consacré à l'étude hydro climatologique, qui est effectuée à pour objectif de mieux connaître l'évolution des caractéristiques climatiques dans le temps et dans l'espace, et d'estimer le régime hydrologique des principaux cours d'eau du bassin versant.
- Le quatrième traite les caractéristiques hydrogéologiques et hydrodynamiques et donne un aperçu sur le fonctionnement du système aquifère de la plaine alluviale d'oued El Nil.

La deuxième partie comprend deux chapitres :

- Le premier chapitre représente une étude générale des caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines de la nappe alluviale et les eaux de surface des principaux oueds du bassin versant d'oued El Nil.
- Le deuxième chapitre, est consacré à l'évaluation quantitative des ressources en eau et l'estimation des besoins et demandes en eaux dans le bassin versant d'oued El Nil.

Enfin, on termine notre travail par une conclusion générale et quelques recommandations.

Introduction

La connaissance des ressources en eau et leur mise en exploitation reposent sur une étude hydrologique et hydrogéologique régionale. Cette dernière exige une bonne connaissance des facteurs physico-géographiques, caractérisant la zone d'étude afin d'obtenir une idée générale sur le secteur d'étude, avant de faire appel à d'autres facteurs plus précis comme la géologie, la climatologie, l'hydrogéologie et la géomorphologie.

1. Les caractéristiques physico-géographiques

1.1. Situation géographique et présentation de la zone d'étude

Le bassin versant d'oued El Nil fait partie des zones humides de la wilaya de Jijel. La wilaya de Jijel est une région côtière, située au Nord Est de l'Algérie dans la région de la petite Kabylie à une distance de 360 Km de la capitale, elle est limitée administrativement au Nord par la mer méditerranée, à l'Ouest par la wilaya de Bejaia, à l'Est par la wilaya de Skikda, au Sud-Ouest par la wilaya de Sétif, au Sud par la wilaya de Mila et enfin au Sud-Est par la wilaya de Constantine (fig.01).

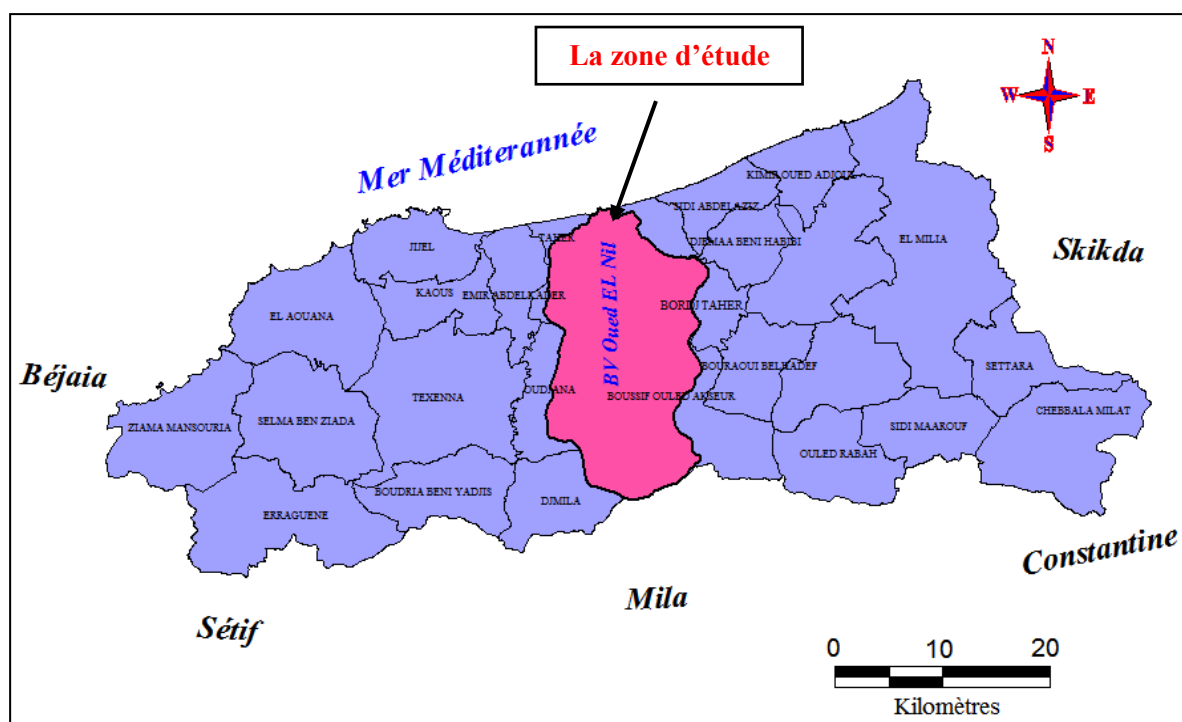


Figure 01: Localisation du bassin versant par rapport la wilaya de Jijel.

Le bassin versant d'oued El Nil se trouve à une vingtaine de kilomètres au Sud-Est de la ville de Jijel, dont les limites naturelles sont définies comme suit : au Nord la mer Méditerranée, au Sud et à l'Est le bassin de Kébir-Rhumel et à l'Ouest le sous bassin d'oued Djen Djen (0304). Il occupe une superficie de 303.24 km², subdivisée en trois sous bassins versants principaux (fig. 02). Ce bassin est drainé par l'oued El Nil et ses deux affluents, oued Boukraa et Saayoud. Oued El Nil est l'un des oueds les plus importants de la région de Jijel (Lehtihet, 1983), cet oued a un débit annuel de 230 millions de mètres cubes à l'embouchure (Sadoun, 2013). Le bassin d'oued El Nil bénéficie d'un climat méditerranéen tempéré avec un hiver doux à forte pluviométrie (Belli, 2009).

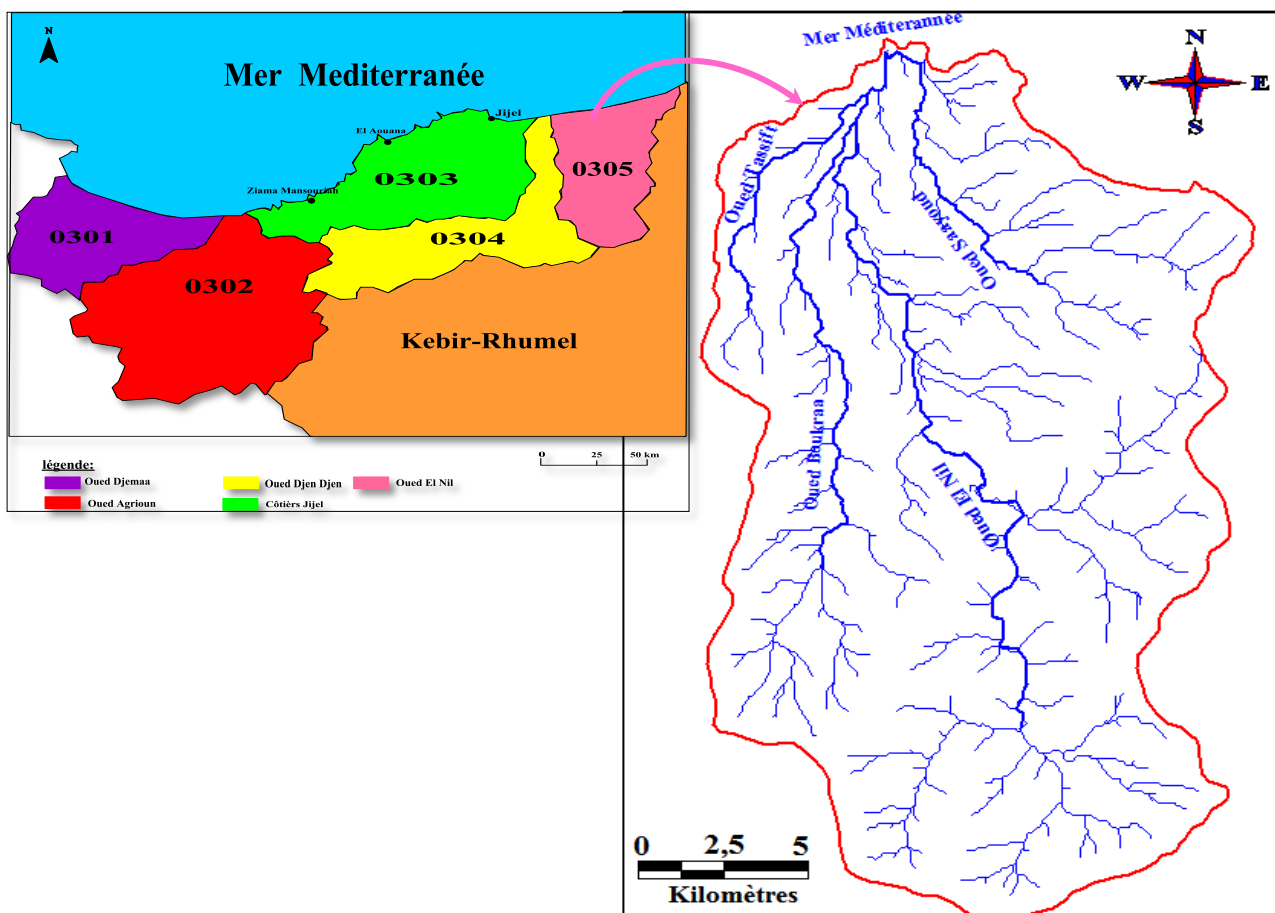


Figure 02: Situation de bassin versant d'oued El Nil

2. Caractéristiques géomorphologiques et relief du bassin versant d'oued El Nil

L'analyse topographique du bassin versant d'oued El Nil (fig.03), nous a permis de distinguer deux unités topographiques qui sont:

La plaine alluviale d'oued El Nil dans la partie aval du bassin qui est caractérisée par une topographie sub-plane à des pentes relativement faible, matérialisée par le sens de l'écoulement superficiel. Cette plaine est étagée par différents niveaux de terrasses quaternaires caractérisées par de nombreux petits ravins, ces derniers avec les dépressions fermés ou marécages sont engorgés par les fortes précipitations.

Les zones montagneuses plus ou moins élevées, qui occupent surtout les bordures du bassin versant dont les principaux sont : Djebel El kel'A (311m), Seddet (956 m), Touzlant (921 m), Echla'la (843 m), Tazamt (851 m) et El Medayene (791 m) (fig.03).

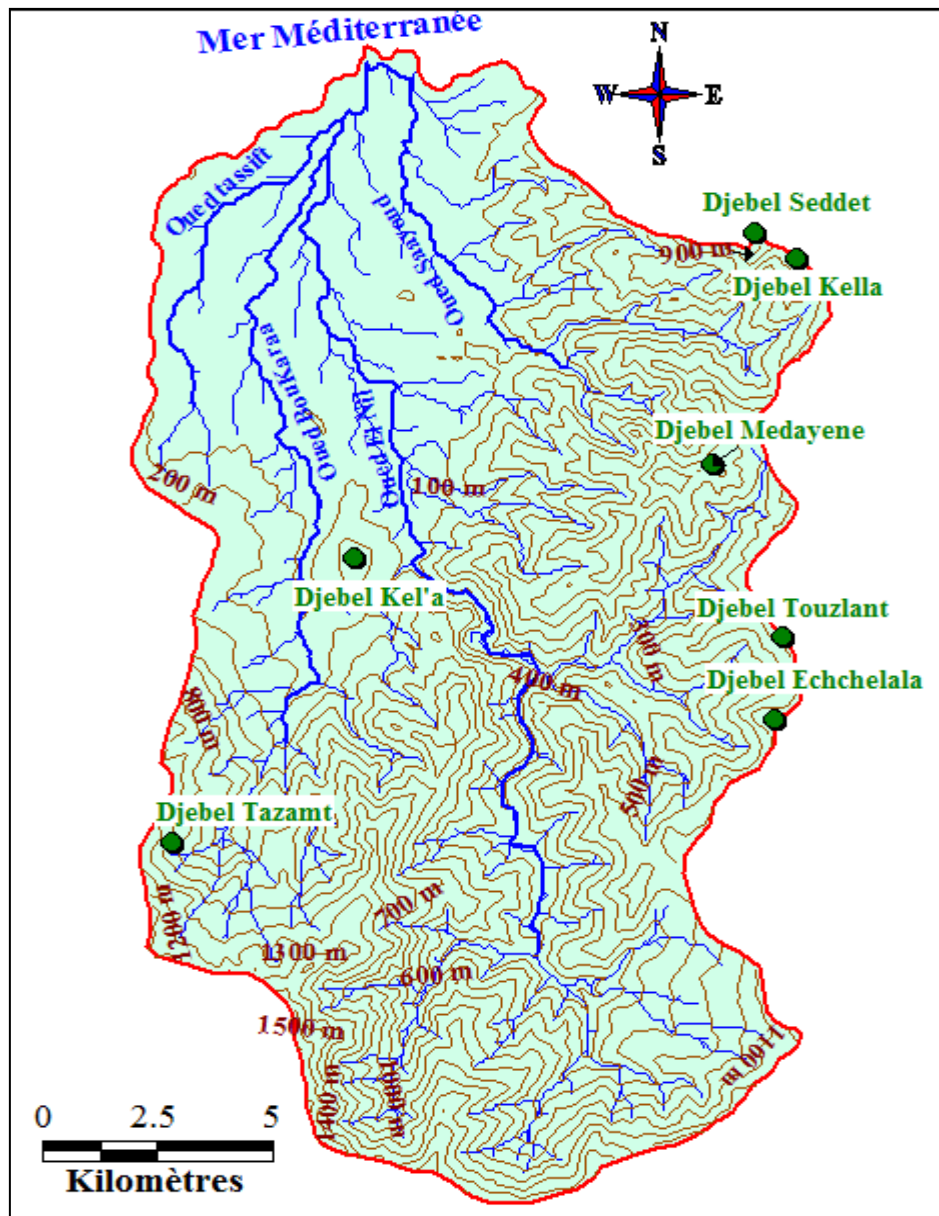


Figure 03 : Carte hypsométrique du bassin versant d'oued El Nil

3. Caractéristiques morpho-métriques du bassin versant d'oued El Nil

3.1. Les caractéristiques physiques du bassin versant d'oued El Nil

Le bassin versant est le siège de la transformation des pluies en débits dans les oueds et réagit en fonction des précipitations qu'il reçoit. Les caractéristiques hydrologiques sont fonction, d'une part du climat et d'autre part de la morphométrie du bassin (forme, relief, altitude, pente, réseau de drainage...etc), de la nature des sols et de la couverture végétale.

Donc pour mieux comprendre le comportement hydrologique du bassin versant d'oued El Nil, il est impératif de connaître d'abord les caractéristiques morpho-métriques, qui expliquent le cycle de la transformation des pluies en écoulement, et s'approprient à une analyse quantitative. Le bassin versant du Nil se subdivise en quatre (4) sous bassins versants à savoir ; le sous bassin versant d'oued El Nil, le sous bassin versant d'oued Boukraa, le sous bassin versant d'oued Saayoud et enfin le sous bassin versant d'oued Tassift (*fig. 04*).

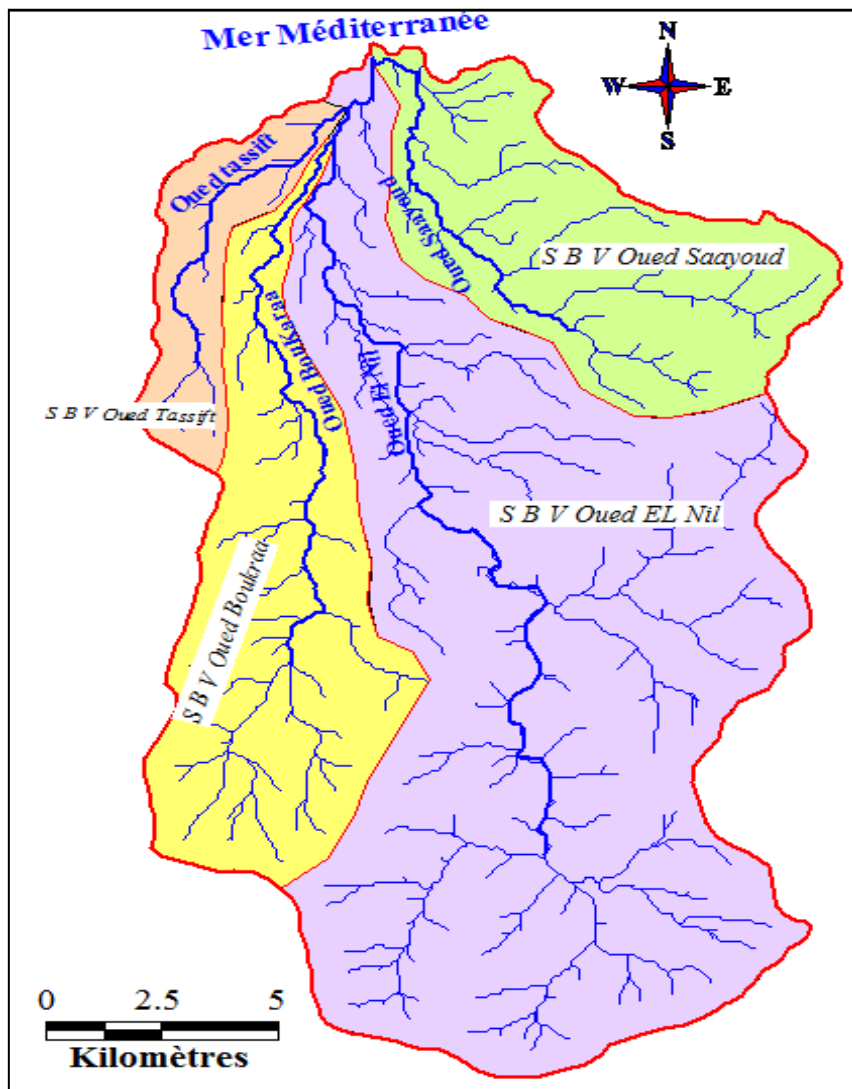


Figure 04 : Les sous bassins versants d'oued El Nil

3.1.1. Les caractéristiques géométriques du bassin versant d'oued El Nil

Les caractéristiques morpho-métriques du bassin interviennent d'une façon combinée dans les modalités d'écoulement, Les caractéristiques du bassin versant d'oued El Nil et les sous bassins de ses affluents ont été déterminés à partir du traitement des cartes MNT par le logiciel Global Mapper 13, ces caractéristiques sont récapitulés dans le tableau 01.

3.1.1.1. Le périmètre (P) : Les périmètres des sous bassins d'oued El Nil curvimètres synthétisés dans le tableau ci-dessous (*tab.01*). Le périmètre de notre bassin versant est de l'ordre de 83.789 Km.

3.1.1.2. La superficie (S) : La superficie d'un bassin versant est la plus importante des caractéristiques de bassin versant, la superficie planimétrie de notre bassin versant est de l'ordre de 303.24 km².

Tableau 01: Caractéristiques morpho-métriques des SBV d'oued El Nil

Caractéristiques	BV d'oued EL Nil	SBV d'oued El Nil	SBV d'oued Tassift	SBV d'oued Saayoud	SBV d'oued Boukraa
Périmètre (km)	83.789	74.348	24.982	34.071	48.564
Surface (km²)	303.24	176.65	15.466	50.563	61.049
X Min	5.87910787	5.91416521	5.87910787	5.93666034	5.88086073
X Max	6.05045065	6.04256275	5.93057400	6.05045065	5.94966078
Y Min	36.58409585	36.58409585	36.72958384	36.74097748	36.62923218
Y Max	36.83125014	36.82774441	36.81722721	36.83125014	36.80830057
Z (m) Min	1	1	4	2	11
Z (m) Max	1541	1516	297	910	1324
AVG-Z (m)	450.325	526.574	63.478	298.683	453.657
AVG-pente	15.74°	17.77°	4.72°	15.17°	13.11°

3.1.1.3. Forme du bassin versant: La forme d'un bassin versant influence les débits écoulés sur le bassin versant. Pour cela on utilise l'indice de compacité (Kc) de Gravelius (1914), défini par la formule suivante : $K_C = 0.28 P / S^{1/2}$

Avec: **Kc** : est l'indice de compacité de Gravelius

P : périmètre du bassin en (km).

S: surface du bassin versant en (km²)

Donc on a : $Kc = 0.28 * 83.789 / (303.24)^{1/2} = 1.34$; Comme l'indice de capacité est supérieur à 1, cela indique que le bassin versant d'oued El Nil a une forme allongée.

Tableau 02 : Indice de compacité de Gravelius des sous bassins d'oued El Nil

Sous bassins versants	Indice de compacité (Kc)
SBV d'oued Boukraa	1.74
SBV d'oued Saayoud	1.34
SBV d'oued Tassift	1.779
SBV d'oued El Nil	1.56
BV d'oued El Nil	1.34

3.1.1.4. La notion de rectangle équivalent : La notion de rectangle équivalent introduite par Roche M. (1962) correspond à une transformation purement géométrique dans laquelle on assimile le bassin à un rectangle ayant le même périmètre et la même superficie, de cette façon les courbes de niveaux deviennent parallèles au petit côté du rectangle, et l'exutoire un petit côté du rectangle et comme ça on pourra comprendre le comportement hydrologique du bassin alors :

$$L = [K_C * \sqrt{S} / (1.12)] [1 + \sqrt{1 - (1.12/KC)^2}]$$

$$l = [K_C * \sqrt{S} / (1.12)] [1 - \sqrt{1 - (1.12/KC)^2}]$$

L: Longueur du rectangle équivalent (Km)

l: Largeur du rectangle équivalent (Km)

Kc : Indice de compacité de Gravelius

S: Surface du bassin versant (Km²)

Tableau 03 : Longueurs et largeurs des sous bassins versants d'oued El Nil

Nom des sous bassins versants	Longueurs du rectangle équivalent L (Km)	Largeur du rectangle équivalent l (Km)
SBV d'oued Boukraa	21.34	2.91
SBV d'oued Saayoud	13.17	3.82
SBV d'oued Tassift	11.10	1.372
SBV d'oued Nil	31.34	5.553
Bassin versant d'oued El Nil	32.28	9.369

Les caractéristiques morpho métriques du bassin versant d'oued El Nil sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 04 : Les caractéristiques morpho métriques du bassin versant d'oued El Nil

Caractéristiques morpho métriques du bassin versant	Valeur	Unité
Superficie (S)	303.24	Km ²
Périmètre (P)	83.789	Km
L'indice de capacité (K_C)	1.34	/
Longueur du rectangle équivalent (L)	32.28	Km
Largeur du rectangle équivalent (I)	9.369	Km

4. Les caractéristiques hydrographiques du bassin versant d'oued El Nil

4.1. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels permanents ou temporaires, par lesquels s'écoulent toutes les eaux de ruissellement et converge vers un seul point de vidange du bassin versant (exutoire).

Le bassin versant d'oued El Nil occupe une surface de 303.24 km², son réseau hydrographique est très dense et englobe quatre sous bassins versants à savoir: oued El Nil, oued Saayoud, oued Boukraa et oued Tassift (*Bouchekkouf & Guerraichi, 2013*).

Les lits de ces oueds ont une largeur de 10 à 35 m et une profondeur de 2 à 4 m (*Bechkit, 2005*). Le débit annuel d'oued El Nil à l'embouchure est d'ordre de 230 millions de mètres cube, il est l'un des oueds les plus importants de la région de Jijel (*Lehtihet, 1983*).

Dans la partie aval du bassin versant d'oued El Nil, on rencontre sur le côté droit Ghedir Beni Hamza situé dans la commune d'El Kannar, il s'étend sur une superficie de 1.17 km² (*fig. 05*), sur le côté gauche Ghedir El Merdj situé dans la commune de Taher, s'étend sur une superficie de 0.554 km² et plus d'une dizaine de puits collectifs qui alimentent la ville de Jijel en eau de boisson distribuée en camions citernes, alors que la partie amont est caractérisée par la présence des forages (*ARNH, 2013*).

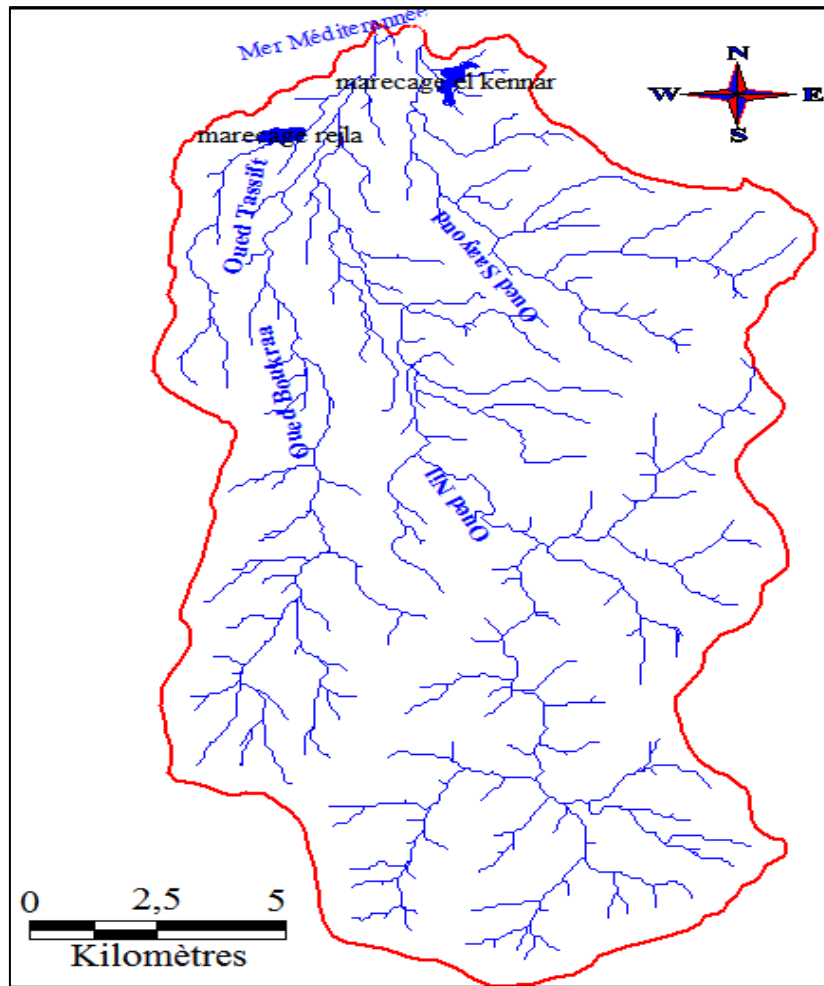


Figure 05 : Réseau hydrographique de bassin versant d'oued El Nil

4.2. Longueur et nombre des thalwegs

La mesure des longueurs des thalwegs contribue aux différents calculs des paramètres morpho-métriques tels que les rapports de longueur et de confluence, la densité de drainage et le temps de concentration. La détermination des rapports de confluence et de longueur par la méthode de Strahler nécessite une classification du chevelu hydrographique du bassin versant. Les caractéristiques du chevelu hydrographique du bassin versant d'oued El Nil et ses sous bassins versants sont récapitulées dans le tableau suivant (*tab.05*).

Tableau 05 : Caractéristiques du chevelu hydrographique du bassin versant d'oued El Nil

Ordre	Bassin versant		Sous bassins versants							
	Oued El Nil		Oued El Nil		Oued Boukraa		Oued Saayoud		Oued Tassift	
	(Nx)	Lx (km)	(Nx)	Lx (km)	(Nx)	Lx (km)	(Nx)	Lx (km)	(Nx)	Lx (km)
1	214	298.17	126	175.05	43	54.78	33	54.78	12	13.56
2	86	127.38	54	62.81	13	24.26	18	24.08	1	16.23
3	37	66.5	29	31.17	7	20.52	1	14.81		
4	18	46.74	17	18.37	1	28.37				
5	1	26.07	1	26.07						
BV Oued El Nil	356	564.86								

4.3. Rapport de longueur et rapport de confluence

Le rapport de longueur (R_L) est le rapport du longueur des thalwegs d'ordre 1 à celle des drains d'ordre 2 : $R_L = L_1 / L_2$,

Où L_1 et L_2 est, respectivement, les longueurs moyennes des thalwegs d'ordre 1 et 2.

Le rapport de confluence donne une idée sur l'érosion par ravinement et sur l'hétérogénéité lithologique du bassin versant. La progression géométrique des rapports de confluence partiels R_C s'obtient en divisant le nombre des thalwegs d'ordre 1 par celui d'ordre 2, soit :

$R_C = N_1 / N_2$, où N_1 et N_2 sont, respectivement, le nombre des thalwegs d'ordre 1 et 2 constituant le bassin. Les valeurs de R_L et R_C illustrées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 06 : Paramètres des rapports de confluence des sous bassins versants d'oued El Nil

Nom des sous bassins versants	Rapport de Longueur (R_L)	Rapport de confluence (R_C)
SBV d'oued Boukraa	2.26	3.31
SBV d'oued Saayoud	2.27	1.83
SBV d'oued Tassift	0.84	12
SBV d'oued Nil	2.79	2.33
BV d'oued El Nil	2.34	2.49

4.4. Densité de drainage (Dd)

La densité de drainage peut donner un aperçu sur la nature lithologique des terrains traversés par les cours d'eau du bassin versant du Nil et permet de comparer l'écoulement superficiel au niveau des sous bassins. Elle est donnée par la relation suivante : $Dd = \sum Lx / S$

Avec :

Dd : Densité du drainage en Km/Km²

$\sum L_x$: Longueur totale du réseau hydrographique Km,

S : Surface du bassin versant en Km²

La densité de drainage d'oued El Nil est de l'ordre de 1.86 Km/Km², donc le bassin versant d'oued El Nil révèle un type de drainage ; Orthogonal, se caractérise par un réseau hydrographique dense, hiérarchisé aux affluents courts et nombreux (*Mecibah, 2008*).

4.5. Longueurs des talwegs principaux : La longueur des talwegs principaux de bassin versant d'oued El Nil curvimètres d'ordre de **40.23 km**.

4.6. Le temps de concentration

C'est le temps mis par la première goutte de pluie tombée sur le point le plus éloigné du bassin pour atteindre l'exutoire. Ce paramètre s'exprime en heures et il est estimé par la formule de Giandotti qui s'écrit:

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L_p}{0.8\sqrt{H_m}}$$

Avec:

Tc: Temps de concentration, **Lp** =40.23 km : Longueur du talweg principal.

S = 303.24 km²: Superficie du bassin, **Hm** = H_{moy} - H_{min}= 505.31 (m)

Le temps de concentration de bassin versant d'oued El Nil, calculé par la formule de Giandotti est d'ordre de 7.33 heures

4.7. La vitesse d'écoulement de l'eau (V)

Elle est donnée par l'expression suivante : **V**= **L**/ **T_C**

Avec : **V**: Vitesse d'écoulement de l'eau en m/s

L : Longueur du talweg principal en (m)

T_C: Temps de concentration en (sec)

La vitesse d'écoulement de l'eau dans le bassin versant d'oued El Nil est d'ordre de 1.52 m/s.

5. Les caractéristiques du relief du bassin versant d'oued El Nil

Les variations d'altitudes à l'intérieur d'un bassin versant ainsi que son altitude moyenne sont des données essentielles à l'étude de la température, des précipitations et de la morphologie du bassin. En outre, la pente, le relief se détermine par les caractéristiques suivantes:

5.1. La courbe hypsométrique

L'analyse hypsométrique est très utile pour l'étude du relief, elle permet de comprendre la relation entre les paramètres climatiques (précipitations, écoulement de surface et bilan d'eau) et l'altitude du bassin. Il devient donc impératif d'étudier la répartition de la superficie du bassin par classe d'altitude. Les fréquences altimétriques du bassin versant d'oued El Nil et les sous bassins de ses affluents sont récapitulées dans le tableau ci-après (tab.07).

Tableau 07: Altimétrie du bassin versant d'oued El Nil (Berkane, 2011)

Altitude (m)	DHi	Surface partielle (Si)		DHi.Si	Cote (m)	Surface cumulée	
		Km ²	%			Km ²	%
0-100	50	57	17,81	2850	1490	0	0
100-200	150	20	6,25	3000	1400	2	0,63
200-300	250	27	8,44	6750	1300	8	2.5
300-400	350	32	10	11200	1200	15	4.69
400-500	450	35	10.94	15750	1100	23	7.19
500-600	550	36	11.25	19800	1000	34	10.63
600-700	650	24	7.5	15600	900	50	15.63
700-800	750	21	6.56	15750	800	68	21.25
800-900	850	18	5.63	15300	700	89	27.81
900-1000	950	16	5	15200	600	113	35.31
1000-1100	1050	11	3.44	11550	500	149	46.56
1100-1200	1150	8	2.5	9200	400	184	57.5
1200-1300	1250	7	2.19	8750	300	216	67.5
1300-1400	1350	6	1.88	8100	200	243	75.94
1490	1450	2	0.63	2900	100	263	82.19
Total	11250	320	100	161700	-	320	100

Les courbes hypsométriques demeurent un outil pratique pour comparer plusieurs bassins entre eux ou les diverses sections d'un seul bassin. Elles peuvent en outre servir à la détermination de la pluie moyenne sur un bassin versant et donnent des indications quant au comportement hydrologique et hydraulique du bassin et de son système de drainage.

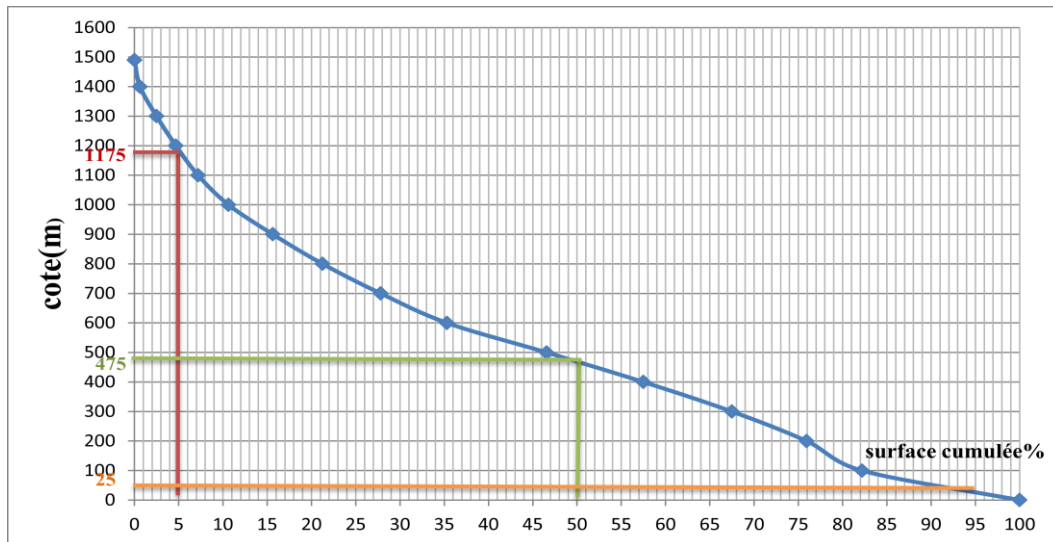


Figure 06 : Courbe hypsométrique du bassin versant d'oued El Nil

D'après le graphique ci-dessus, on observe que les pourcentages des surfaces cumulées 5 %, 50 % et 95 % correspondent successivement aux cotes de 1175 m, 475 m et 25 m.

5.2. Les altitudes caractéristiques du bassin versant d'oued El Nil

5.2.1. L'altitude moyenne

La valeur de l'altitude moyenne du bassin versant d'oued El Nil peut être calculée par la formule suivante :

$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum H_i S_i}{S_t}$$

Avec : H_{moy} : Altitude moyenne (m)

H_i : Cote moyenne (m).

S_t : Surface du bassin (km^2)

S_i : Surface partielle, comprise entre deux courbes de niveau (Km^2).

L'altitude moyenne de bassin versant d'oued El Nil (H_{moy}) calculée par la formule précédente est de l'ordre de 505.31 m.

5.2.2. L'altitude médiane (H_{med})

Les courbes hypsométriques, permettent de déterminer les valeurs de l'altitude médiane ou l'altitude de fréquence 1/2 ; il s'agit de la valeur de l'altitude qui divise l'aire du bassin de façon à ce que 50 % de la superficie du bassin est donnée par la valeur de la cote correspondant à une fréquence de 50 %. L'altitude médiane de bassin versant d'oued El Nil (H_{med}) est de l'ordre de 475 m.

5.3. Les indices de pente du bassin versant d'oued El Nil

5.3.1. La dénivelée simple (D)

A partir de la courbe hypsométrique tracée (fig.06) on prend la distance verticale en (m), qui sépare les altitudes ayant 5 % et 95 % de la surface totale du bassin versant, la dénivelée simple est donc égale à : $D = H5 \% - H95 \%$

Tableau 08: La dénivelée simple (D) de bassin d'oued El Nil

Bassin versant	H5 %	H95 %	D = H5 % - H95 %
Oued El Nil	1175 m	25 m	1150 m

5.3.2. Indice de pente globale (Ig)

L'indice de pente globale est déterminé, à partir de la courbe hypsométrique en éliminant les valeurs extrêmes de manière à ne garder que 90 % de l'aire du bassin versant. Cet indice est calculé à l'aide de la formule suivante : $Ig = D / L$

Avec : **D** : dénivelée simple (m).

L : longueur du rectangle équivalent (km).

L'indice de pente globale de bassin versant d'oued El Nil est de 0.035m/km.

5.3.3. Indice de Pente de Roche Ip

L'indice de pente de Roche est calculé par la formule suivante : $I p = \sqrt{I g / 0.8}$

Avec : **I p** : indice de pente de Roche (m/km).

Ig : indice de pente globale (m/km).

Tableau 09 : Indices de pente globale (Ig) et de Roche (Ip) de bassin versant d'oued El Nil

Bassin versant	Superficie (km ²)	D (m)	L (km)	I g (m/km)	I p (m/km).
Oued El Nil	303.24	1150	32.28	0.035	0.21

5.3.4. La Dénivelée Spécifique (DS)

L'indice Ig décroît pour un même bassin, lorsque la surface augmente, il est donc difficile de comparer des bassins de taille différente, d'où la nécessité de l'introduction du paramètre

$$DS = Ig\sqrt{S} = D\sqrt{l/L}$$

Avec : **Ig** : indice de pente globale (m/km).

S : surface en Km²

Tableau 10 : Le dénivelé spécifique de bassin versant d'oued El Nil

Bassin versant	Superficie (km ²)	I g (m/km)	Ds (m/Km ²)
Oued El Nil	303.24	0.035	609.48

Selon la classification de la dénivelée spécifique donnée par l'ORSTOM (*tab.11*), on peut déterminer le type de relief de notre bassin versant.

Tableau 11 : Classification de l'ORSTOM de la dénivelée spécifique

Classe de relief	Dénivelée spécifique (m/Km ²)	Dénomination
R1	DS < 10	Relief très faible
R2	10 < DS < 25	Relief faible
R3	25 < DS < 50	Relief assez faible
R4	50 < DS < 100	Relief modéré
R5	100 < DS < 250	Relief assez fort
R6	250 < DS < 500	Relief fort
R7	500 < DS	Relief très fort

Le bassin versant d'oued El Nil est caractérisé par un dénivelé spécifique d'ordre de 609.48 m/Km², étant donné que ce dénivelé est supérieur à 500, donc le bassin présente un type de relief très fort. Les caractéristiques hypsométriques du bassin versant d'oued El Nil sont résumées dans le tableau suivant (*tab.12.*).

Tableau 12 : Caractéristiques hypsométriques du bassin versant d'oued El Nil

Caractéristiques hypsométriques	Valeur	Unité	Observation
Altitude moyenne (H _{moy})	505.31	m	/
Altitude maximale (H _{Max})	1500	m	/
Altitude minimale (H _{min})	0	m	/
Altitude médiane (H50%)	475	m	/
Dénivelée Utile (Du)	1150	m	/
Dénivelée maximale (D _{max})	1500	m	/
Indice de pente globale (I _g)	0.035	/	/
Dénivelée spécifique (Ds)	609.48	m/km ²	Relief très forts

6. Occupation du bassin versant d'oued El Nil

Le bassin versant d'oued El Nil est caractérisé par une répartition irrégulière des habitations, celles-ci sont liées aux conditions de vie, condensées et localisées au niveau de grandes villes (Taher, Djimar, El Kannar, Chekfa...etc) et dispersées sous forme de Mechtats dans les régions rurales (fig. 07).

Les voies de communication sont nombreuses, elles assurent le lien entre les différentes communes. On note également, la présence de la route nationale N°43 qui relie la wilaya de Jijel et El Milia, à 20 km à l'Est de Jijel cette route nationale a franchis l'oued El Nil peu avant son exutoire marin.

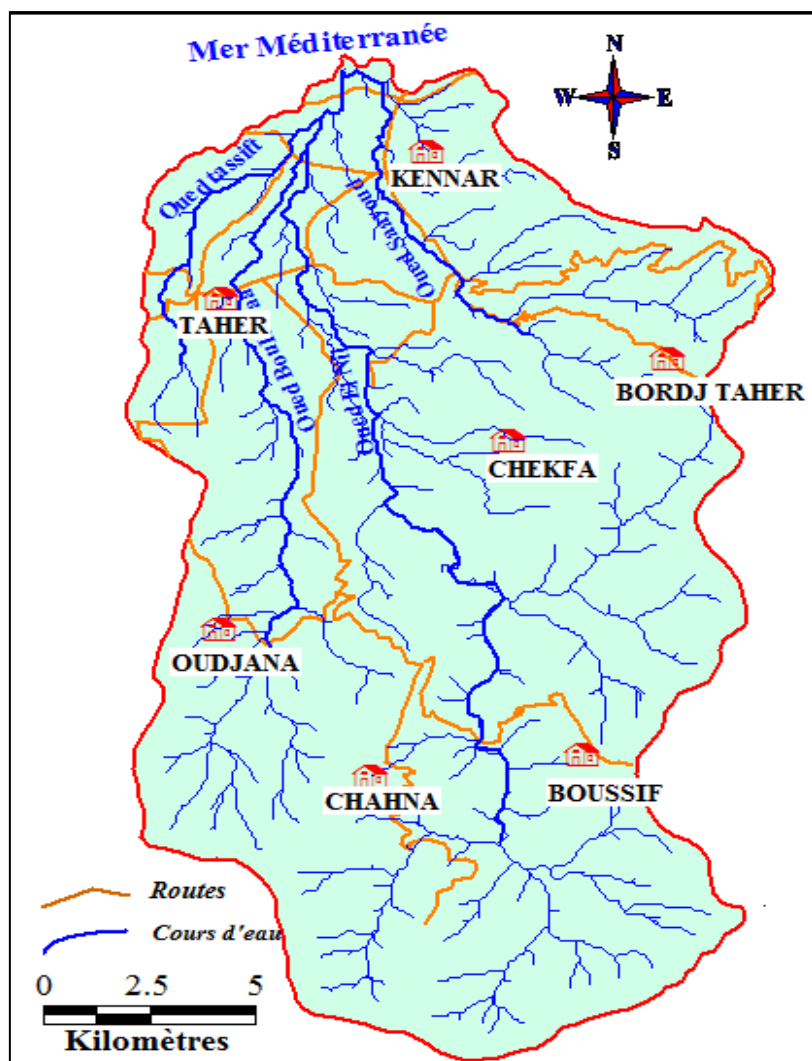


Figure 07 : Principales agglomérations de bassin versant d'oued El Nil

Suit à l'importance lame d'eau reçue annuellement, la région développe en conséquence un couvert végétal assez dense qui se manifeste par des forêts abondantes de chêne liège qui couvre les terrains, en amont sur les massifs et sur les piémonts, ainsi que des oliviers.

Les parties alluvionnaires de l'aval sont en général dénudées et servent à l'agriculture des serres, la ou les terres ne sont pas marécageuses. Cette végétation demeure menacée par l'érosion favorisant la dégradation du sol (*Bechkit, 2005*).

Conclusion

L'analyse morpho-métrique nous permet d'évaluer un certain nombre de paramètres très importants qui doivent être étroitement liés à la nature lithologique des terrains et la topographie du bassin.

Le bassin versant d'oued El Nil d'une superficie de 303.24 km² est caractérisé par :

Une forme allongée ce qui fait que les eaux précipitées mettent plus de temps pour atteindre l'exutoire, ceci est confirmé par les résultats du temps de concentration qui est de 7.33 heures, c'est une importante durée pour éviter le problème d'inondation pendant les précipitations intenses. L'altitude moyenne est de 505.31 m, elle donne une idée sur la morphométrie du bassin (relief, plaine...etc).

La densité de drainage est de 1.86 km/km², ce qui entraîne un ruissellement rapide des eaux surtout que le bassin est caractérisé par un relief très fort ($D_s > 500$) et par la présence des formations imperméables surtout dans la partie amont du bassin versant.

Introduction

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

1. Géologie régionale

1.1. Les caractéristiques géologiques

Le massif de la Petite Kabylie fait partie du segment maghrébin de la chaîne Alpine. Cette dernière montre deux branches principales, disposées de part et d'autre de la mer Méditerranée (*Durand Delga, 1969*):

- Une branche septentrionale (Européenne), représentée par les Cordillères Bétiques du Sud de l'Espagne (Péninsule Ibérique).
- Une branche méridionale ou Maghrébides, qui regroupe les chaînes rifaines, telliennes, Nord Siciliennes et Calabraises (*fig.08*).

En Algérie la chaîne Alpine s'étend linéairement sur plus de mille deux cents kilomètres (1200 Km), d'Ouest en Est le long du littoral méditerranéen. Cette dernière, constitue l'un des segments de la grande chaîne des Maghrébides qui s'étale sur plus de deux mille kilomètres (2000 Km), allant de Gibraltar à la Calabre (*Aubouin et Durand Delga, 1971*).

En Algérie, le massif de la Petite Kabylie dont fait partie la région étudiée occupe une position septentrionale dans le domaine interne de la chaîne Alpine (*Wildi, 1983*). Il s'étend sur plus de 150 Km, le long du littoral Algérien. Il est limité à l'Ouest par la chaîne des Babors, et l'Est par le massif de l'Edough, avec une extension Nord-Sud sur plus de 50 Km.

1.2. Les grands ensembles géologiques de la marge Nord Algérienne

Du point de vue structural, la marge Nord Algérienne est constituée par un empilement de nappes charriées sur la marge Africaine (*Raoult, 1972 ; Bouillin 1977; Vila, 1980*). Transversalement on y distingue de l'intérieur vers l'extérieur de la chaîne (*fig.08*):

- Le domaine Kabyle.
- Le domaine des flysch.
- Le domaine tellien et de l'avant pays.

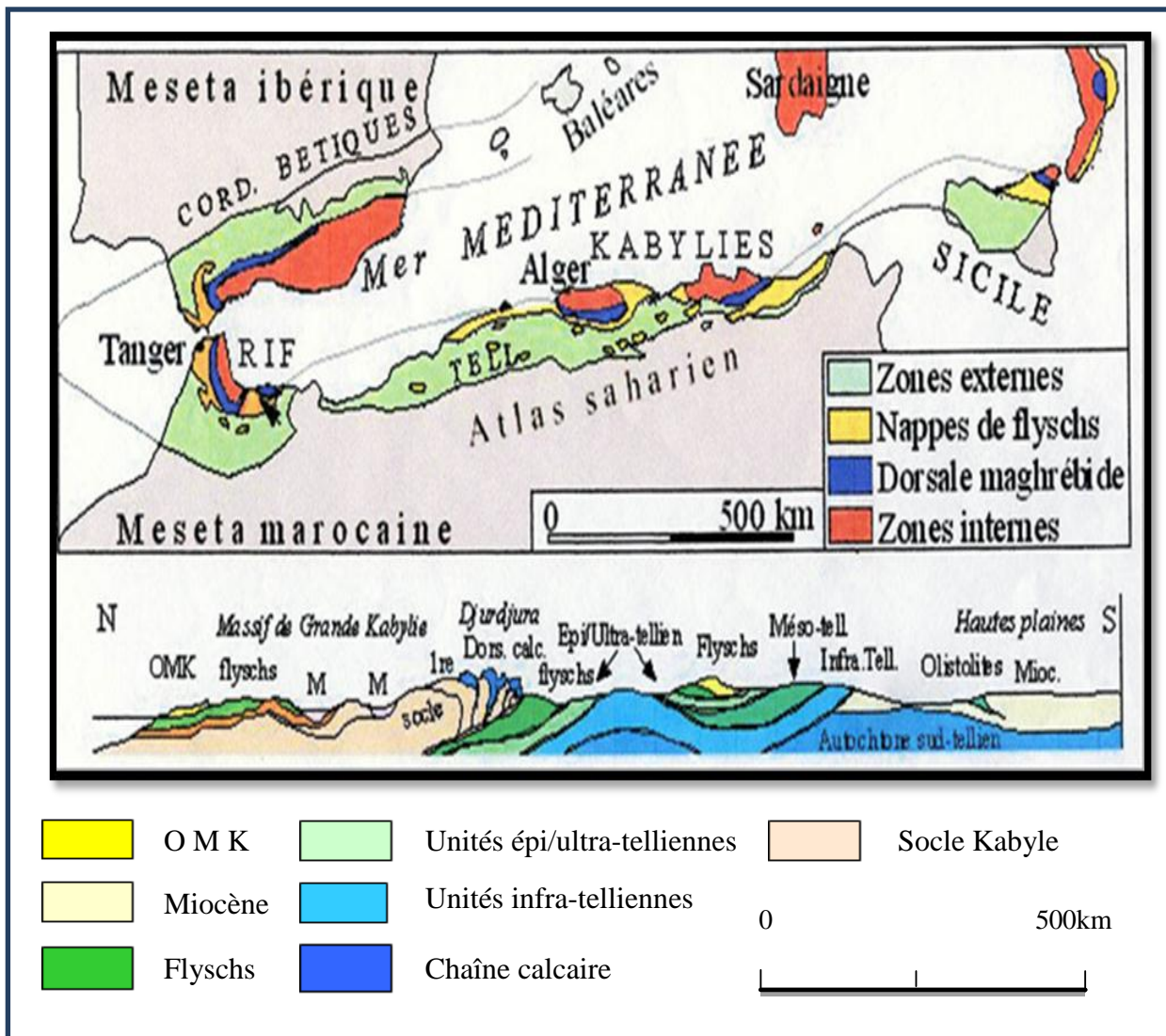


Figure 08: Schéma structural de la méditerranée occidentale (Durand Delga et Fontboté ; 1980).

1.2.1. Les formations du domaine interne (Domaine Kabyle)

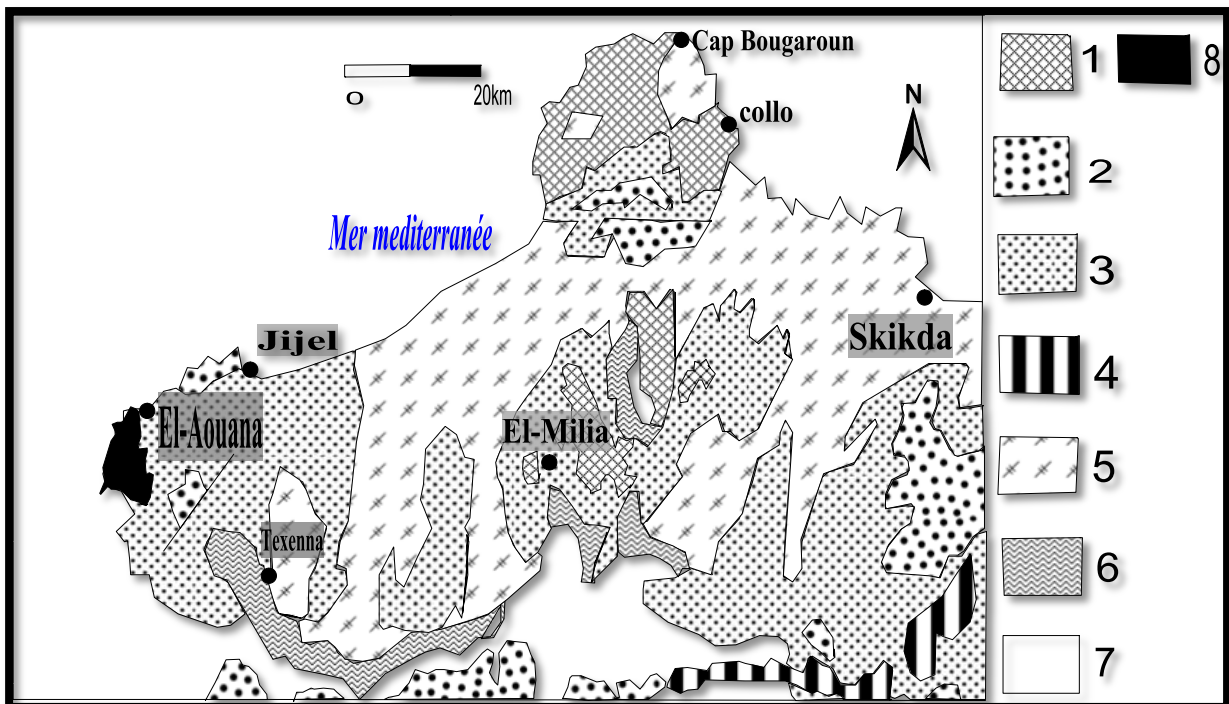
Le domaine interne est formé par des éléments issus de la dilacération d'une zone septentrionale diversement dénommée :

- Microplaque d'Alboran (Andrieux et al., 1971)
- Sous plaque méso-méditerranéenne (Durand- Delga, 1980),
- Domaine médian (Duée, 1984 in Chadi, 2004)
- ALKAPECA (ALboran, KAbylie, PEloritain, CALabre) (Bouillin, 1986).

Les unités du domaine interne comprennent le socle kabyle cristallin et sa couverture sédimentaire : termes paléozoïques liés au socle, puis niveaux surtout carbonatés du Trias à l'Eocène, ceux-ci constituant la "dorsale kabyle" ou "chaîne calcaire". Ces unités affleurent en Grande et en Petite Kabylie et dans les pointements côtiers des massifs d'Alger, du Chenoua et de Ténès (in Belmedrek, 2006).

1.2.1.1. Le socle kabyle : En petite Kabylie, le socle Kabyle affleure dans trois zones bien distinctes (fig.09) :

- Au Cap Bougaroun Nord où il est traversé par des venues micro granitiques miocènes (Bouillin, 1979; Durand Delga, 1980)
- Entre Skikda à l'Est et Jijel où il chevauche des flysch et les unités du domaine externe avec une flèche de 30 Km au moins (Wildi, 1983).
- Entre Skikda et Guelma où le socle est lié à la dorsale Kabyle (Raoult, 1974, in Belmedrek, 2006). Communément attribué au socle kabyle trois ensembles lithologiques (Bouillin, 1977; Raoult, 1974 et Wildi, 1983) :



- 1- Granite miocène. 2- Numidien. 3-Oligo-Miocène et unités allochtones. 4- Dorsale calcaire.
5- Socle kabyle. 6- Unités shistosées infra kabyle.7- Unités telliennes. 8-Microdiorite

Figure 09 : Cadre géologique de la Petite Kabylie (D'après Andieux et Djellit, 1987).

Un ensemble cristallophyllien inférieur, formé de gneiss à intercalations, parfois puissantes, de marbre et d'amphibolites. Dans la zone du cap Bougaroun, la base du socle est constituée, par des péridotites, représentées par des lherzolites à plagioclase, fortement serpentinisées, des gneiss rétrotransformés et des pegmatites interprétés comme issues d'une zone crustale profonde et du manteau supérieur (Bouillin et Kornprobst, 1974).

Un ensemble cristallophyllien supérieur comportant principalement des schistes satinés ou phyllades ayant subi un métamorphisme de basse pression avec une zone supérieure à chlorites (Bouillin, 1977).

Un ensemble essentiellement sédimentaire constituant la couverture paléozoïque du socle cristallin. Les séries peu ou pas métamorphiques, comprennent des termes débutant au Cambrien et pouvant atteindre le Carbonifère (*Bouillin, 1977*).

Dans la partie occidentale de la petite Kabylie (région de Texanna) l'ensemble inférieur est composé essentiellement de gneiss à plagioclase. Cet ensemble présente des intercalations de quartzites, marbres et amphibolites; des roches granitoïdes, constituées de tourmaline, quartz, micas et oligoclase (*Bouillin, 1981*).

L'ensemble supérieur forme d'immenses étendues dans la partie occidentale, il comporte de bas en haut, des schistes à séricites, des micaschistes, des schistes à muscovite et chlorite. A cet ensemble sont associées des roches basiques présentant la minéralogie suivante ; albite, orthose, biotite, apatite et sphéne. Cet ensemble se termine par des psammites et calcaires à orthocères (*Djellit, 1987 ; in Belmedrek, 2006*)

Durant tout le Secondaire et jusqu'à l'Oligocène terminal, le socle Kabyle était probablement émergé; en effet les dépôts de "l'Oligo-Miocène-Kabyle" reposent directement sur le socle. Ils débutent par des conglomérats à galets de quartz et de phyllades et par des grès micacés (*Durand-Delga, 1969; Bouilin et Raoult, 1971; Bouillin et al., 1973 ; in Belmedrek, 2006*).

1.2.1.2. La dorsale kabyle ou "chaîne calcaire"

Elle doit son nom "chaîne calcaire" (*Glangeaud, 1933 ; in Kehal, 1997*) du fait de la sédimentation carbonatée dominante. Le terme "dorsale kabyle" a été ultérieurement proposé (*Durand-Delga, 1969*). Dans le domaine océanique, on constate que dans les travaux récents le terme "chaîne calcaire" est le plus utilisé (*Raoult, 1974; Bouillin, 1977; Vila, 1980*).

En Petite Kabylie les formations de la chaîne calcaire dont l'âge s'étale du Permo-Trias à l'Eocène représentent la couverture sédimentaire mésozoïque et tertiaire du socle kabyle. Elle est représentée par des lambeaux écaillés, alignés suivant une direction Est-Ouest et constituent les témoins les plus méridionaux du domaine interne (*Raoult, 1974 ; Mahdjoub, 1991*).

En petite Kabylie, la "chaîne calcaire" ou "dorsale kabyle" a été subdivisée en trois unités : interne, médiane et externe (*Durand-Delga, 1969; Raoult, 1974; Vila, 1980 ; Lahondhère, 1987, in Belmedrek, 2006*):

- **Dorsale interne** : elle est caractérisée par une série sédimentaire conglomératique à la base et calcaire au sommet d'âge allant du Permo-Trias au Néocomien. Jusqu'au Paléocène puis, à partir de l'Eocène se sont déposés des calcaires néritiques massifs.

- **Dorsale médiane** : elle montre, à la base, la même série que la dorsale interne qui peut cependant atteindre le Barrémien, le Crétacé supérieur, le Paléocène, l'Eocène jusqu'au Lutétien sont représentés par des marno-calcaires à microfaunes pélagiques. Au Lutétien supérieur apparaissent des faciès à microfaune benthique (Nummulites).

- **Dorsale externe** : elle est caractérisée par des formations détritiques du Crétacé et de l'Eocène.

Dans le constantinois, cette paléogéographie de la dorsale a été bouleversée par la phase finilutéine décrite par *J. F. Raoult, 1974*.

Les unités externes et médianes se sont désolidarisées de leur substratum. Elles ont ensuite été plissées et chevauchées par le socle Kabyle et dorsale interne (*in Belmedrek, 2006*)

1.2.2. Le domaine des flyschs

Le domaine paléogéographique des flyschs est un large sillon qui a reçu des sédiments flyschoides principalement au Crétacé inférieur. Sur la base de leurs faciès, on divise transversalement ce sillon en deux zones ; une zone septentrionale relativement interne ayant reçu un flysch de type maurétanien (*Gélard, 1969*) et une zone méridionale, relativement externe ayant reçu un flysch de type massylien (*Raoult, 1969*) (*fig.10*).

Un troisième type de flysch, le "flysch numidien", est généralement distingué. Il s'agit des sédiments gréseux et argileux d'âge Oligo-Miocène qui se sont déposés dans une gouttière, que l'on considère en général comme plus externe que le sillon des flyschs (*Wildi, 1983 ; in Belmedrek, 2006*).

1.2.2.1. Le flysch maurétanien : D'après J.M. Vila (1980), le flysch maurétanien montre dans ses séries médianes les plus typiques, de bas en haut:

- ✓ un complexe de base flyschoidé à petits bancs de micrites du Néocomien;
- ✓ un flysch argileux-gréseux qui atteint l'Albien moyen;
- ✓ un Vracono- Cénomaniens- Turonien calcaire conglomératique ou micro-conglomératique.

Localement des radiolarites sont connues à la base de cette série et rapportées au Malm.

1.2.2.2. Le flysch massylien : Il a été défini par J. F. Raoult (1969) au Kef Sidi Driss, dans le nord constantinois et comporte de bas en haut les termes suivants :

- ✓ Des calcaires sableux et des argiles du Néocomien sur 10 m environ;
- ✓ Un flysch périto-quartzitique où dominent les couleurs vertes : c'est un flysch "albo –aptien" pouvant atteindre 300 m d'épaisseur. Il est surmonté par des calcaires fins jaunâtres du Vraconien épais de quelques mètres;

- ✓ Des phanites noires et blanches d'âge Cénomaniens (*Raoult, 1974*);

Un ensemble flyschéoïde marno- microbréchiqne du Sénonien qui peut dépasser 200 m d'épaisseur (*in Belmedrek2006*).

1.2.2.3. Le flysch numidien : Sous le terme numidien (*Ficheur, 1890*), on distingue la trilogie suivante, de bas en haut :

- Des argiles varicolores à "Tubotomaculum dits "sous- numidiennes " d'âge Oligocène moyen à supérieur.
- Les grès numidiens (jusqu'à 200 m) à bancs épais à cassure jaunâtre ou blanchâtre, à quartz roulés de granulométrie très hétérogène (jusqu'à 3 cm). Leur âge est Aquitanien (*Lahondère et al., 1979*).
- Des argiles, marnes claires et silexites dites supra-numidiennes d'âge Burdigalien inférieur (*Lahondère et al., 1979*).

Ces flyschs forment une bande bien structurée au sud des massifs anciens littoraux. Deux hypothèses principales ont été émises au sujet de la situation primitive du sillon des flyschs : soit plus au nord que les actuelles zones internes (hypothèse "ultra"); soit entre ces dernières et les zones externes (hypothèse infra ou citra). Cette seconde interprétation qui possède le plus de partisans, est basée sur un faisceau d'argument paléogéographique (évolution des faciès) et géophysique (remplissage de l'actuel bassin marin algérien).

La nappe numidienne dont les sédiments sont postérieurs à la tectonique tangentielle finio-cène forme un étage supérieur nettement moins tectonisé et recouvre différemment toutes les unités. Elle s'est désolidarisée de son substratum et se trouve dans une position structurale élevée (*Vila, 1980 ; in Belmedrek, 2006*).

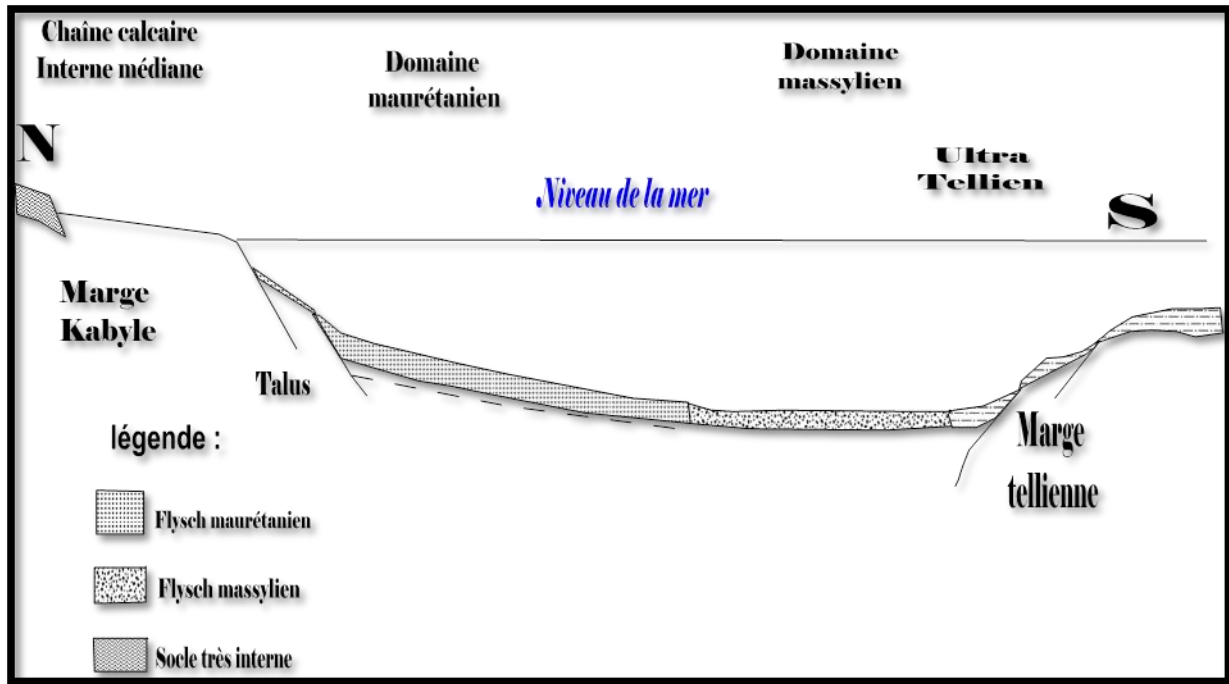


Figure10: Coupe géologique représente le domaine des flyschs (Bouillin, 1979).

1.2.3. Le domaine externe

Le domaine externe représente la marge téthysienne du continent africain. En Algérie orientale, il est représenté par :

- les séries telliennes
- les séries de l'avant pays allochtone
- les séries de l'avant pays atlasique autochtone (in Belmadrek, 2006)

1.2.3.1. Les séries telliennes : Les séries telliennes sont représentées par d'épaisses formations à dominante marneuse qui seraient issues du sillon tellien. Ces séries ont été découpées par les phases tectoniques tertiaires en trois grandes unités (Vila, 1980):

a. Les unités ultra-telliennes: dont les formations typiques du Crétacé inférieur sont constituées par des marno- calcaires claires.

b. Les unités telliennes sensu stricto : avec un Crétacé inférieur plus ou moins riche en dépôts terrigènes et où les intercalations des faciès néritiques restent modérées du Crétacé supérieur à l'Eocène.

c. Les unités péni- telliennes et les unités méridionales à Nummulites : elles sont caractérisées par la prépondérance des faciès néritiques du Crétacé supérieur à l'Eocène. Ces séries montrent de grandes affinités avec celles de leurs avants- pays méridionaux (le sillon des Sellaoua, les unités sud- sétifiennes et le môle néritique constantinois). Généralement,

elles sont surmontées tectoniquement par les nappes de l'unité tellienne sensu stricto (*in Belmadrek, 2006*).

1.2.3.2. Les série de l'avant pays allochtone : Ce sont des séries localement écaillées qui supportent les nappes du tellien externe au Nord, et qui surmontent l'autochtone Nord-aurasien. Ces séries ont été regroupées en trois grandes familles (*Vila, 1980*):

a. Les séries sétifiennes, présentant un caractère de plateforme subsidante et ne présentant des variations significatives qu'à leurs parties méridionales.

b. Les unités de l'avant-pays allochtone Constantinois présentent une différenciation remarquable avec les séries néritiques constantinoises au Nord, et les séries de type Sellaoua au Sud.

c. Les séries des confins algéro-tunisiens montrant une sédimentation analogue à celle des nappes telliennes ou à celles des séries septentrionales de type Sellaoua (*in Belmadrek, 2006*).

1.2.3.3. Les série de l'avant pays atlasique autochtones : Les séries de l'avant pays atlasique constituent les monts du Hodna et du Bélezma, le Nord des Aurès et la zone des diapirs (*Vila, 1980*). Ce sont des séries mésozoïques très épaisses, très homogènes de plateforme subsidante envahie par une sédimentation gréseuse au Berriasien- Albien (*Vila, 1980*).

1.3. Les séries postérieures à la tectogénèse éocène

1.3.1. L'Oligo- Miocène Kabyle (O M K) et les Olistostromes : L'OMK est une série localement puissante composée de grés micacés avec des intercalations conglomératiques fréquentes à sa partie inférieure. Au sommet, cette série perd son caractère détritique et correspond à des sédiments pelitiques ou siliceux à radiolaires et diatomées : ce sont des silexites blanches (*Bouillin, 1977; Raoult, 1974; Vila, 1980*). Cette série constitue la couverture stratigraphique discordante du socle kabyle. Sa base est datée de l'Oligocène supérieur et le sommet (silexites) semble atteindre l'Aquitaniens (Miocène inférieur) (*Bouillin, 1977, in Belmedrek, 2006*).

1.3.2. Le Nummulitique : Ce sont des formations grés- micacées, d'âge Priabonien à Oligocène supérieur qui constituent la couverture des séries de la chaîne calcaire et des flyschs mauritaniens (*Raoult, 1979; Bouillin, 1977*).

1.3.3. Le Numidien : le terme " Numidien" a été créé par *Ficheur (1908)*, cette formation sédimentaire comporte trois termes :

- Les argiles "sous numidiennes" de teinte verte, rouge ou violacée, contenant fréquemment des tubotomaculums.
- Les grés numidiens puissants de 200 ou 300 m, en bancs épais, de teinte grisâtre à blanchâtre caractérisés par des quartzs très roulés.
- Les formations "supra-numidienne", comportant des argiles et des marnes claires ainsi que des silexites. Du point de vue minéralogique, les grés numidiens sont constitués de plus de (90 %) de quartz comme minéral dominant, et zircon, rutile, muscovite comme minéraux accessoires, ces minéraux ont été identifiés à l'Ouest de Jijel dans la carrière de Kissir exploitée par Africaver (*Belmedrek et Remmache, 2001*).

1.4. Les formations post-nappes

Selon *J. P. Bouillin (1977)* les formations post nappe développées sur tout le domaine du socle kabyle, comportent deux cycles, l'un marneux (à la base), l'autre gréseux (au sommet). L'âge de ces formations va du Burdigalien moyen- supérieur au Langhien.

Le Mio-Pliocène continental affleure sur de vastes espaces dans le secteur des hautes plaines sétifiennes ou constantinoises en remplissage de bassin (*Bouillin, 1977 et Vila, 1980*).

1.5. Le magmatisme

Le littoral algérien a connu une intense activité magmatique durant le Miocène. Cette activité s'est traduite par la mise en place de granitoïdes intimement liés à un volcanisme essentiellement andésitique (*Semroud et al, 1992*). Les granitoïdes sont représentés par une série de roches allant des diorites aux granites en passant par les quartz- monzonites, diorites quartziques, granodiorites et microgranites (*Semroud et al. 1992*). Ces roches sont localisées dans les régions de l'Edough, Cap de fer, Filfila, Collo, El Aouana, Bejaia-Amizour, Thenia et Cherchell.

Selon *Semroud et al. (1992)*, ces granitoïdes sont caractérisés par la présence quasi constante de plagioclases zonés, la prédominance des pyroxènes et des amphiboles associés à la biotite. Ils ont été subdivisés en deux types :

- Des granites à pyroxène, amphibole avec des enclaves microgrenues basiques.
- Des granites à biotite, cordiérite avec des enclaves à sillimanite, cordiérite et biotite.

La plus part des plutons ont induit dans leur encaissant sédimentaire un métamorphisme de contact d'intensité différente suivant les massifs (*in Belmedrek, 2006*)

2. Géologie locale

Le bassin d'oued El Nil est constitué par le remplissage alluvionnaire d'une ancienne vallée creusée dans les marnes éocènes à l'Ouest (rive gauche d'oued El Nil) et les terrains métamorphiques à l'Est (rive droite d'oued Saayoud). Sur ces alluvions se déposent des formations dunaires plus au moins récentes comme celle de Bazoul et d'El-Kannar (*Lehtihet, 1983, in Sadoun, 2013*)

2.1. Aspect litho stratigraphique de la zone d'étude

2.1.1. Terrains sédimentaires

- **Quaternaire**

a. Alluvions Quaternaire (q) : Elles affleurent à l'Ouest de la plaine (*fig.11*), ce sont des terrasses anciennes de la vallée généralement aquifère, constituées d'éléments grossiers (graviers, galets et conglomérats) qui sont très perméables avec une épaisseur variant de 30 à 50 m.

b. Alluvions marécageuses (a³) : Elles affleurent au Nord du bassin (*fig.11*), on les trouve dans les dépressions fermées ou Ghedirs constituées essentiellement d'éléments argilo-limoneux parfois sableux peu perméables, épaisseur varie de 20 à 25 m.

c. Alluvions récentes (a²) : Sont constituées d'éléments grossiers: graviers, conglomérats et galets très perméables (*fig.11*), on les rencontre sur le long des oueds principaux, leur épaisseur est inférieure à 10 m.

d. Dunes anciennes (D): Elles sont constituées de sables fins limoneux souvent consolidés, on les rencontre au Nord du bassin avec une épaisseur de l'ordre de 25 m. Ces formations sont potentiellement aquifères.

e. Dunes actuelles (d): Constituées essentiellement de sables fins souvent consolidés, on les rencontre à la bordure de la mer avec une épaisseur de 20 à 25 m (*fig.11*).

- **Tertiaire :**

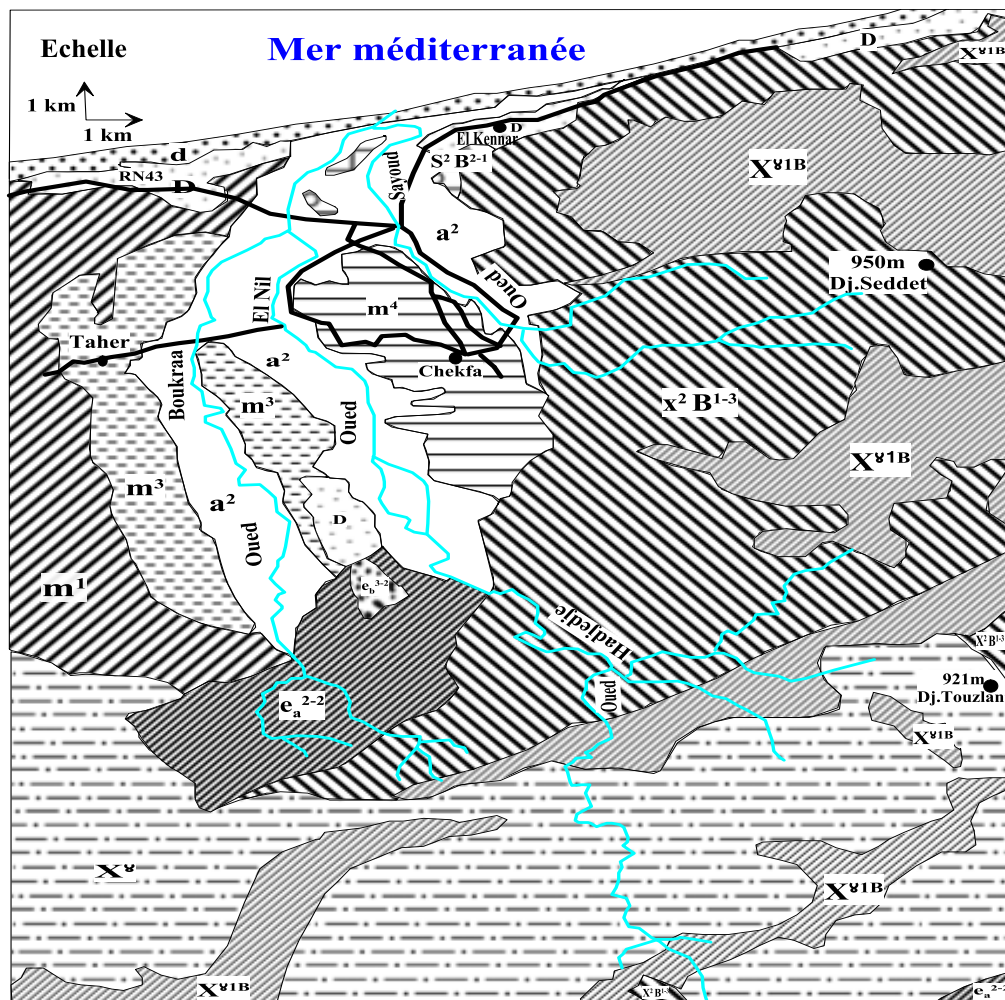
a. Paléogène : Des formations gréseuses affleurent au Sud du bassin avec une épaisseur varie de 500 à 1000 m. Ce sont surtout le :

a.1. Mauritanien (Eocène supérieur-Oligocène) (eb³⁻²): Constitué essentiellement de grés.

a.2. Numidien (Eocène supérieur-Oligocène-Miocène inf.) (ea3-2) : C'est une formation de flysch comportant des alternances de grés avec une prédominance d'argiles, des marnes à la base et des grés au sommet.

b.3. Néogène :

b.3.1. Miocène inférieur (Burdigalien) (m^1): Affleure dans la partie Ouest du bassin, constitué essentiellement par des marnes grises parfois sableuses ou jaunâtres par oxydation, le faciès très constant avec des intercalations des niveaux détritiques et de gros nodules calcaires jaunâtres à une épaisseur oscille entre 200 à 300 m.



légende:

d Dunes actuelles sables grossier, parfois consolidés	e_a²⁻² Numidien (Eiocène Supérieur-Oligocène) Altérnance d'argile et de grès
D Dunes anciennes Sables fins limoneux souvent consolidés	e_b³⁻² Maurétanien (Eiocène Supérieur-Oligocène) constitué de grès
a² Alluvions récentes sable, graviers, galets, conglomérats, (très perméable)	b Eboulis de grès et de brèches consolidées
a³ Alluvions marécageuse (Dépressions fermées ou ghedirs)	X^a Schistes, phyllades et quartzophyllades
m⁴ Sahélien (miocène terminal) Essentiellement des marnes bleues (imperméable)	X^{vIB} Micaschistes
m³ Pontien (miocène supérieur) Dépôts détritiques: caillotes, galets et argiles d'origine continentale	X²B¹⁻³ Schistes et micaschistes (granulitisées (gneiss))
m¹ Burdigalien (miocène inférieur) marnes grises parfois sableuses (imperméable)	S²B²⁻¹ Calcaire cristallin

Figure 11: Esquisse géologique de bassin versant d'oued El Nil (*Sadoun, 2013*)

b.3.2. Miocène moyen (Pontien) (m^3): Il apparaît à l'affleurement dans le côté Est et Ouest d'oued Boukraa. Il est composé de dépôts détritiques, cailloutis et argiles d'origine continentale, et d'une épaisseur d'ordre de 20 à 25 m.

b.3.3. Miocène supérieur marin (Sahélien) ($m4$): Affleure au centre du bassin et à l'Est d'oued El Nil, il est constitué essentiellement par des marnes bleues.

2.1.2. Terrains métamorphiques : Ils constituent le socle Kabyle, d'âge paléozoïque avec :

- *Schiste - phyllade (xy):* Argileux micacés ou satinés de teintes très variées, traversés de filons de Quartz laiteux s'intercalant de couches détritiques.
- *Calcaire métamorphique (cipolins) :* de couleur blanc, gris ou bleuâtre, parfois micacé et pyriteux s'intercalant en bandes irrégulières ou en amas dans les schistes et les micaschistes.
- *Micaschistes et schistes micacés (x^2B^{1-3}):* ces formations riches en micas noirs et blancs.
- *Schistes granulitisés et gneiss (x^2B^{1-3}) :* ce sont des gneiss schisteux résultant de l'injection des granulites dans les Micaschistes, parfois fortement kaolinitisés.

2.4. Tectonique et paléogéographie

Les observations de *Durant Delga (1949)*, sur la structure géologique de Texenna et ses environs ont permis de tracer brièvement l'évolution paléogéographique de la région de Jijel.

- **Le Crétacé:** Au Sud, on constate que les flyschs mauritaniens du Crétacé sont parfois recouverts par le socle cristallin de la petite Kabylie. Cela est dû à l'existence des klippes à matériel paléozoïque posés sur le Crétacé.
- **Numidien allochtone:** Il s'est déposé après l'ensemble des mouvements responsables du chevauchement du socle cristallin kabyle sur le Crétacé, il est probablement d'âge Oligocène discordant jusqu'au Burdigalien sur n'importe quel autre terme plus ancien ou de même âge.
- **Burdigalien:** Transgressif et discordant avec une sédimentation marine riche en plancton. Cette sédimentation surtout marneuse se déroule lors d'une période calme.

La mer s'est ensuite retirée pour ne revenir qu'au Paléocène sur la marge côtière de Jijel et plus à l'Est, on a la vallée de l'Oued Kebir d'El Milia. Les seules traces visibles de la tectonique résident dans le contact entre les séries telles que la discordance entre le socle métamorphique et les marnes du Burdigalien. Le métamorphisme se développe lors de la phase Méso-Crétacée. Les périodes paléo tectoniques correspondantes à l'apparition des flyschs, lors des épisodes compressifs liés à l'ouverture de l'Océan Atlasique, sont les périodes de comblement.

ERE	Système	Sous système	Etage	Not	Lithologie	Description	Epaisseur (m)	Affleurement	Conséquence hydrogéologique
Quaternaire				d	[Dotted pattern]	Sables fins parfois consolidés	20 à 25	Au bordures de la mer	Peu perméable
				D	[Dotted pattern]	Sables fins limoneux souvent consolidés	20 à 25	Nord de la plaine	Peu perméable
				a ²	[Horizontal lines]	Alluvions récentes: Sables, Gravier, Conglomérat, Galets	2 à 10	Le long des Oueds principaux au nord	Perméable
				a ³	[Dotted pattern]	Alluvions marécageuses	20 à 25	Nord de la plaine	Peu perméable
				q	[Vertical lines]	Alluvions Quaternaire : élément grossier Gravier, Conglomérat, Galets	30 à 50	Ouest de la plaine	Perméable
Tertiaire	Néogène	Miocène	Sahélien	m ⁴	[Horizontal lines]	Marnes bleues		Est de la plaine	Imperméable
			Pontien	m ³	[Dotted pattern]	Dépôts détritique Cailloutis, Galets et Argile continentale	30 à 50	Le long de l'Oueds principal	Peu perméable
			Burdigalien	m ¹	[Horizontal lines]	Marnes grise parfois sableuses	200 à 300	Ouest de la plaine	Imperméable
	Paléogène	Éocène supérieur	Aquitainien	ea ³⁻²	[Dotted pattern]	Numidien: alternance d'Argile et Grés	500 à 1000	Sud- Est de la plaine	Imperméable
				eb ³⁻²	[Dotted pattern]	Mauritanien essentiellement de Grés		Sud- Est de la plaine	Semi-perméable à imperméable
Terrain métamorphique					[Dotted pattern]	Micaschiste phyllades et Quartz phyllades		Est de la plaine	Semi-perméable à imperméable

Figure 12: Colonne litho stratigraphique de la plaine d'Oued El Nil (Bechkite, 2005).

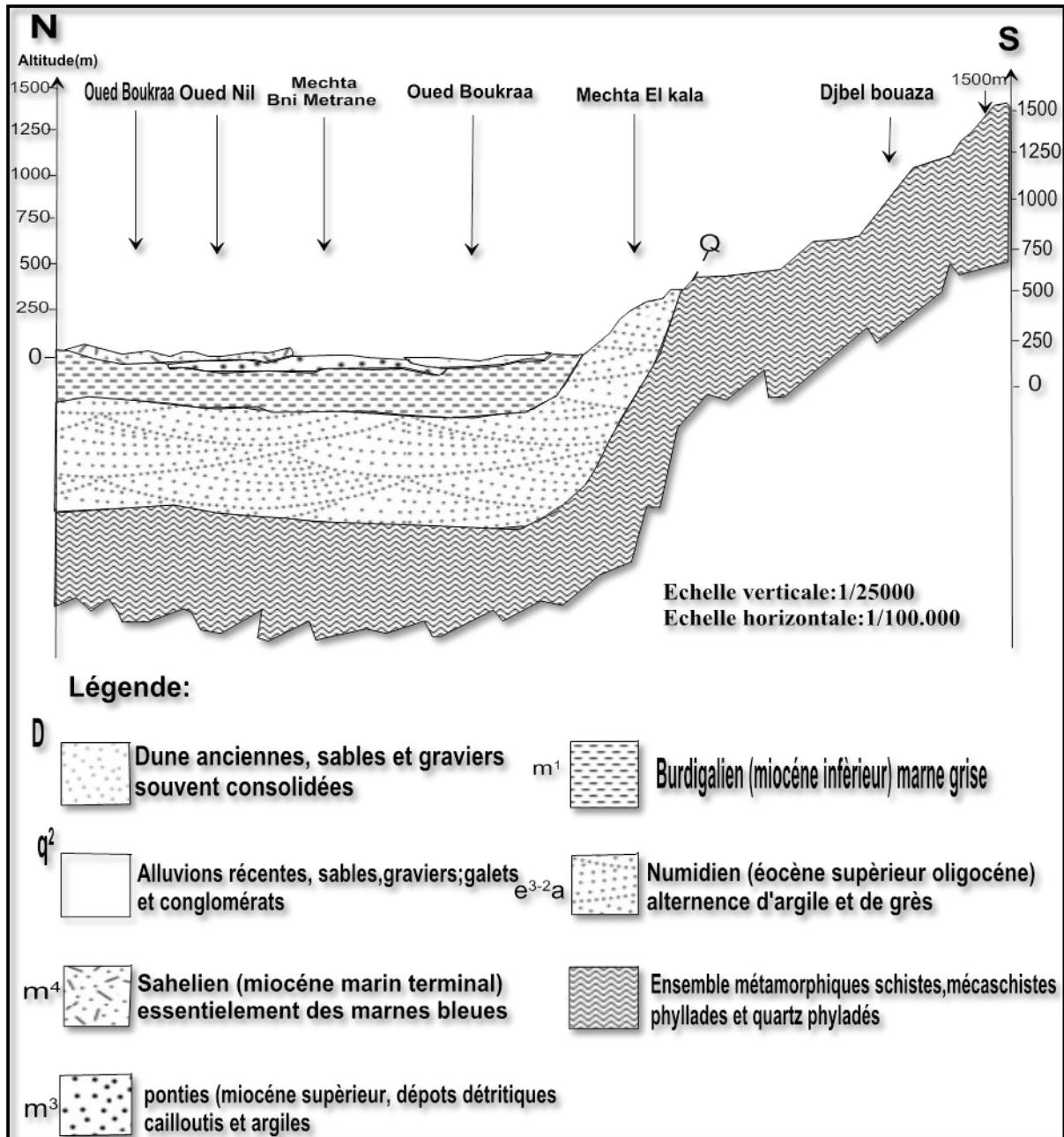


Figure 13: Coupe géologique (Nord– Sud) représentative de bassin versant d'oued El Nil (Lehtihet, 1983)

2.3. Classification des formations selon leur intérêt hydrogéologique

En hydrogéologie, l'identification des formations et des structures géologiques permet la détermination des formations susceptibles ou non d'emmagasiner l'eau. En se basant sur les caractéristiques hydrodynamiques, l'extension des formations ainsi que leur aspect structural, les principales formations lithologiques du secteur d'étude peuvent être regroupées en deux grands ensembles :

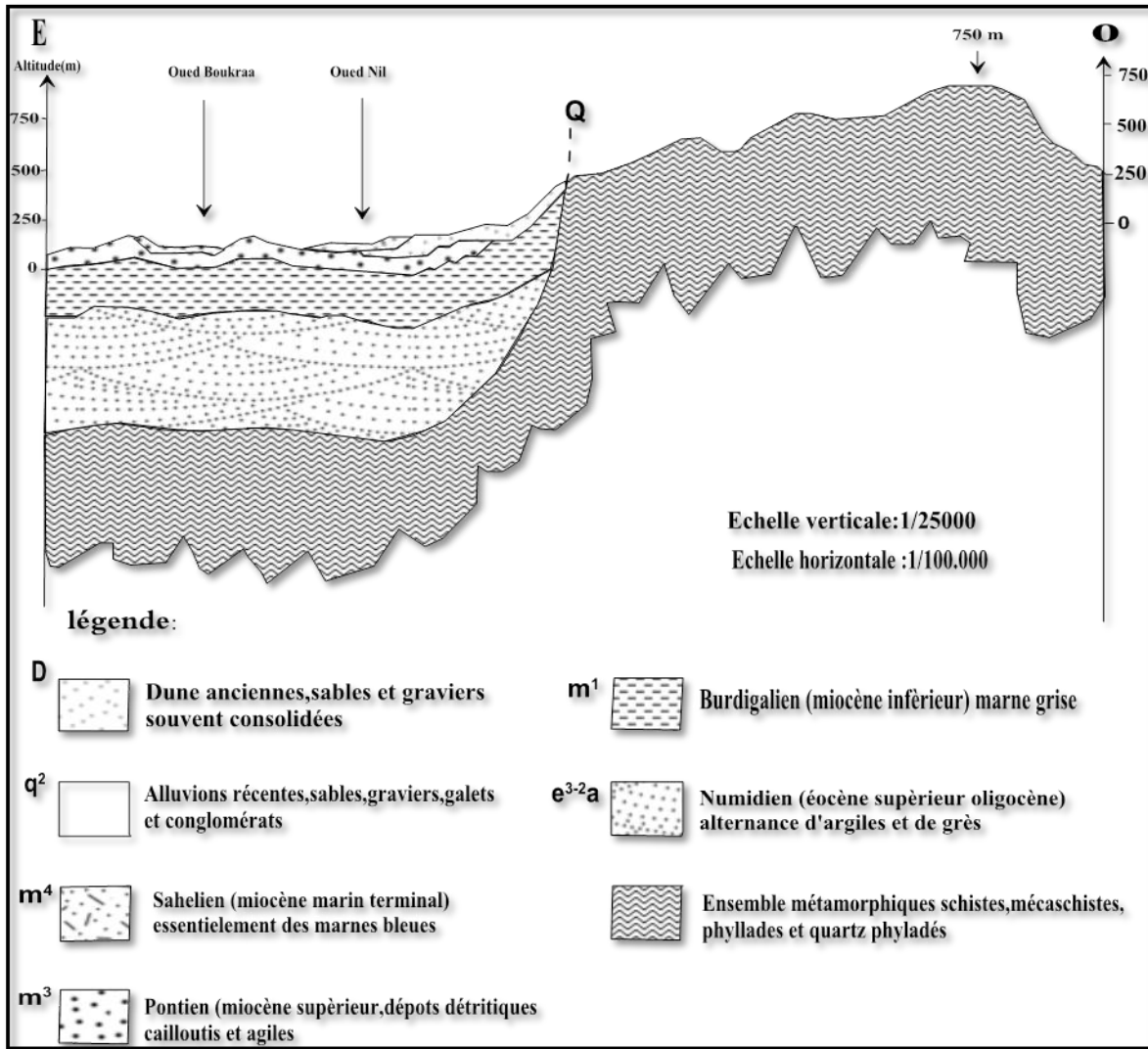


Figure 14: Coupe géologique (Est– Ouest) représentative de bassin versant d'oued El Nil (Lahtihet, 1983)

2.3.1. Terrain perméable

- **Terrain perméable en petit** : Ces terrains sont favorables au développement des aquifères poreux. Il s'agit des dunes, d'alluvions du quaternaire et les formations du Miocène moyen “le Pontien” :

a. Les dunes : elles sont généralement de faible perméabilité, ce sont: les dunes récentes et les dunes anciennes.

b. Le quaternaire : il est généralement de bonne perméabilité sauf la couverture argilo-limoneuse qui est peu perméable, ce sont les alluvions récentes, les alluvions marécageuses et les alluvions quaternaires.

c. Les formations du Miocène moyen : ce sont des dépôts détritiques d'origine continentale de bonne perméabilité (Lehtihet, 1983, in Sadoun, 2013)

- **Terrains perméables en grand** : Il s'agit essentiellement des terrains métamorphiques qui ont une perméabilité de fissure très faible. Les nombreuses sources qui s'y trouvent grâce à l'abondance des pluies ont un débit limité.

Dans le socle métamorphique on distingue :

- Un complexe schistes-phyllades et quartz-phyllade.
- Micaschistes à biotites.
- Schistes et micas à biotites (*Djellit, 1987 ; in Sadoun, 2013*).

2.3.2. Terrain imperméables : Il s'agit des :

- Formations du Miocène supérieur « le Sahélien ».
- Formations du Miocène inférieur « le Burdigalien » (*Durand Delga, 1955*).
- Formations gréseuses du Paléogène « Numidien et Maurétanien » (*Vila, 1980*).

2.4. Les capacités des réservoirs des terrains

La lithologie des terrains perméable dominants dans l'espace du terrain d'étude est d'une perméabilité médiocre. En effet, les terrains du socle, essentiellement les schistes et les phyllades, ont une perméabilité de fissure très faible. Quant aux terrains sédimentaires, la lithologie dominante est celle des marnes et des grés argileux des flyschs. Ils sont imperméables et constituent de part et d'autre, selon leurs formations, des limites supérieures ou inférieures sauf les formations du «Pontien » qui sont constituées essentiellement de dépôts détritiques, cailloux et argiles, susceptibles d'être réservoir. Pour ce qui concerne les terrains les plus récents, quaternaires, constitués essentiellement de trois niveaux de bonne perméabilité, ils constituent un réservoir important (*fig. 12*).

Conclusion

La nature lithologique de la formation est un facteur limitant la perméabilité des sols, elle influe aussi sur la quantité et même sur la qualité des eaux pouvant s'y infiltrer. Les empreintes tectoniques que porte le socle métamorphique sont un bon témoignage de l'instabilité et de la tectonique prononcée qu'a subie la région de Jijel (métamorphisme, lacunes des séries secondaires, transgression des flyschs Crétacé, charriage du socle kabyle).

Les études géologiques montrent que le secteur d'étude (bassin d'oued El Nil) est le siège d'une topographie ancienne dont les dépressions ont été recouvertes par des alluvions récentes et des terraces anciennes (formations quaternaires). La nappe se localise dans les alluvions appartenant essentiellement au niveau des sables et des graviers.

Introduction

Le climat par le biais de ses changements constitue la préoccupation actuelle des chercheurs à l'échelle mondiale. Beaucoup d'approches ont été tentées mais les résultats obtenus sont toujours au stade hypothétique, ce qui laisse planer le doute quand à une solution radicale de ce phénomène. Les changements climatiques qui affectent le globe tendent vers une redistribution des éléments du climat.

Dans le but de compléter l'étude du complexe physique du bassin versant d'oued El Nil, une analyse des facteurs climatiques s'impose. Elle permet de mettre à jour les facteurs les plus importants qui régissent le climat et d'établir un bilan hydrique de la région. L'établissement de ce dernier est nécessaire pour comprendre le fonctionnement d'un système hydrologique de surface.

1. Station Météorologique : le bassin versant d'oued El Nil est équipé par une seule station Météorologique (Station Taher)(fig.15).

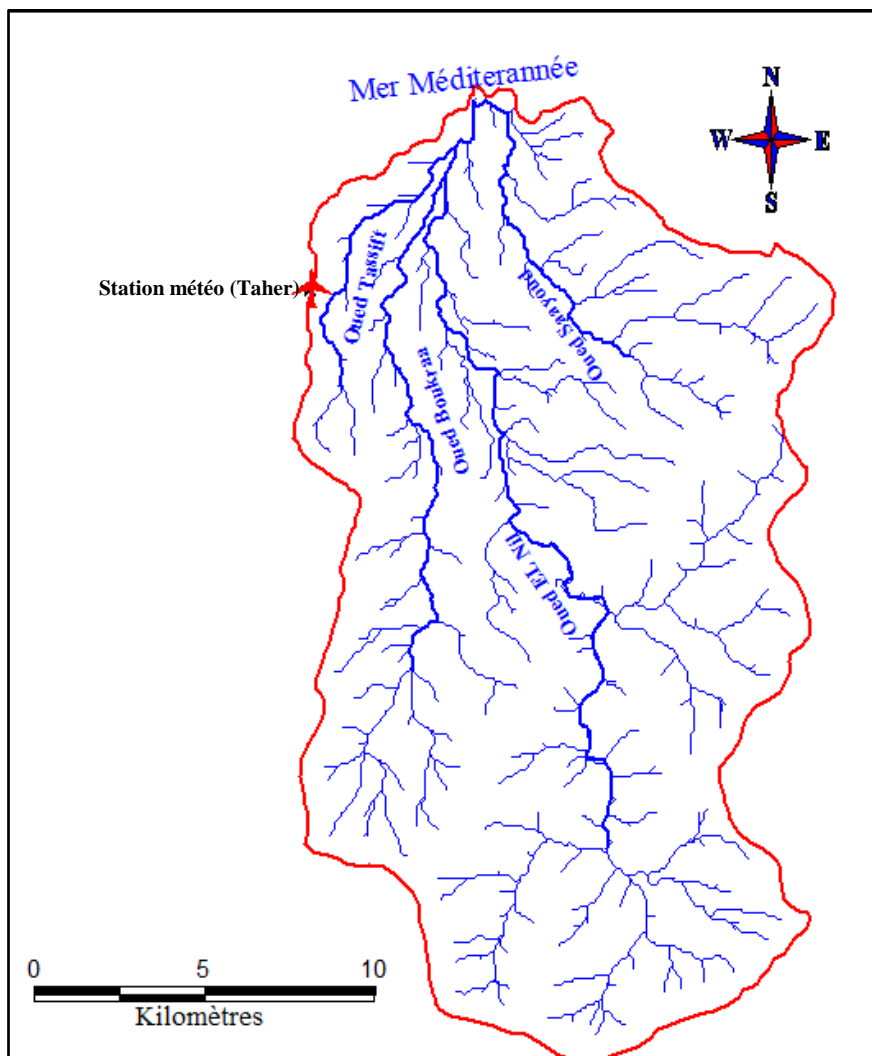


Figure 15: Situation de la station pluviométrique (Taher)

Les données climatiques utilisées dans ce chapitre sont celles disponibles à l'heure actuelle aux archives de l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH), sur une période d'observation qui s'étale sur plus de 26 ans (1988/1989-2013/2014). Les coordonnées de la station sont récapitulées dans le tableau ci-dessous (*tab.13*).

Tableau 13: Coordonnées de la station météorologique d'Achouat (Taher)

Station	Code de la station	Coordonnées Lambert		Altitude
		X (Km)	Y (Km)	Z (m)
Taher (ONM)	030504	785.6	390.5	56

2. Facteurs climatiques

2.1. Les précipitations

Les précipitations constituent le phénomène physique qui décrit le transfert d'eau de la phase liquide (pluie) au solide (neige et grêle) entre l'atmosphère et le sol. C'est également l'élément le plus important du cycle de l'eau. En plus de son influence sur les eaux de surface, les précipitations ont une influence sur le volume d'eau emmagasinée, par conséquence, abaissant ou augmentant le niveau piézométrique de la nappe.

La wilaya de Jijel est caractérisée par une pluviométrie décroissante du Nord vers le Sud. Elle est assez élevée sur les monts de Texenna avec plus de 1200 mm/an (*fig.16*), alors qu'au niveau des plaines, les valeurs varient de 900 à 1000 mm/an (*Berkane, 2006*).

2.1.1. Précipitations moyennes mensuelles

L'exploitation des données climatiques enregistrées dans la station de Taher, nous a permis de déterminer la moyenne des hauteurs de pluies mensuelles et annuelles (*tab.14*).

Tableau 14: Moyenne mensuelle des précipitations (Station de Taher ; 1988/1989-2013/2014)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Année
Taher (P en mm)	64.31	94.16	158.66	186.69	131.8	115.35	86.31	85.83	51.44	13.77	3.11	16.18	1007.61

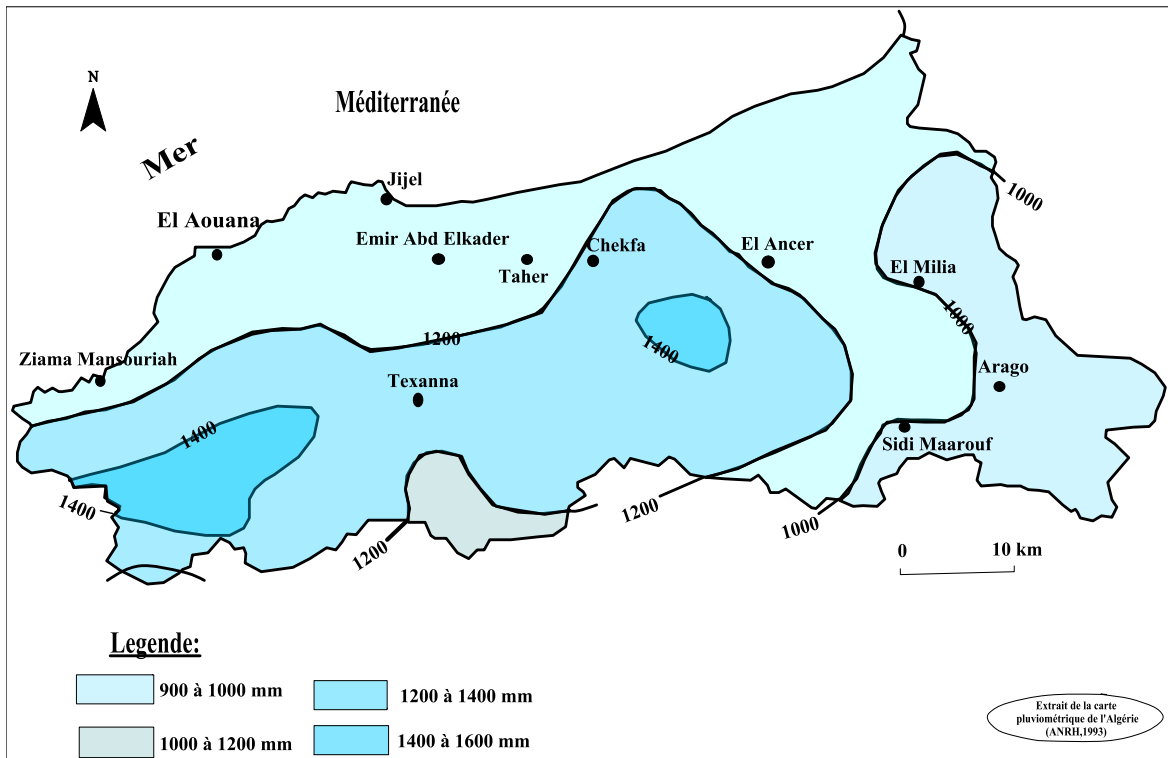


Figure 16 : Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel (ANRH, 1993)

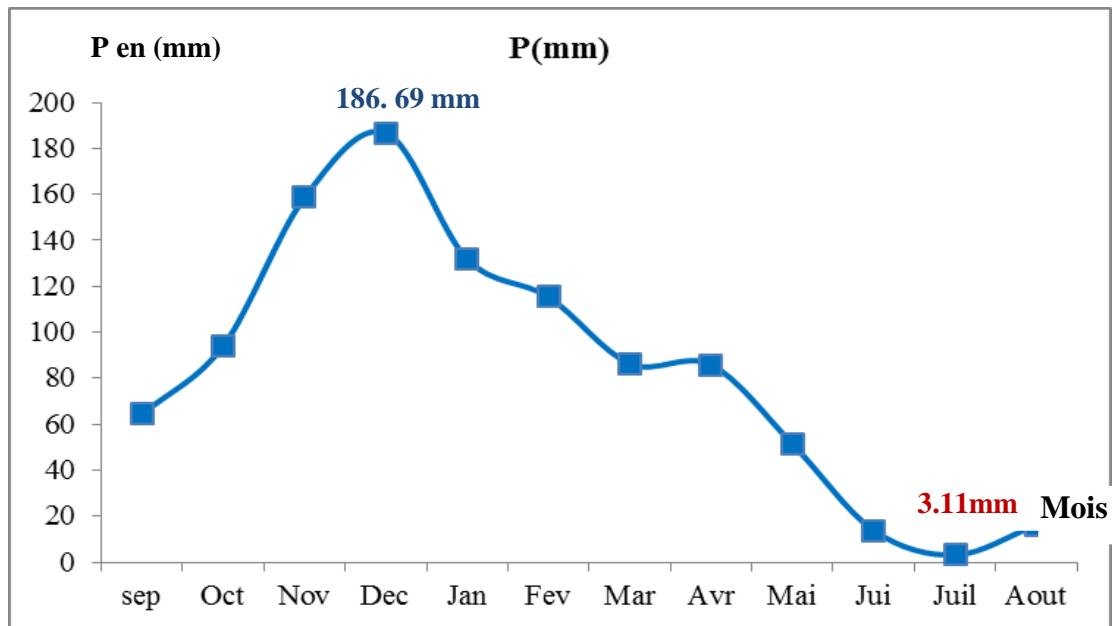


Figure 17 : Précipitations moyennes mensuelles (station de Taher ; 1988/1989-2013/2014)

D'après le tableau 14 et le graphique précédent (fig. 17), on remarque que le maximum des précipitations moyennes mensuelles est enregistré au mois de Décembre avec 186.69mm, alors que le minimum est enregistré en Juillet, ce dernier est considéré comme le mois le plus sec de l'année avec 3.11mm.

2.1.2. Précipitations moyennes saisonnières

La subdivision des pluies de l'année pour chaque saison est faite suivant les quatre saisons agricoles :

- L'automne : (septembre, octobre, novembre)
- L'hiver : (décembre, janvier, février).
- Le printemps : (mars, avril, mai).
- L'été : (juin, juillet, août).

Tableau 15: Précipitations moyennes saisonnières

P. Moy Saisonnière		Automne	Hiver	Printemps	Eté	Année
Taher	(mm)	317.13	433.84	223.58	33.06	1007.61
	%	31.47	43.05	22.18	3.28	100

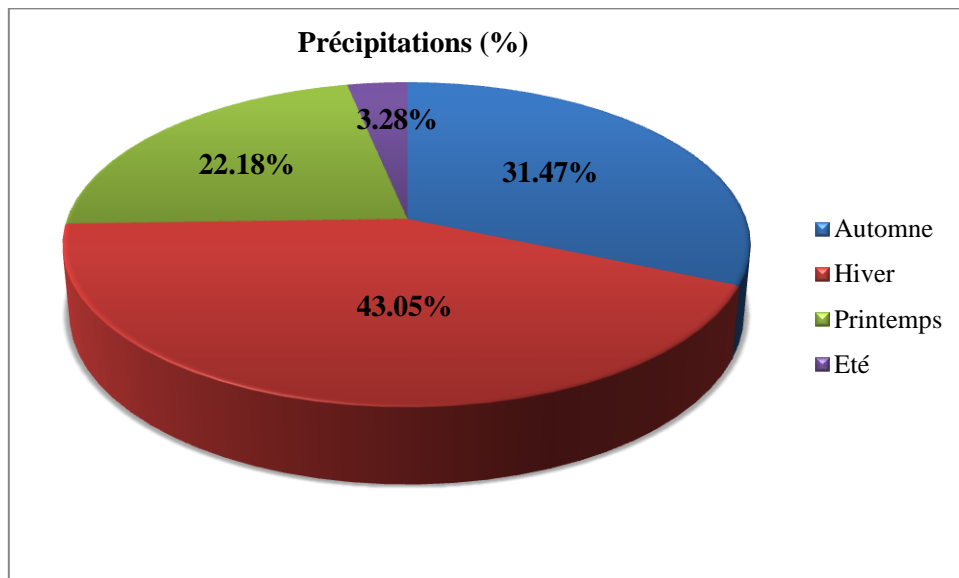


Figure 18: Précipitations moyennes saisonnières (station de Taher ; 1988/1989-2013/2014)

L'examen des résultats du tableau 15 et la figure ci-dessus (fig.18) montre que la saison hivernale est la plus pluvieuse, au total, il tombe 433.84 mm soit 43.05 % des pluies annuelles (tab.15 et fig. 18). Les précipitations moyennes sont de l'ordre de 223.58 mm soit 22.18 % et d'ordre de 317.13mm soit 31.47% respectivement au printemps et l'automne, alors que la saison estivale est la plus sèche, la pluviométrie enregistrée est la plus faible de l'ordre 33.06 mm soit 3.28 %.

2.1.3. Précipitations moyennes annuelles

Le graphique ci-dessous (fig.19) donne un aperçu sur la répartition des précipitations annuelles au niveau de la station de Taher le long d'une période d'observation de 26 ans (1988/1989-2013/2014).

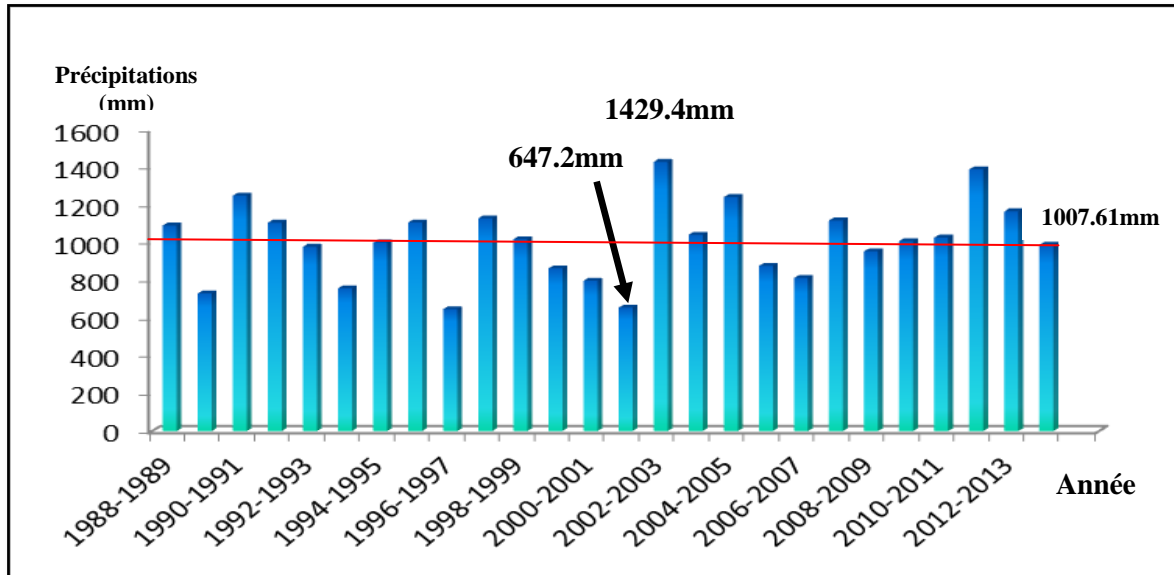


Figure 19: Précipitations annuelles (station de Taher ; 1988/1989-2013/2014)

L'analyse du graphique des variations interannuelles des précipitations (fig.19), sur la période considérée (1988/1989-2013/2014), montre que l'année 2002/2003 est la plus pluvieuse, avec des précipitations atteignant 1429.4mm et l'année 2001/2002 est la moins pluvieuse avec des précipitations de l'ordre de 647.2mm.

2.2. La température

La température régit directement, en interaction avec les autres facteurs météorologiques (humidité, précipitations, ...etc.) ; et biogéographiques, le développement de la végétation, le phénomène de l'évapotranspiration et ainsi que le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. Les valeurs de la température enregistrée à la station de Taher sont consignées dans le tableau ci-dessous ;

Tableau 16: Températures moyennes mensuelles (station de Taher ; 1988/1989-2013/2014)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
T(C°)	23.57	20.44	15.90	12.71	11.56	11.73	13.56	15.56	18.36	22.53	25.31	26.18

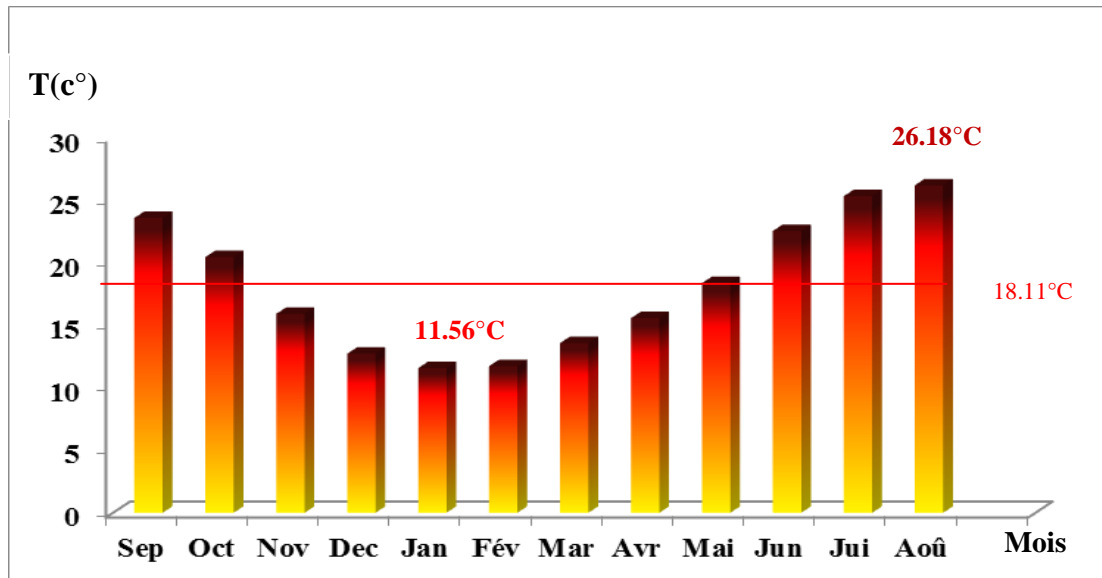


Figure 20: Températures moyennes mensuelles (Station de Taher ; 1988/1989-2013/2014).

D'après le graphique représentant les températures moyennes mensuelles de la station de Taher, on distingue deux périodes: la première où la température décroît du mois de septembre (23.57°C) jusqu'au mois de janvier 11.56°C, et la deuxième où la température croît progressivement du mois de février 11.56 °C au mois d'août 26.18°C.

2.3. Type de climat

2.3.1. Relation Température – Précipitations

La courbe pluvio-thermique (combinaison de deux paramètres climatiques ; la température et les précipitations), permet la détermination du type du climat régnant dans la région. Un mois sec se définit, selon (*Bagnouls et Gaussen, 1953*) comme celui ayant un total pluviométrique (moyenne en millimètres) égal ou inférieur au double de la température ($P \leq 2T$). Cette formule ($P \leq 2T$) permet de construire le diagramme Ombrothermique traduisant la durée de la saison sèche d'après les intersections des deux courbes. Elle est appliquée à la station de Taher, on remarque la succession de deux saisons, la première dite la saison humide se caractérisant par une forte pluviométrie et une faible température, elle s'étend du début d'octobre jusqu'au mois de mai. Au cours de cette période, les précipitations sont importantes. La saison sèche occupe le reste des mois, c'est-à-dire du mois de Mai jusqu'au mois de septembre (*fig.21*).

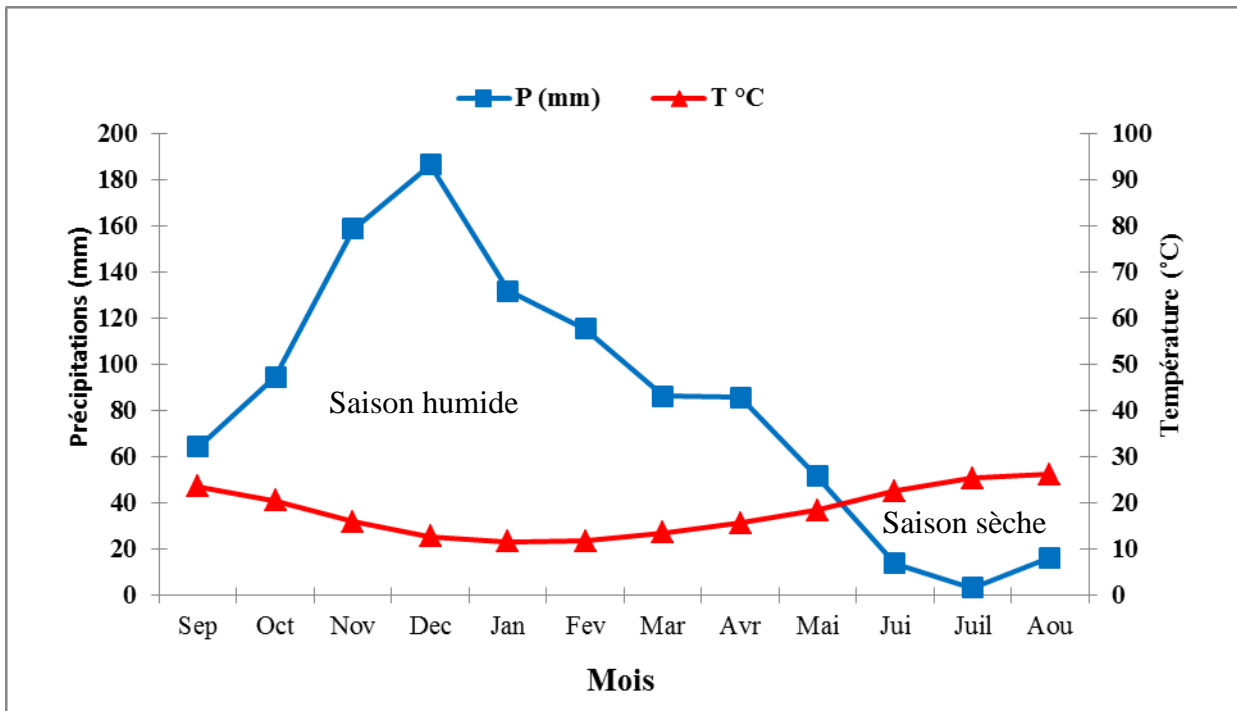


Figure21 : Diagramme Ombrothermique de station retenue du bassin versant d'oued El Nil

2.4. L'humidité

L'humidité joue un rôle très important dans le cycle hydrologique, car non seulement elle indique l'état plus ou moins proche de la condensation de l'atmosphère, mais également elle contrôle le taux d'évaporation du sol et de couverture. Elle se définit comme étant le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air humide et la pression de saturation à la même température, elle est exprimée en %.

Tableau 17 : Humidité moyenne mensuelle (station de Taher ; 1990/1991-2013/2014)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
Humidité%	74.89	74.87	76.59	76.95	77.87	77.32	76.43	76.29	76.93	73.83	73.78	71.59

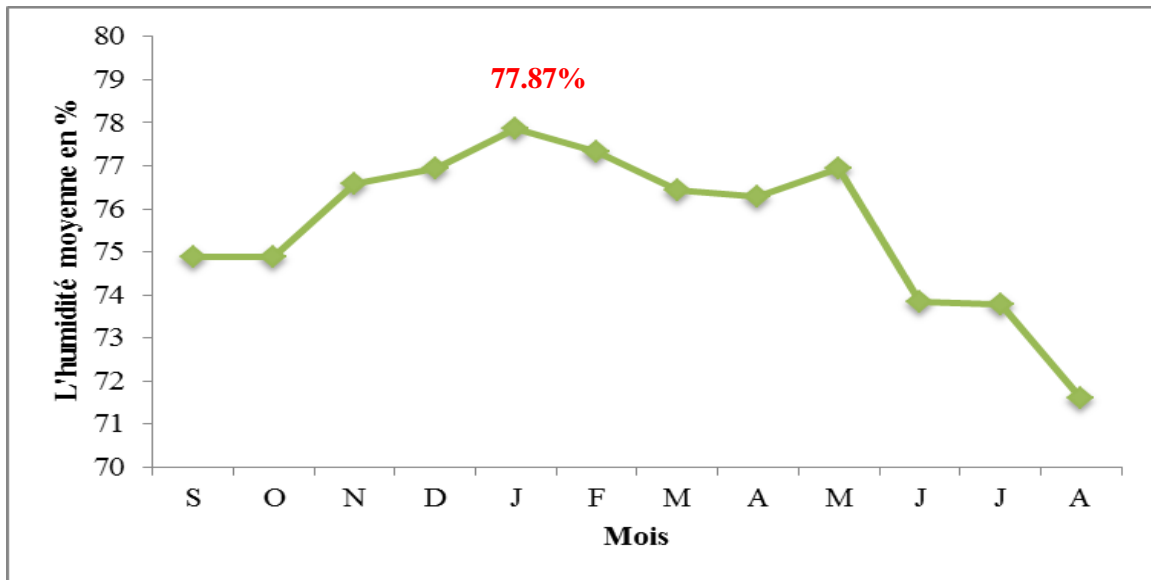


Figure 22: Humidité moyenne mensuelle (station de Taher ; 1990/1991-2013/2014)

Le graphique précédent (*fig.22*) représentant l'humidité moyenne mensuelle d'une période d'observation de 24 ans (1990/1991 - 2013/2014), montre que notre région d'étude est caractérisée par une humidité très élevée durant toute l'année, elle oscille entre 71.59 % et 77.87 %.

2.5. Détermination de l'humidité' du sol (méthode d'Euverte)

Cette méthode est basée sur l'établissement d'un rapport entre les précipitations et les températures moyennes mensuelles (P/T) d'une même période. Le rapport Précipitations / Température donne la valeur de l'humidité du sol et permet de distinguer quatre types de régime climatique.

Tableau 18 : La classification "D'Euverte"

Rapport (P/T)	$P/T < 1$	$1 < P/T < 2$	$2 < P/T < 3$	$P/T > 3$
Le régime	Très sec	sec	Subhumide	humide

Les valeurs du rapport Précipitations / Température (P/T) représentées dans le tableau suivant (*tab.19*) nous permettent de connaître l'évolution de l'humidité du sol pendant l'année :

- Un régime très sec durant les mois de Juin, Juillet et Aout,
- Un régime subhumide durant le mois de Septembre et Mai,
- Un régime humide pendant le mois d'Octobre jusqu' Avril.

Tableau 19 : le rapport Précipitations / Température

Mois	PMoy (mm)	T Moy (°C)	P/T	Régime
Sep	64.31	23.57	2.72	Subhumide
Oct	94.16	20.44	4.60	Humide
Nov	158.66	15.90	9.97	Humide
Déc	186.69	12.71	14.68	Humide
Jan	131.8	11.56	11.40	Humide
Fév	115.35	11.73	9.83	Humide
Mar	86.31	13.56	6.36	Humide
Avr	85.83	15.56	5.51	Humide
Mai	51.44	18.36	2.80	Subhumide
Jui	13.77	22.53	0.61	Très sec
Juil	3.11	25.31	0.12	Très sec
Août	16.18	26.18	0.61	Très sec
Année	1007.61	217.41	4.63	/

2.6. Détermination de l'aridité' (indice de "De Martonne")

L'indice d'aridité (De Martonne, 1923) est défini comme le rapport entre la hauteur moyenne des précipitations annuelles et la moyenne des températures annuelles, il est donné selon la formule suivante :

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

Avec : **T** : température moyenne annuelle (°C).

A : indice de "De Martonne".

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

Tableau 20 : La classification de "De Martonne"

Indice (A)	A<5	5<A<7.5	7.5<A<10	10<A<20	A>20
Type de climat	hyperbolique	désertique	steppique	Semi -aride	tempéré

Pour notre région d'étude: P= 1007.61 mm, T=18.12 °C

Donc l'indice de « De Martonne » : $A = 35.83$, suivant la classification de « De Martonne » (tab.20) la région d'étude (bassin versant d'oued El Nil) est caractérisée par un climat tempéré ($A > 20$).

3. Le bilan hydrique du bassin versant d'oued El Nil

Le but de l'analyse du bilan hydrique est d'évaluer la répartition des précipitations entre les différents composants de ce bilan, à savoir ; l'écoulement, l'infiltration et l'évapotranspiration.

$$P = ETR + R + I$$

P : précipitations moyennes annuelles en mm

I : infiltration en mm

ETR : Evapotranspiration réelle en mm

R : ruissellement en mm

3.1. L'évapotranspiration

L'évapotranspiration a une grande importance pour les études hydrologiques, car il intéresse le bilan hydrologique ainsi que les réserves souterraines. On peut définir l'évapotranspiration comme étant l'ensemble des phénomènes d'évaporation des plans d'eau (processus physique) et de la transpiration des plantes (phénomènes biologiques), on distingue;

3.1.1. L'évapotranspiration potentielle (ETP)

L'évapotranspiration potentielle (ETP) représente la quantité d'eau maximum qui peut être abandonnée pour des conditions météorologiques données et pour un stock d'eau du sol maximum et infiniment renouvelable.

$$ETP_C \text{ (mm)} = 16 (10 T/I)^a * K$$

Avec ;

$$I = \sum_{i=1}^n i ; i = (T/5)^{1.514}$$

$$a = 1.61 (I/100) + 0.5 \quad ETP = 16 (10T/I)^a$$

T: température moyenne du mois considéré °C,

K : coefficient d'ajustement mensuel

ETP: évapotranspiration potentielle du mois considéré (mm),

I : indice thermique

Tableau 21: L'Evapotranspiration selon la formule de Thornthwaite

Mois	P (mm)	T (°C)	i	ETP (mm)	K	ETP _c
Sep	64.31	23.57	10.45	105.63	1.03	108.79
Oct	94.16	20.44	8.42	80.69	0.97	78.26
Nov	158.66	15.90	5.76	50.19	0.86	43.16
Déc	186.69	12.71	4.1	32.87	0.84	27.61
Jan	131.8	11.56	3.55	27.48	0.87	23.9
Fév	115.35	11.73	3.63	28.24	0.85	24.00
Mar	86.31	13.56	4.52	37.15	1.03	38.26
Avr	85.83	15.56	5.57	48.18	1.1	52.99
Mai	51.44	18.36	7.16	65.87	1.21	79.70
Jui	13.77	22.53	9.76	96.99	1.22	118.32
Juil	3.11	25.31	11.65	120.85	1.24	149.85
Août	16.18	26.18	12.26	128.82	1.16	149.43
Année	1007.61	217.41	86.83	822.96	/	894.27

3.1.2. Evapotranspiration réelle (ETR)

Par définition, on appelle évapotranspiration réelle effective actuelle, la somme de l'évapotranspiration et de transpiration réelle pour une surface donnée. Pour le calcul de l'évapotranspiration réelle, nous utilisons les formules suivantes :

- **Formule de Coutagne** : cette formule permet de calculer l'évapotranspiration réelle en faisant intervenir la pluviométrie et la température.

$$ETR = P - (\lambda * P^2)$$

Avec : $\lambda = 1 / (0.8 + 0.14T)$

ETR : Evapotranspiration réelle (mm/an).

P : Précipitations moyennes annuelles (mm/an).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Elle est applicable pour la condition suivante : $\frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda}$

Les résultats obtenus sont englobés dans le tableau suivant ;

Tableau 22: Résultats de l'ETR (en mm) d'après la formule de Coutagne.

Station de Taher	T°C	λ	$1/2\lambda$	P (mm)	$1/8\lambda$	ETR
Valeur	18.11	0.29	1.72	1007.61	0.43	713.17

-Méthode de Turc: Cette formule tient compte de la durée de l'insolation et applicable à tous les types de climat, la formule est la suivante :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

Avec :

$L = 300 + 25T + 0.05T^3$; pouvoir évaporant de l'atmosphère.

P : précipitations moyennes annuelles en mm

T : température moyenne annuelle en °C

ETR : Evapotranspiration réelle en mm

Les résultats obtenus sont englobés dans le tableau suivant :

Tableau23 : Résultats d'ETR (en mm) d'après la formule de Turc

Paramètres	P (mm)	T (°C)	L	ETR (mm/an)	ETR (%)
Valeur	1007.61	18.11	1049.72	317.85	31.54

3.1.3. Estimation du ruissellement (R)

L'évaluation du ruissellement est impérative pour estimer l'importance de l'érosion mécanique et chimique qui affecte la surface du sol, il est calculé selon deux formules :

- Formule de Tixeront-Berkaloff ;

$$R = P^3 / 3 * ETP^2, \text{ si : } P < 600 \text{ mm}$$

- Formule de Tixeront-Berkaloff modifiée par Romantchouk (*Khadri, 2008*) :

$$R = P^3 / 3, \text{ si : } P > 600 \text{ mm}$$

Avec : **R** : Ruissellement annuelle (mm)

P : Précipitation annuelle (mm)

ETP : évapotranspiration potentielle (mm)

Les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau24 : Le ruissellement selon la formule de Tixeront-Berkaloff modifiée par Romantchouk

Paramètres	P (mm)	ETP _C (mm)	R (mm)
Taher	1007.61	894.27	341

3.1.4. Estimation de l'infiltration

L'infiltration est calculée à partir de la formule générale du bilan ;

$$I = P - (ETR + R)$$

Avec : **I**: Infiltration (mm),

ETR : Evapotranspiration réelle (mm)

P : Précipitations annuelles (mm)

R : Ruissellement annuelle (mm)

Les résultats du bilan hydrologique sont récapitulés dans le tableau suivant ;

Tableau25 : Résultats du bilan hydrologique (mm)

Paramètres	P (mm)	ETR (mm)	R (mm)	I (mm)
valeur	1007.61	536.99	341	129.62

On remarque que les quantités des eaux de l'infiltration sont très faibles par rapport aux autres composants du bilan avec 129.62 mm soit 12.86 % de quantité précipitée, alors que le ruissellement représente 33.84 % de précipitations.

4. Bilan hydrique selon la formule de C.W Thornthwaite

C'est la méthode la plus utilisée pour les climats subhumides et semi-arides, elle consiste à calculer l'évapotranspiration réelle (ETR) mensuelle à partir des précipitations moyennes mensuelles, l'évapotranspiration potentielle (ETP) et la réserve facilement utilisable contenue dans le sol (RFU) qui est nécessaire pour le bon fonctionnement physiologique des plantes.

L'estimation de l'évapotranspiration réelle établie par la méthode de Thornthwaite est liée au volume de précipitations ; trois cas peuvent se présenter :

- **1^{er} Cas** : ($P \geq ETP \rightarrow ETR = ETP$) : Il y a reconstitution des réserves du sol jusqu'à saturation (un sol saturé, quand il aura absorbé une lame d'eau équivalente à une précipitation de 100 mm), le surplus représentera l'écoulement superficiel.
- **2^{eme} Cas** : ($P < ETP \rightarrow ETR = P + RFU$) : Dans ce cas, on puisera dans les réserves du sol jusqu'à satisfaction de l'ETP.
- **3^{eme} Cas** : ($P < ETP \text{ et } RFU = 0 \rightarrow ETR = P$) : Dans ce cas, on aura un déficit qui représentera la quantité d'eau à apporter pour l'irrigation (déficit agricole).

Le tableau suivant (*tab.26*) récapitule les résultats du bilan hydrologique pour la station de Taher pour une période d'observation de 26 ans (1990/1991-2013/2014).

Tableau 26: Bilan hydrique d'après la formule de Thornthwaite

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Total
P (mm)	64.31	94.16	158.66	186.69	131.8	115.35	86.31	85.83	51.44	13.77	3.11	16.18	1007.61
ETPc (mm)	108.79	78.26	43.16	27.61	23.9	24.00	38.26	52.99	79.70	118.32	149.85	149.43	894.27
ETR (mm)	64.31	78.26	43.16	27.61	23.9	24.00	38.26	52.99	79.70	85.51	3.11	16.18	536.99
RFU (mm)	0.00	15.9	100	100	100	100	100	100	71.74	0.00	0.00	0.00	/
EXC (mm)	0.00	0.00	31.4	159.08	107.9	91.35	48.05	32.84	0.00	0.00	0.00	0.00	470.62
Da (mm)	44.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.81	146.74	133.25	357.28

Afin d'éclairer les résultats obtenus, nous avons établi le graphique suivant (*fig.23*). Ce graphique montre l'existence de deux périodes ; La première hivernale s'étale du mois d'octobre à avril, caractérisée par des précipitations importantes de 858.8 mm, tandis que l'évapotranspiration est réduite avec une valeur de 288.18 mm.

La reconstitution du stock se fait à partir du mois d'Octobre et l'écoulement se manifeste à partir de novembre et se poursuit jusqu'au mois d'Avril. Durant cette période, la quantité coulée est égale à 470.62 mm. Alors que, la deuxième période est estivale, s'étale du mois de Mai à Septembre où l'ETP est nettement supérieure aux précipitations.

Le stock commence à épuiser pour vider complètement au mois de Juillet accompagné d'un déficit agricole, qui atteint son maximum à ce mois, ce qui signifie que l'irrigation doit commencer, et devient indispensable en juillet, août et septembre.

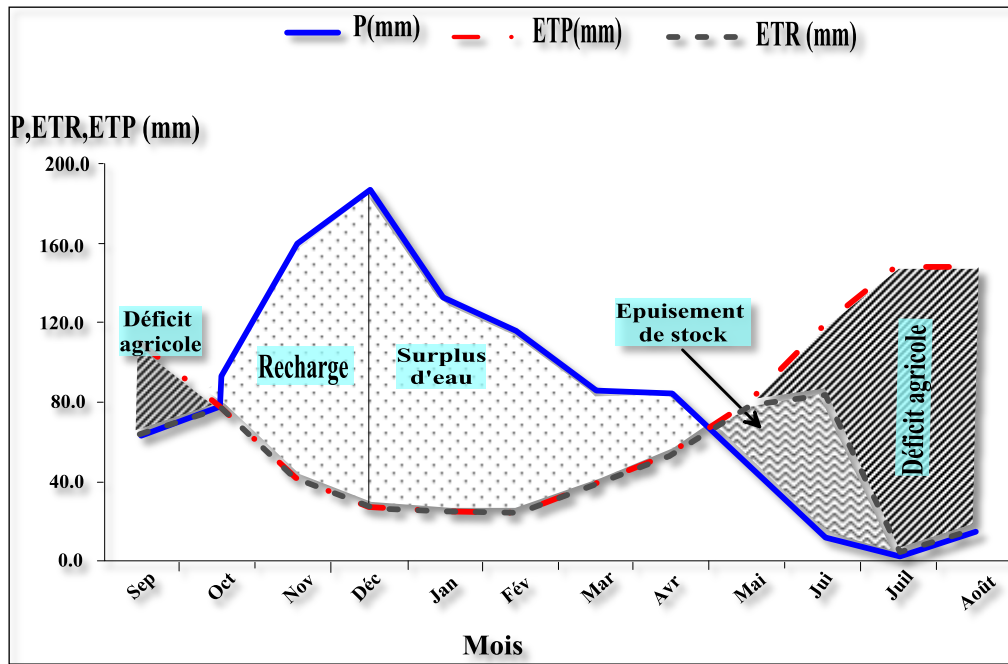


Figure 23 : Représentation graphique du bilan de C.W.Thornthwaite

Conclusion

Le bassin versant d'oued El Nil est soumis à un climat Méditerranéen, caractérisé par une période humide qui s'étale du mois d'octobre jusqu' au mois de mai et une période sèche qui s'étend du mois de Mai jusqu'au mois de Septembre. La région d'étude reçoit des précipitations annuelles moyennes de l'ordre de 1007.61 mm, et une température moyenne annuelle de l'ordre de 18.11°C. La reconstitution du stock commence en Octobre et s'achève en Avril, l'épuisement du stock du sol s'observe en mois de Mai, ce qui provoque un déficit agricole (Da) nécessitant une irrigation surtout pour la période allant de Juin jusqu' à Octobre.

Introduction

Pour une meilleure maîtrise de la ressource en eau souterraine dans le bassin versant d'oued El Nil, il est nécessaire d'identifier les différents systèmes aquifères rencontrés.

L'importance d'une étude hydrogéologique de ces systèmes aquifères s'impose, afin de nous bien rendre compte des principaux processus, définissant le comportement de l'ensemble d'un système d'écoulement souterrain dans toutes ses dimensions (leur géométrie, le mode d'alimentation, les caractéristiques hydrodynamiques....etc).

Par conséquent, dans cette partie on va essayer de définir les formations aquifères existants dans la plaine d'oued El Nil (partie Aval du bassin versant), suivre l'évolution spatio-temporelle du niveau piézométrique, déterminer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère et classer l'aquifère suivant sa perméabilité.

1. Aperçu sur la plaine d'oued El Nil

La plaine alluviale d'oued El Nil fait partie des plaines côtières, à une distance de 20 Km au Nord-Est de la ville de Jijel. Elle couvre une superficie de 58 Km² et elle est limitée au Nord par la mer Méditerranéenne, au Sud par les reliefs de la petite Kabylie (commune de Chekfa et Taher), à l'Est par les communes de Chekfa et El-Kennar et à l'Ouest par la commune de Taher.

La plaine présente une faible pente, matérialisée par le sens de l'écoulement superficiel. Dans la partie sud, l'altitude de la plaine augmente et présente succession des crêtes arrondies à caractères rocheux dépassant souvent les 100 m d'altitude.

La plaine d'oued El Nil est constituée par le remplissage alluvionnaire d'une ancienne vallée creusée dans les marnes éocènes à l'Ouest (rive gauche d'oued El Nil) et les terrains métamorphiques à l'Est (rive droite d'oued Saayoud). Sur ces alluvions se déposent des formations dunaires plus au moins-récentes comme celle de Bazoul et d'El-Kennar (*Lehtihet, 1983*).

2. Description des formations aquifères

2.1. Les formations dunaires

Ce cordon dunaire est représenté par des sables anciens fins et parfois consolidés, il se dépose sur les alluvions du Quaternaire (*fig.24 et 25*), son épaisseur est importante (*Berkane, 2011*). En conséquence ces dunes peuvent constituer un réservoir non négligeable, mais leur position limitée de la mer nécessite une exploitation réglementaire. Ils ont une mauvaise perméabilité

(la présence des lentilles argileuses), celle-ci ralentisse l'écoulement de l'eau de la nappe vers la mer et empêche le cas échéant l'avancement rapide du biseau salé (Berkane, 2011).

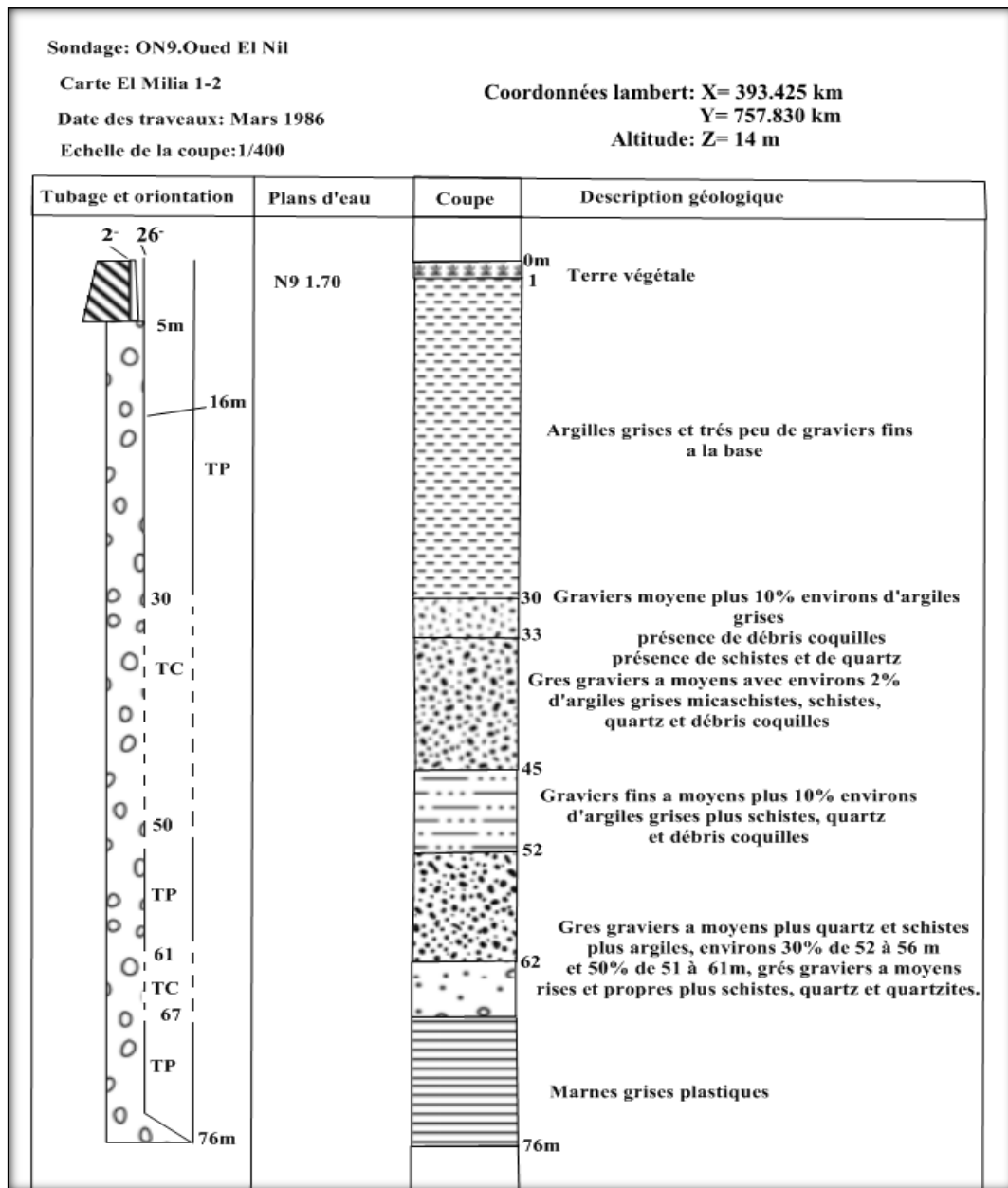


Figure 24: Log stratigraphique de forage ON9 Oued El Nil (DHW)

2.2. Les alluvions du Quartenaire

Ces formations sont les plus importantes du point de vue hydrogéologique, ce sont des alluvions récentes et des cônes de déjection des différents oueds. Ils sont formés essentiellement de graviers fins, moyens et grossiers avec des passages de quartz, sables et schistes (fig. 24 et 25). En amont, les alluvions sont les plus grossières et présentent une bonne perméabilité (supérieur à 10^{-4} m/s). Par contre en aval, ces alluvions sont les plus fines et présentent une perméabilité qui varie de 10^{-4} à 10^{-5} m/s (Berkane, 2011). L'épaisseur de ses

alluvions augmente de l'amont vers l'aval, et de l'Est à l'Ouest. Elle varie de 30 à 50 m en amont jusqu'à 80 m en aval et peut atteindre des valeurs maximales au niveau de la confluence d'oued El Nil et l'oued Saayoud (*Berkane, 2011*).

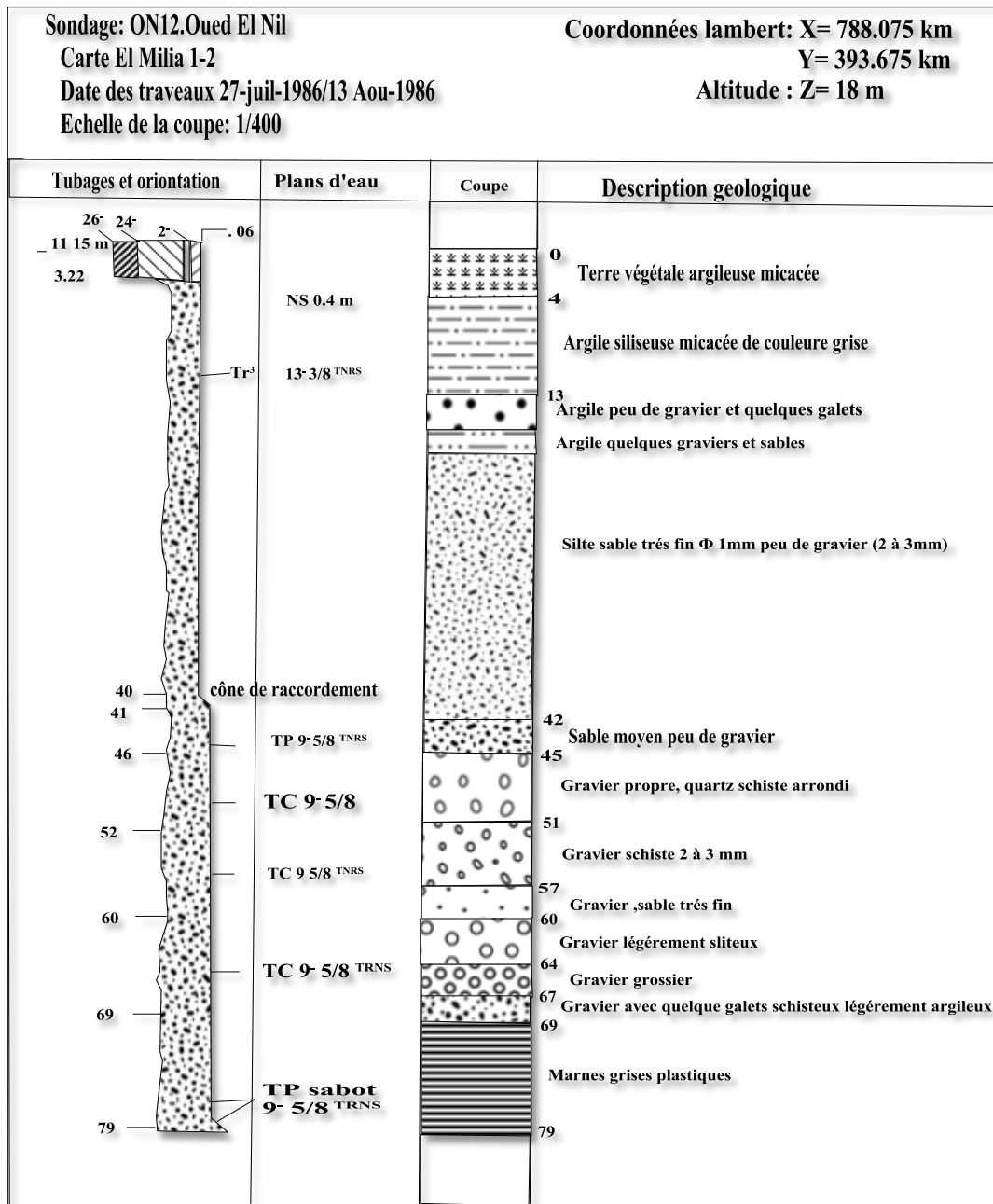


Figure 25 : Log stratigraphique de forage ON12 Oued El Nil (DHW)

3. Coupes hydrogéologiques

Deux coupes schématiques représentant le système aquifère de la plaine d'oued El Nil ont été établies à partir des logs stratigraphiques des principaux forages implantés dans la plaine. La profondeur de ces forages varie du Sud vers le Nord et de l'Est à l'Ouest. Au Sud la profondeur est de 50 à 54 m, au Nord elle varie de 65 à 79 m, alors que dans la partie Est, le long d'oued Saayoud, la profondeur varie de 35 à 50 m.

3.1. Coupe 1 (Orienté SSE - NNO)(fig. 26): C'est une coupe réalisée le long d'oued Saayoud, il montre que le substratum est peu profond au Sud qu'au Nord, les formations existantes sont des formations perméables avec des lentilles moyennes à grandes, en remarque l'existence de formations semi perméables, le profil montre aussi que la nappe dans sa quasi-totalité est libre.

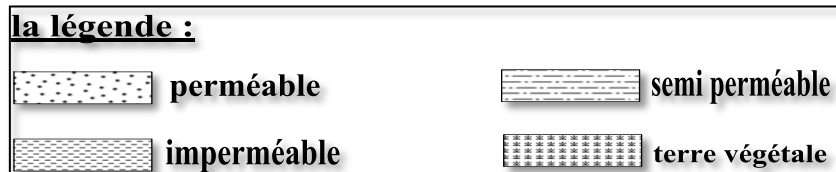
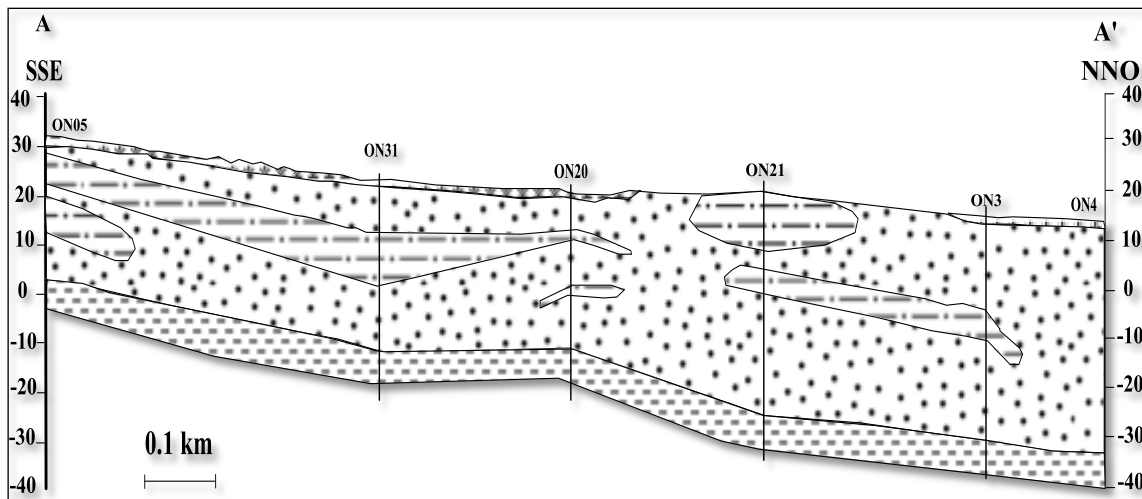


Figure 26: Coupe schématique du système aquifère le long d'oued Saayoud (Sadoun, 2013).

3.2. Coupe 2 (Orienté SSE-NNO)(fig.27): C'est un profil réalisé le long d'oued El Nil, il montre que le substratum est peu profond au Sud qu'au Nord, les formations existantes se sont des formations perméables avec des lentilles de taille petites à moyennes, en remarque l'existence de formations semi-perméables.

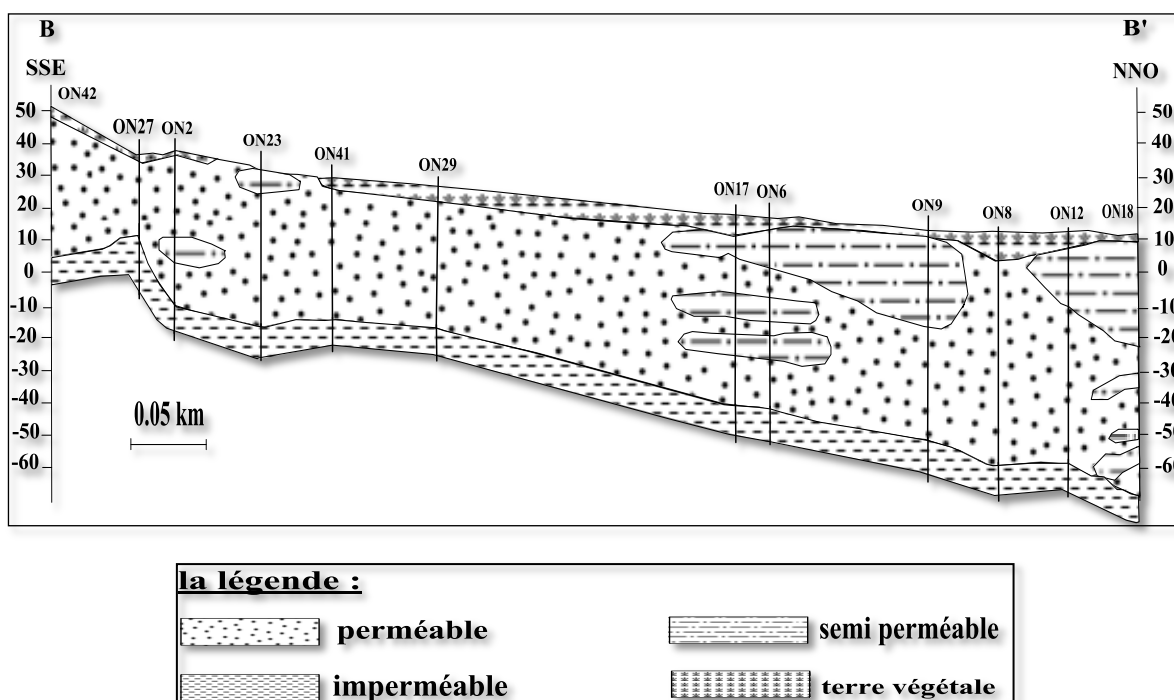


Figure 27: Coupe schématique du système aquifère le long d'oued El Nil (Sadoun, 2013).

4. Les caractéristiques hydrodynamiques

Plusieurs essais par pompage ont été réalisés au niveau des forages captant la nappe aquifère de la plaine d'oued El Nil, ce qui a abouti à la détermination des paramètres hydrodynamiques à savoir ; la transmissivité et la perméabilité.

Les principales caractéristiques hydrodynamiques de la nappe aquifère sont récapitulées dans le tableau suivant (tab. 27).

Tableau 27 : Les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe aquifère d'oued El Nil

Zone	Nbre des forages	Niveau statique (m)	Perméabilité (m/s)	Transmissivité (m ² /s)
Zone I : comprenant les alluvions le long d'oued Saayoud au niveau de <i>la rive Gauche</i>	03	00 -- 2.20 m	$6.6 \cdot 10^{-5}$ -- $1.1 \cdot 10^{-3}$	$1.3 \cdot 10^{-3}$ -- $1.1 \cdot 10^{-2}$
Zone II : les alluvions entre oued El Nil et oued Saayoud <i>Tout en amont</i>	11	00 -- 3.50 m	$2.3 \cdot 10^{-5}$ -- $3.5 \cdot 10^{-4}$	$9.2 \cdot 10^{-4}$ -- $8.4 \cdot 10^{-3}$
Zone III : intéressant les alluvions comprises entre oued El Nil et Oued Boukraa <i>Partie amont</i>	04	1.25 -- 3 m	$1.3 \cdot 10^{-4}$ -- $4.9 \cdot 10^{-4}$	$2.8 \cdot 10^{-3}$ -- $3.2 \cdot 10^{-3}$
Zone IV : Intéressant les alluvions se trouvant le long des oueds El Nil et oued Boukraa <i>Tout en aval</i>	09	00 -- 1.50 m	$1.8 \cdot 10^{-4}$ -- $2.7 \cdot 10^{-3}$	$2.2 \cdot 10^{-4}$ -- $7.9 \cdot 10^{-2}$

5. Etude Piézométrique

5.1. Notion de Piézométrie

La carte piézométrique d'une nappe permet une vision instantanée de son état à un moment précis. Elle sera donc établie durant une période très courte, pour être représentative sur l'ensemble du secteur couvert de conditions identiques vis-à-vis des influences locales et des événements périphériques (*Gilli et al., 2008*). Elle est établie avec les données sur les niveaux piézométriques par l'interpolation des mesures ponctuelles du niveau d'eau qui sont reportés sur la carte topographique, une équidistance valable choisie pour une représentation claire (*Bouredjoul, 2005*). Elle permet, principalement, de l'analyse de la morphologie de la surface piézométrique, de comprendre le fonctionnement du système aquifère et ses relations avec son environnement et identifier le sens d'écoulement, ainsi que les zones d'alimentations et / ou de drainage.

5.2. Inventaire des points d'eau

Afin de comprendre le fonctionnement du système aquifère de la plaine d'oued El Nil, nous avons effectué une campagne de mesures piézométriques durant une période de quatre jours du 11 au 14 Avril 2015. Cette étude est basée sur la partie aval prédominante sur le plus grand nombre des puits et des forages que la partie amont qui procède quelque points d'eau dont les pluparts sont fermés et abandonnés.

Trente trois puits et six forages ont été inventoriés et reportés sur la carte (*fig.28.*). Notons par ailleurs que la pluparts des puits et des forages sont équipés de pompe ce qui nous pose problème à la mesure du niveau statique de ces points d'eau. En général les eaux pompées sont destinées à l'AEP et à l'irrigation.

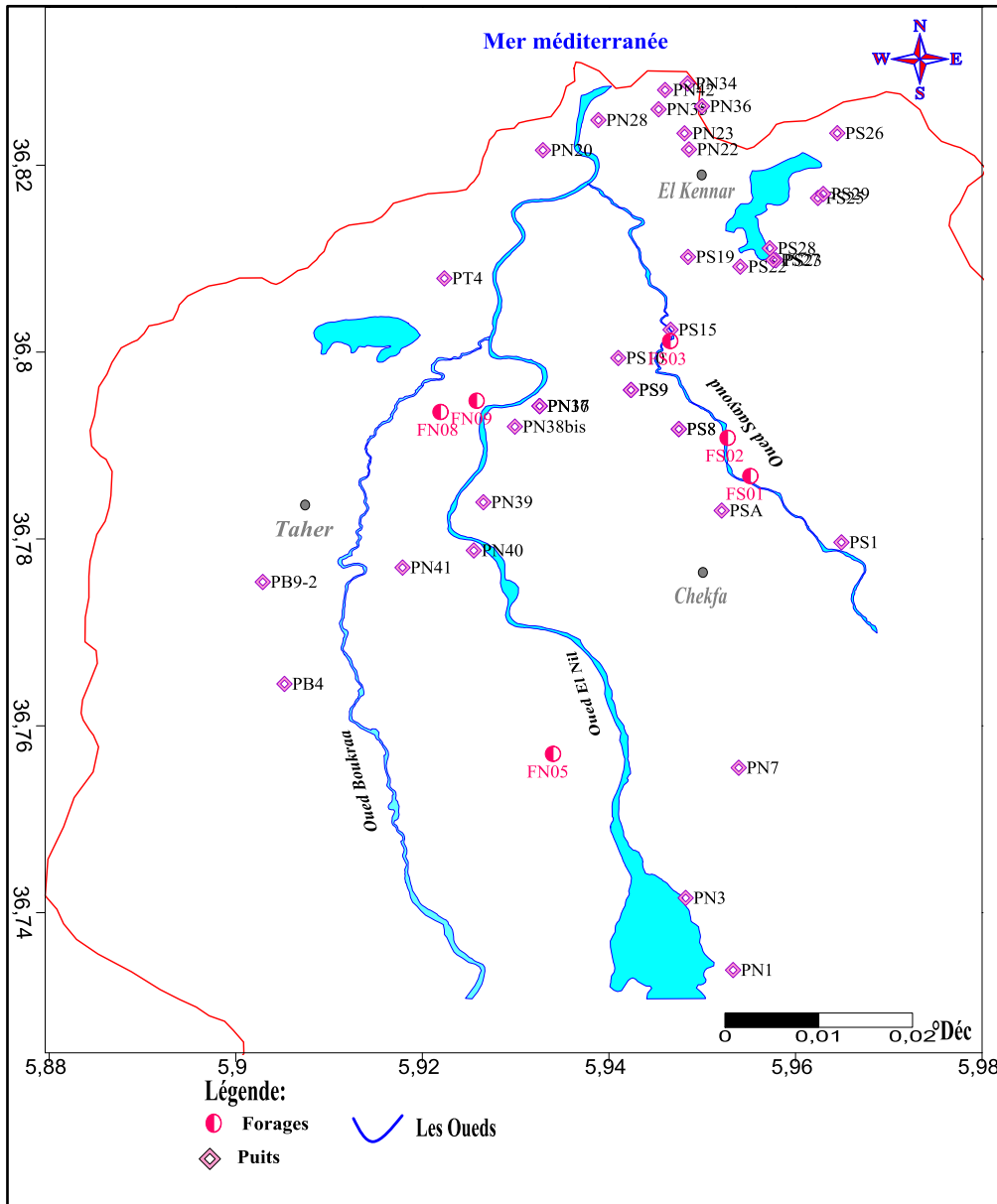


Figure 28 : Carte d'inventaire des points d'eau de la plaine d'oued El Nil

5.3. Interprétation de la carte piézométrique

L'allure générale des courbes isopièses de la carte piézométrique de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015) (fig.29), montre que l'écoulement suit parfaitement la topographie de la plaine, le sens d'écoulement principale est de direction Sud-Nord, il est presque parallèle avec oued El Nil. L'examen de la carte piézométrique nous a amené aux constatations suivantes :

Les courbes isopièses sont serrées au niveau des bordures Est de la plaine, à l'approche du marécage d'El Kennar, ce qui traduit un fort gradient hydraulique (d'ordre de $0.73 \cdot 10^{-2}$), au Nord l'espacement des courbes devient important, ce qui signifie une baisse du gradient, à ce niveau il est de $0.40 \cdot 10^{-2}$. Ce changement dans la vitesse d'écoulement traduit un changement

de la perméabilité, cette dernière faible au début devient importante caractérisant ainsi un changement de faciès.

Au niveau des zones Sud et Sud-Ouest, nous observons une répartition inverse par rapport à la précédente, les courbes espacées sur les bordures traduisant un faible gradient $0.42 \cdot 10^{-2}$, se resserrent au centre de la plaine, avec un gradient d'ordre de $0.72 \cdot 10^{-2}$, avant de s'espacer à nouveau dans la partie Nord-Ouest de la plaine. Cette situation est générée par la variation de la perméabilité, confirmée par la présence des formations marneuses aux extrémités de la plaine, des alluvions dans la partie centrale aux voisinages d'oued El Nil et les sables dunaires dans la zone côtière au Nord.

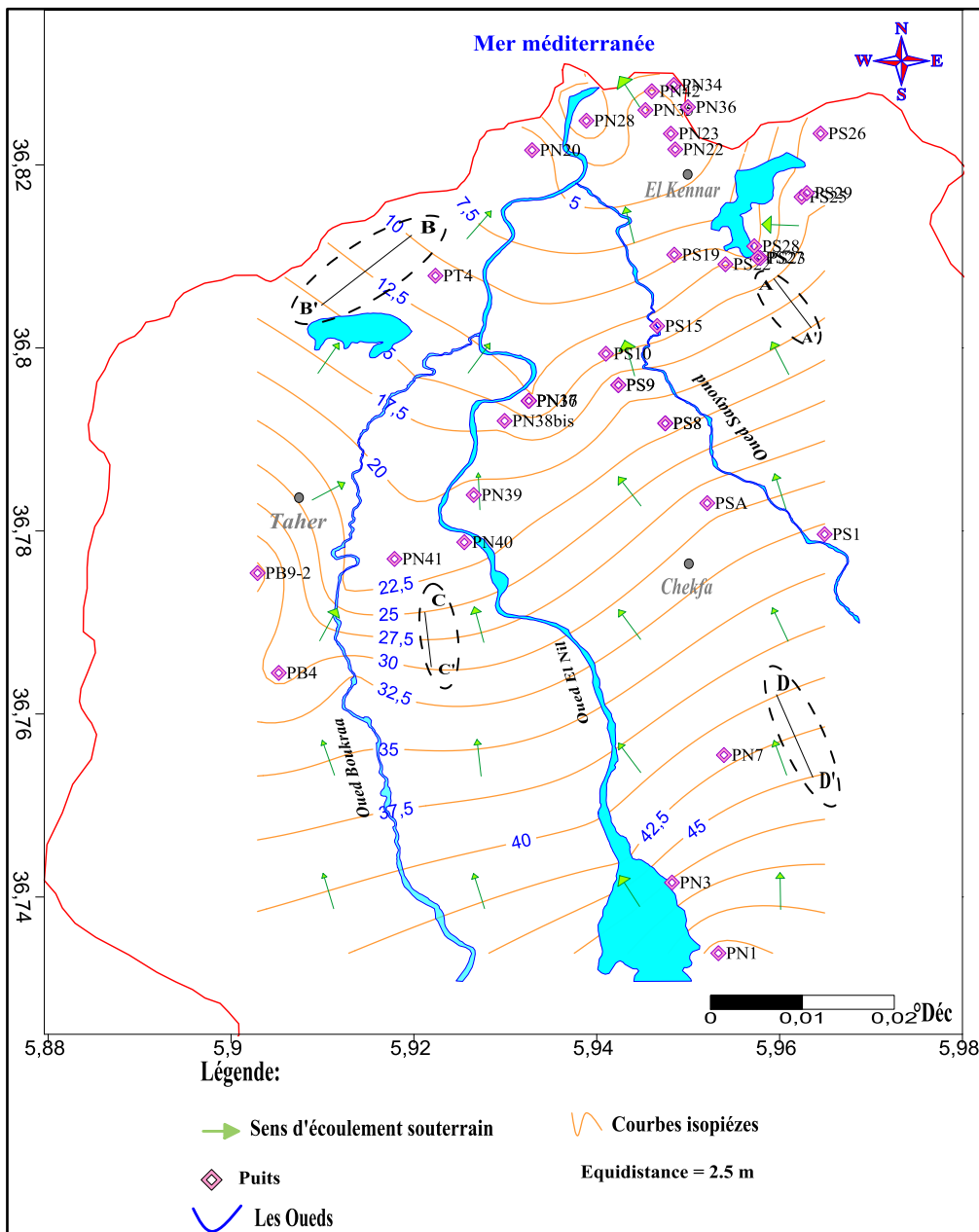


Figure 29 : Carte piézométrique de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015)

5.4. Le gradient hydraulique

Ce gradient correspond à la perte de charge par unité de longueur ou la pente de la nappe, c'est la différence du niveau piézométrique entre deux points de la surface piézométrique.

Il est donné par la relation suivante : $I = (H_2 - H_1) / L$

Avec: H_1 et H_2 correspondent au niveau piézométrique déterminé par deux courbes iso pièzes.

L : correspond à la distance entre les deux points de niveau piézométrique déterminé par l'échelle de la carte.

Tableau 28 : Calcul du gradient hydraulique (I)

Zone	H_1 (m)	H_2 (m)	La distance L	Le gradient hydraulique I	I en %
A-A'	15	20	677.32	0.0073	0.7
B-B'	10	15	1185	0.0042	0.42
C-C'	25	30	688.51	0.0072	0.72
D-D'	40	45	1004	0.0049	0.49

D'après le tableau 28, le gradient hydraulique dans les quatre zones oscille entre 0.42 % et 0.72 %, et dans ce cas, il reste toujours dans la gamme déterminé dans les conditions normales d'écoulement des eaux souterraines pour les terrains étudiés où le gradient est compris entre 0.003 et 5 %.

Conclusion

De l'étude hydrogéologique, il en ressort que le remplissage quaternaire est la formation la plus perspective, son épaisseur varie de 30 à 50 m exceptionnellement de 80 à 100 m au niveau de la confluence oued Saayoud, oued El Nil et plus au Nord. C'est à dire que l'épaisseur des alluvions est plus importante en aval qu'en amont. La transmissivité moyenne est de l'ordre de 10^{-3} m²/s, alors que la perméabilité varie entre 10^{-4} m/s à 10^{-3} m/s plus au Sud, où les alluvions sont plus grossières. Concernant les formations détritiques, elle est faible oscille de 10^{-6} m/s à 10^{-8} m/s. L'examen de la carte piézométrique réalisée au mois d'avril 2015 montre que l'écoulement des eaux souterraines suit parfaitement la topographie de la plaine, le sens d'écoulement principal est d'une direction Sud-Nord, il est presque parallèle avec oued El Nil. Le gradient hydraulique est plus ou moins variable ce qui traduit un changement de faciès latéral au niveau du complexe aquifère.

Introduction

Dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau, il est important de connaître la composition physico-chimique des eaux qui nous renseigne sur leurs qualités, donc la possibilité de leur utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie...etc.). Et, en raison de l'utilisation multiple de ces eaux, cette étude a été menée afin de contrôler l'état chimique chimie des eaux du bassin versant, son évolution dans l'espace et en fonction de la variation des paramètres physico-chimiques de l'eau. Pour cet objectif, nous avons effectué des mesures in-situ des paramètres physico-chimiques (Température, pH, conductivité électrique....etc) lors des mesures piézométriques et une campagne d'échantillonnage (Avril 2015) pour un total de 60 échantillons les analyses effectuées se rapportent aux eaux de surface à savoir ; oued El Nil, oued Boukaraa, oued Saayoud et oued Tassift et aux eaux souterraines de la nappe alluviale.

1. Etude des paramètres physico-chimiques

1.1. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines contiennent toujours des sels dissous qui leur confèrent les caractéristiques du milieu dont elles sont issues. Ces sels peuvent également provenir de phénomènes exogènes qui ont contribué à des modifications de la chimie du milieu, parmi lesquels on note l'évaporation et le lessivage (*Gouaidia, 2008*). Afin d'apprécier la répartition spatiale des principaux éléments chimiques, leur évolution dans le temps et leur origine, nous avons procédé à une cartographie de ces éléments chimiques. En utilisant le logiciel Surfer 10 (Golden Software).

1.1.1. La température

La température est un paramètre intéressant pour l'étude des eaux, elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels surtout des gaz et dans la dissociation des sels dissous, donc sur la conductivité électrique, ainsi que la détermination du pH (*Bouleknafed, 2008*). Elle permet de différencier les eaux qui circulent en profondeur.

La carte de la température des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (*fig.30*), nous montre que la température des eaux souterraines oscille entre 14 °C et 21.8 °C, cette variation en fonction direct de la nature géologique, de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol et la température de la saison.

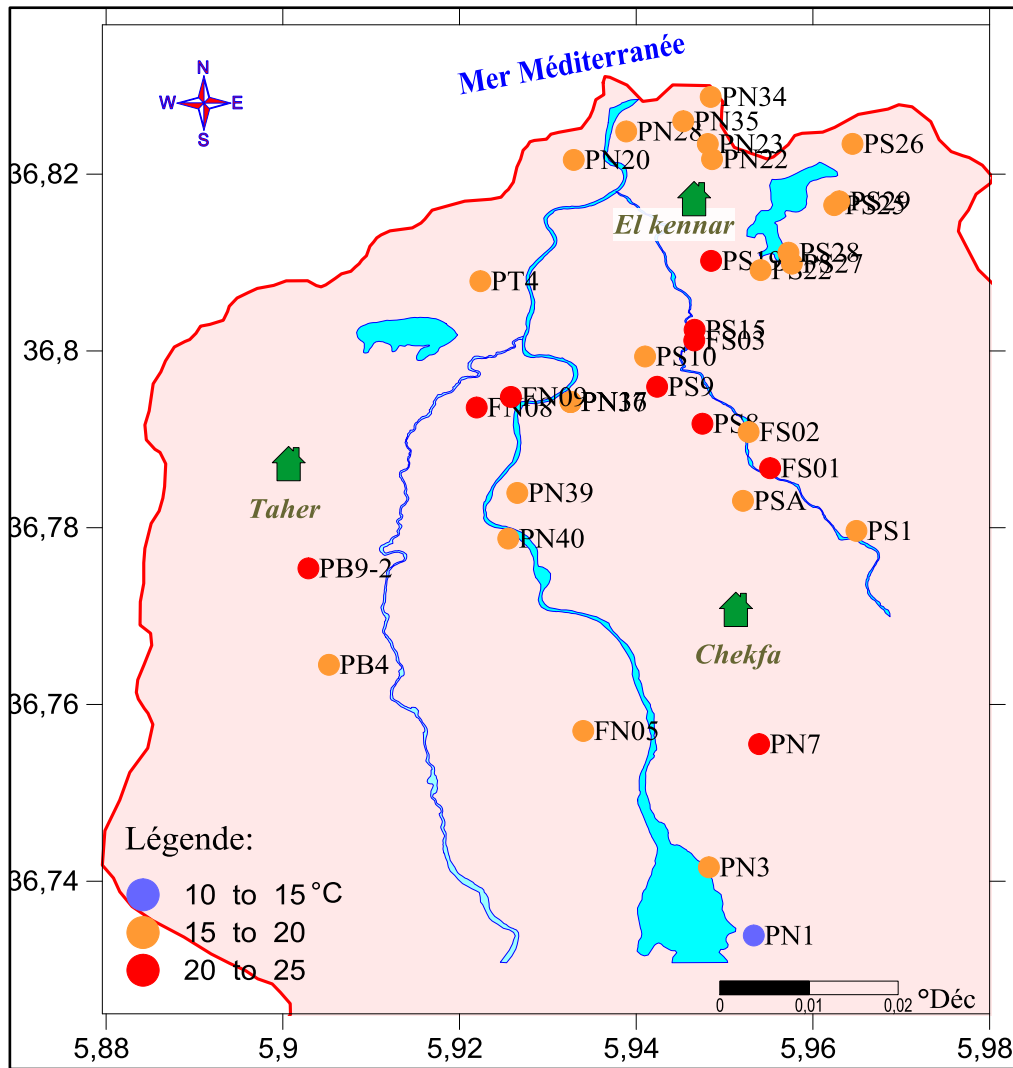


Figure 30 : Température des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015)

1.1.2. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH de l'eau est défini selon la concentration des ions H^+ contenus dans la solution, il exprime l'alcalinité ou l'acidité du milieu, aussi c'est un élément important sur le caractère agressif ou incrustant de l'eau.

Les valeurs limitées acceptables fixées par l'OMS sont de 6.5 à 8.5. Pour notre cas, le PH varie de 5.47 à 6.95, ce qui montre le caractère acide des eaux où elles seront classées dans la gamme des eaux non potables. Cette variation du pH due essentiellement à la géologie du terrain.

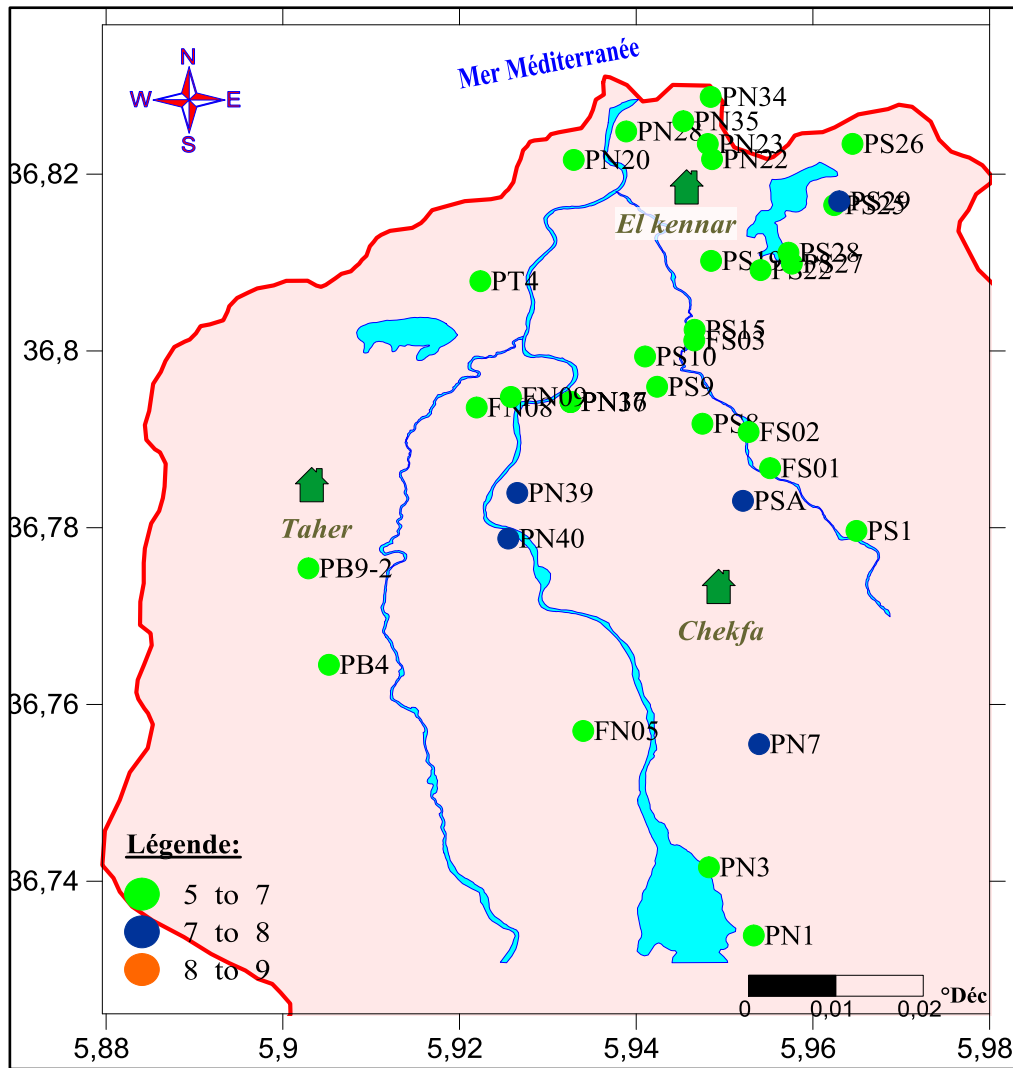


Figure 31 : Le potentiel d'hydrogène des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015)

1.1.3. Conductivité électrique

Les fluctuations globales de la charge chimique de l'eau peuvent être traduites par la détermination de la conductivité électrique de l'eau qui est une fonction linéaire des ions dissous (Meybeck, 1986 ; in Dali, 2009).

Une variation de la conductivité électrique peut avoir une cause aussi bien anthropique (pollution de l'eau souterraine) que naturelle (dilution par les eaux météoriques, infiltration d'eau de surface peu minéralisée, évaporation...etc.) (Houha, 2007 ; in Dali, 2009). Elle permet aussi d'évaluer approximativement la minéralisation totale de l'eau. Selon les normes algériennes, on peut classer les eaux naturelles en fonction des valeurs de la conductivité électrique (tab. 29) :

Tableau 29: Classification des eaux en fonction de la conductivité selon les normes algériennes.

CE(μS/cm)	Classe
CE <450	Minéralisation très faibles
450 < CE < 750	Minéralisation faibles
750 < CE < 1500	Minéralisation moyenne
1500 < CE < 2300	Minéralisation moyennement élevée
2300 < CE < 3000	Minéralisation élevée
CE >3000	Minéralisation très élevée

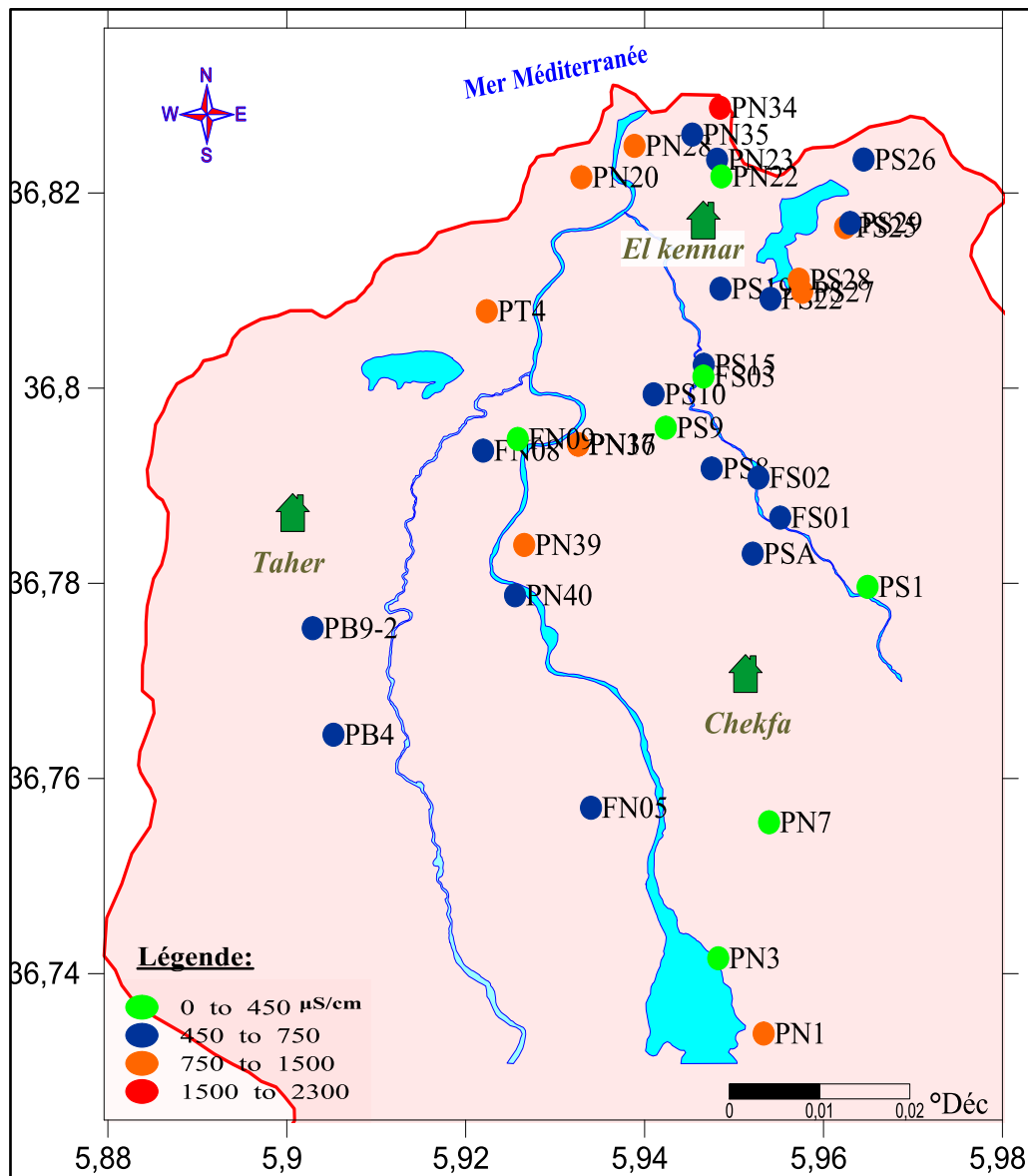


Figure 32: Conductivité électrique des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015)

D'après figure 32 de la conductivité établie, celle-ci nous montre que les eaux souterraines d'oued El Nil sont d'une façon générale faiblement chargées en sels dissous. Les valeurs de la conductivité varient entre 385 et 1584 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

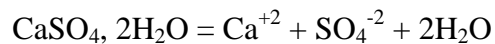
Les valeurs moyennement élevées de la conductivité sont observées dans la partie Nord, causées par les invasions marines, alors que dans les parties Sud-Ouest (région de Chekfa) causées par le problème de pollution par les eaux usées.

Les faibles valeurs de la conductivité sont observées sur le reste de la plaine, elles sont dues à la nature lithologique des terrains lessivés, sachant que sur le bassin versant d'oued El Nil, les terrains affleurant sont soit des marnes ou bien des terrains métamorphiques caractérisés par la mise difficile en solution de leurs éléments chimiques.

1.1.4. Les cations

1.1.4.1. Le calcium (Ca^{+2})

Cet élément est fréquent dans les roches sédimentaires, sa présence dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : Soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4).



D'après la figure 33 des teneurs en calcium, les valeurs en Ca^{+2} vont de 16.032 mg/l comme valeur minimale enregistrée au niveau du puits (PN22) à 128.256 mg/l comme valeur maximale enregistrée au niveau du puits (PN28). Ce qui entraîne quelles sont dans les normes de potabilité selon les normes de l'OMS (140 mg/l).

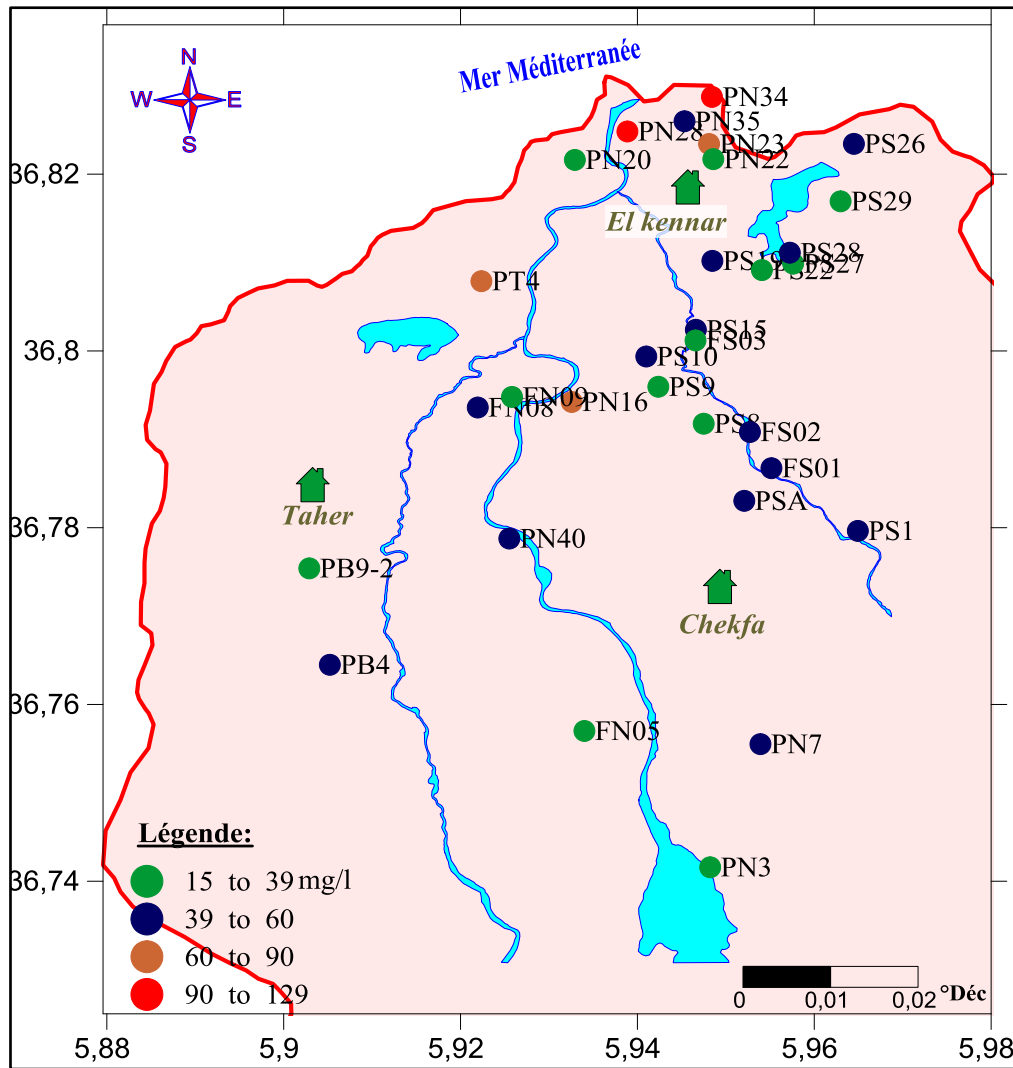
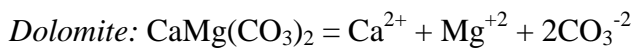
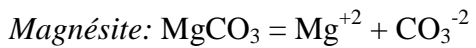


Figure 33: Calcium des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015)

1.1.4.2. Le Magnésium (Mg^{+2})

Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite).



D'après les normes de l'organisation mondiale de la santé, la concentration maximale acceptable du magnésium est de 150 mg/l. La carte de la répartition des concentrations du magnésium dans la plaine d'oued El Nil montre que les teneurs en magnésium varient entre 5.5416 mg/l (PN20) et 167.7408 mg/l (PT4) où les faibles valeurs (< 60 mg/l) sont enregistrées essentiellement dans la partie Nord-Est de la plaine au voisinage d'oued Saayoud.

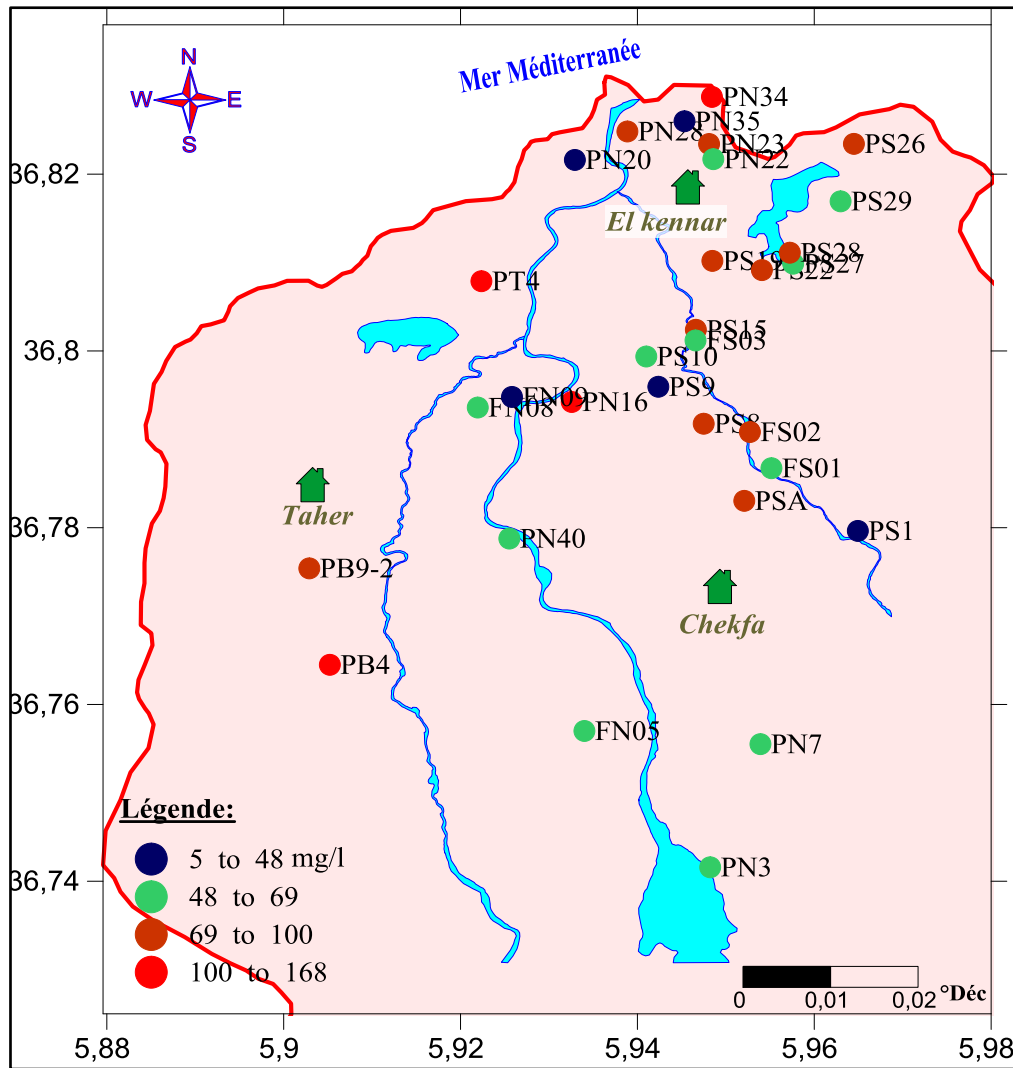


Figure 34 : Magnésium des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015)

1.1.4.3. Le Sodium et le Potassium ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$)

L'origine de ces éléments est liée principalement à la dissolution des formations salifères et à l'effet de la salinité marine. La dissolution des minéraux salifères se fait selon la relation suivante : $\text{NaCl} = \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$.

Le potassium est beaucoup moins abondant que le sodium et dépasse rarement des teneurs supérieures à 20 mg/l. Il provient de l'altération des formations silicatées (gneiss, schiste), des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques.

Les teneurs en sodium et potassium vont de 8.5 mg/l (PN35) à 171 mg/l (PS27). Les fortes valeurs (supérieur à 60 mg/l) sont dues probablement à l'invasion de l'eau salée (au Nord), ou bien aux rejets des eaux usées industrielles ou domestiques (le cas de Chekfa et Taher). Alors que les faibles teneurs sont enregistrées généralement au centre et au Sud de la plaine.

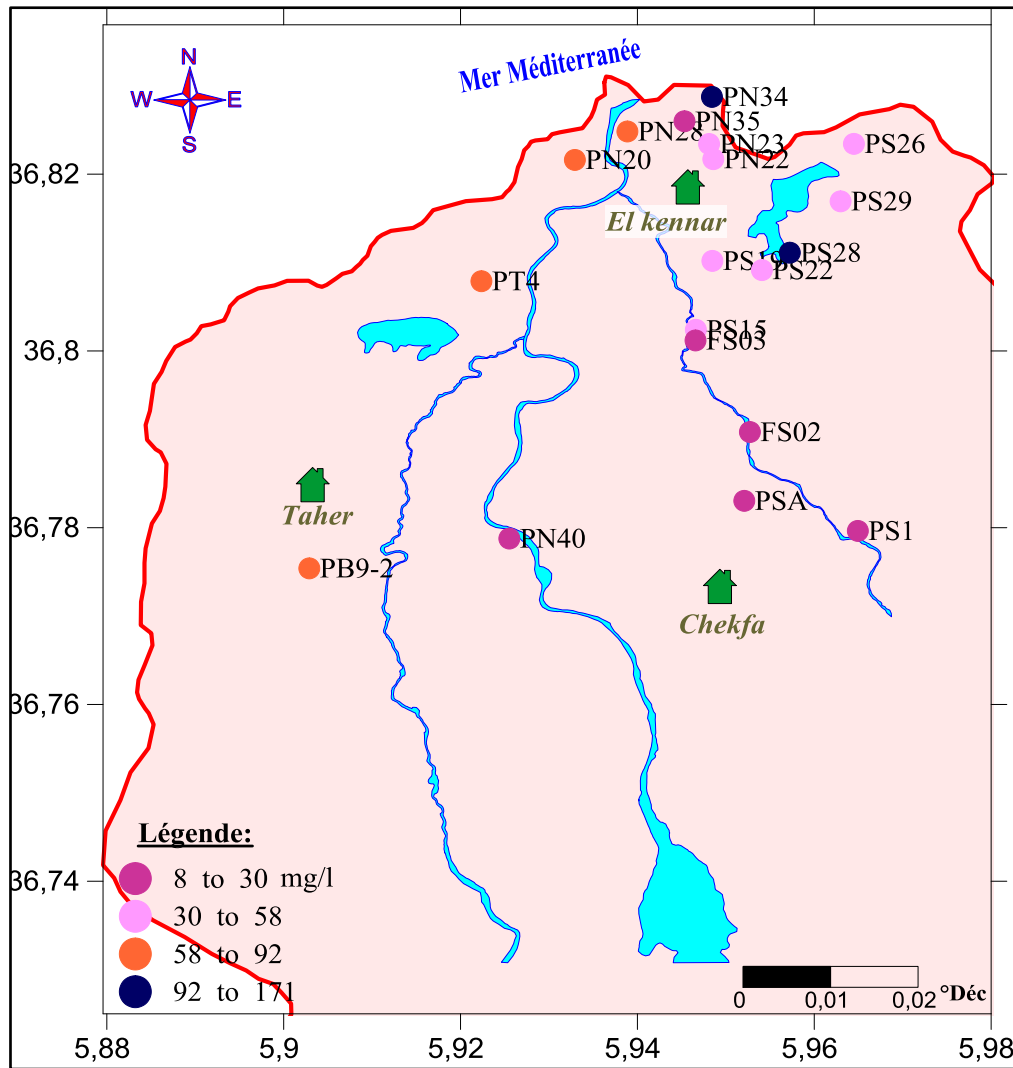


Figure 35 : Sodium et Potassium des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015)

1.1.5. Les anions

1.1.5.1. Les chlorures (Cl⁻)

Les chlorures peuvent avoir une origine multiple, soit l'intrusion marine, ou la contamination par les usées, soit la dissolution des sels par lessivage des terrains salifères. La dissolution de ces sels étant très facile d'où leurs présences en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argilo-sableuses ou argileuses.

Dans notre secteur d'étude les teneurs des chlorures sont varient entre 15.5 mg/l (FN09) et 182.9 mg/l (PS27). Alors que la majorité des eaux souterraines de la plaine ont des teneurs pas les normes de l'OMS (250 mg/l).

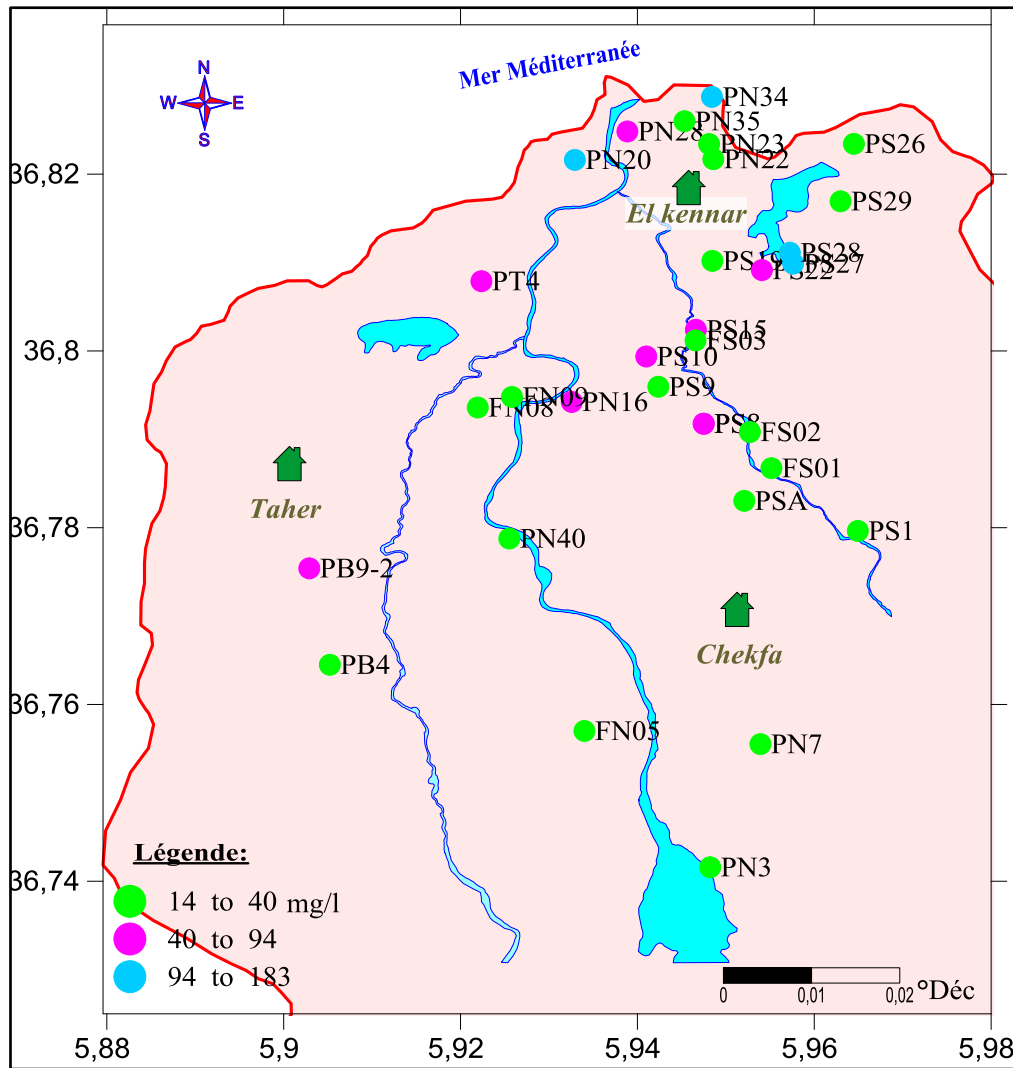


Figure 36: Chlorures des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015)

1.1.5.2. Les Bicarbonates (HCO_3^-)

Les bicarbonates résultent de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique, leur origine principale est la dissolution de roches carbonatées et gypsifères selon l'équation suivante :



Dans notre bassin les bicarbonates se présentent avec des fortes concentrations avec des variations irrégulières de l'amont jusqu'à l'aval et de l'Est vers l'Ouest. Les teneurs oscillent entre 53.68 mg/l (PN22) et 650 mg/l (PN34). Leur origine probablement au lessivage des terrains métamorphiques et des formations marneuses.

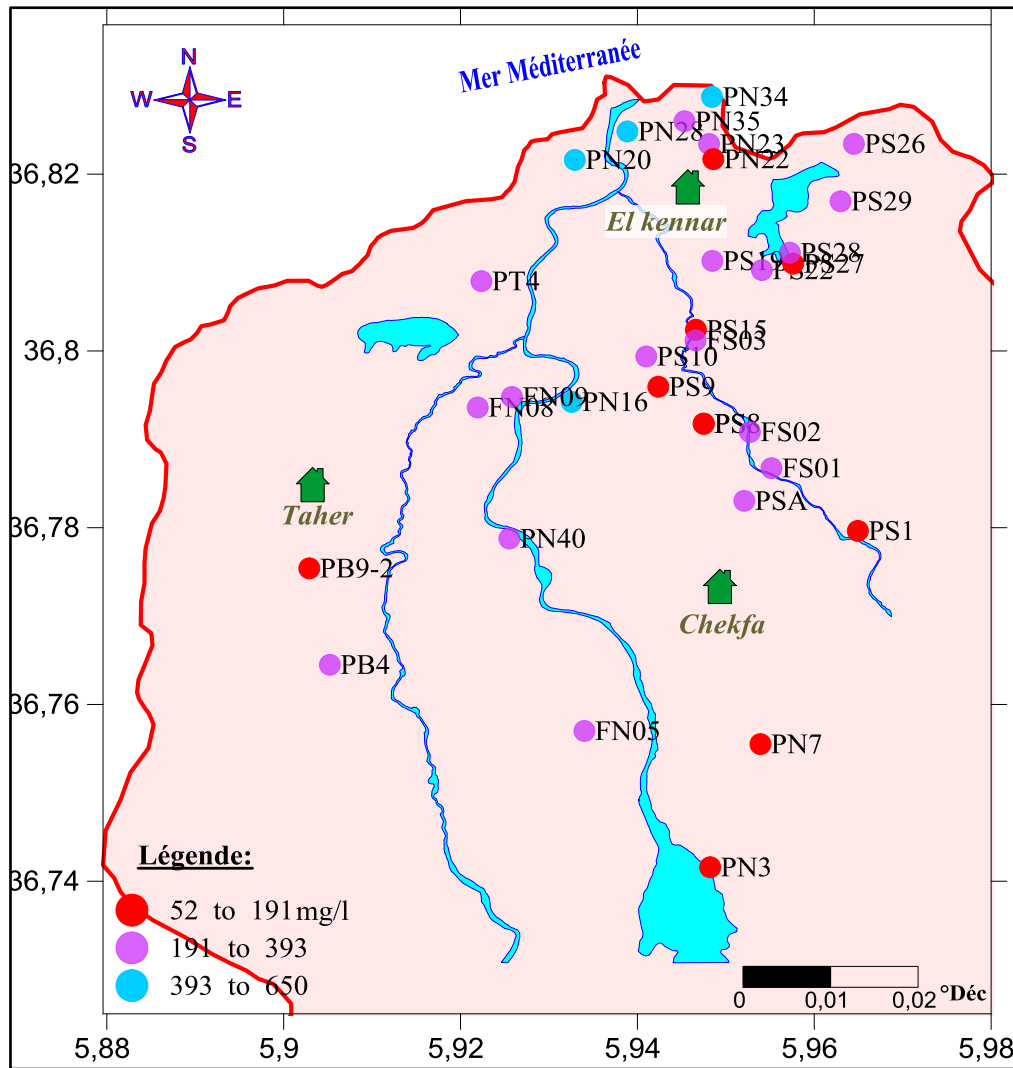


Figure 37: Bicarbonates des eaux souterraines de la plaine d'oued El Nil (Avril 2015)

1.2. Les eaux de surfaces

Le tableau suivant (*tab.30*) montre la variabilité et l'ordre de grandeur des différents paramètres physico-chimiques des eaux de surface mesurés in-situ durant la campagne d'avril 2015.

1.2.1. La température

La température de l'eau est un paramètre très important, elle régit les activités chimiques, bactériologiques et l'évaporation de l'eau. Selon le graphique suivant (*fig.38*), la température des eaux de surface varie entre 14.7 °C à oued Saayoud (OSND) et 25.4 °C à oued Tassift (OT4G) à cause de leur contact direct avec l'atmosphère.

Tableau 30: les paramètres physico-chimiques mesurés in-situ des eaux de surfaces

Les oueds	Noms	T°	PH	CE ($\mu\text{S/cm}$)
Oued El Nil	ON2	24.5	7.5	233
	ON5C	23	7.87	262
	ON3	20.8	7.36	250
	ON7C	18.9	7.64	319
	ON6C	24.2	7.44	278
Oued Sayoud	OSND	14.7	7.53	323
	OSNG	15.1	7.85	295
	OS1C	15.3	7.86	316
	OS2P	17.5	8.22	313
	OS2D	17.3	7.75	516
	OS2C	15.9	8.04	332
	OS3P	20.9	8.01	355
	OS3C	23.1	6.77	484
	OS5	23.1	6.77	484
Oued Tassift	OT3P	22	7.36	1740
	OT4P	20	7.15	632
	OT4G	25.4	7.22	588
	OT4C	25	7.05	1054
	OT2	24	7.62	1547

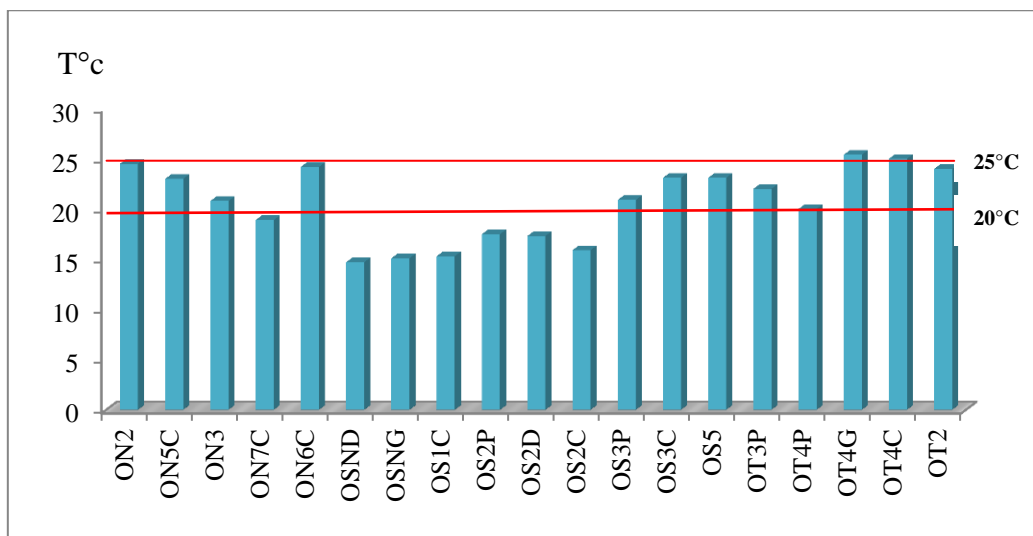


Figure 38 : Evolution de la température des oueds (El Nil, Boukraa et Tassift) (Avril, 2015)

1.2.2. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH caractérise l'acidité ou la basicité d'une solution aqueuse ainsi que l'état d'équilibre des éléments chimiques, ($\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$). Selon le graphique (fig.39) le pH des eaux de surface varie entre 6.77 à oued Saayoud (OS5) et 8.22 à oued Saayoud (OS2P). Cela est dû aux terrains traversés. L'ensemble des valeurs sont dans la norme de l'OMS (7 à 8.5).

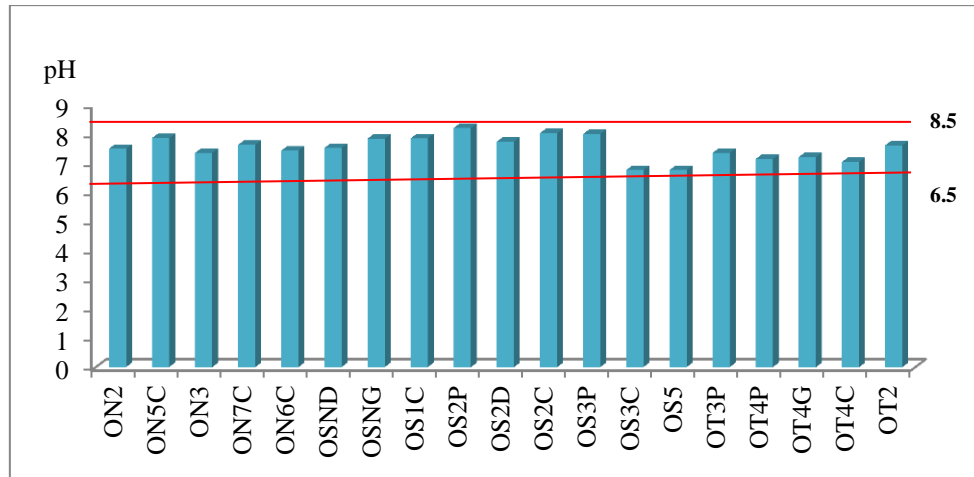


Figure 39 : Evolution spatiale de PH des oueds ; El Nil, Boukraa et Tassift (Avril, 2015)

1.2.3. Conductivité électrique

La présence des ions confère à l'eau une certaine conductivité c'est à dire une certaine aptitude à conduire le courant électrique, on en conclue que plus la concentration des sels dissout est plus élevée plus la conductivité est grande (Halimi, 2008).

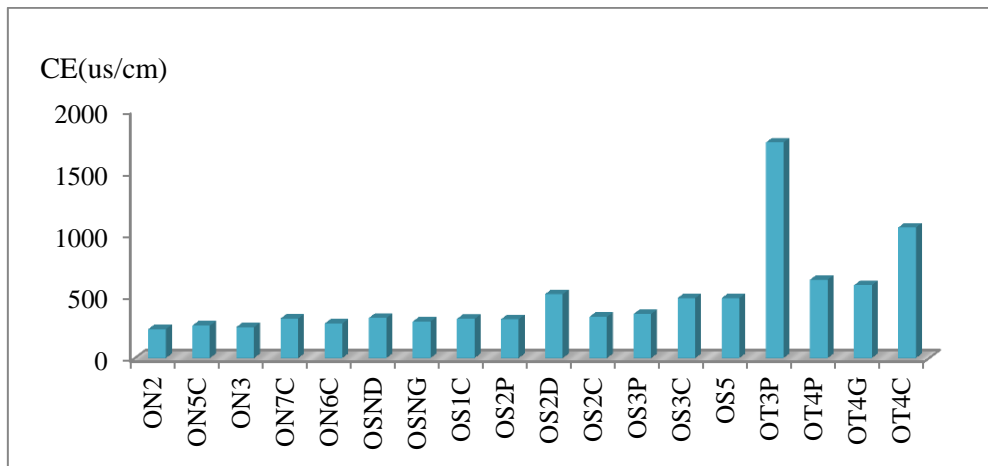


Figure 40 : Evolution de la conductivité électrique des oueds ; El Nil, Boukraa et Tassift (Avril, 2015)

Selon le graphique précédent (fig.40), les eaux de notre zone d'étude présentent une valeur faible de conductivité (233 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à oued El Nil (ON2)) et une forte concentration (1740 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à oued Tassift (OT3P)). Les fortes valeurs de la conductivité électrique au niveau d'oued Tassift sont dues principalement aux rejets des eaux usées.

1.2.4. Les cations

1.2.4.1. Le Calcium (Ca^{+2})

Généralement, l'existence de cet élément dans les eaux est lié à la nature des terrains traversés, par la dissolution des formations carbonatées et gypseuses. D'après la figure 41 les teneurs en calcium, varient entre 19.23 mg/l comme valeur minimale enregistrée au niveau d'oued El Nil (ON2) et 91.38 mg/l comme valeur maximale enregistrée au niveau d'oued Saayoud (OS3P).

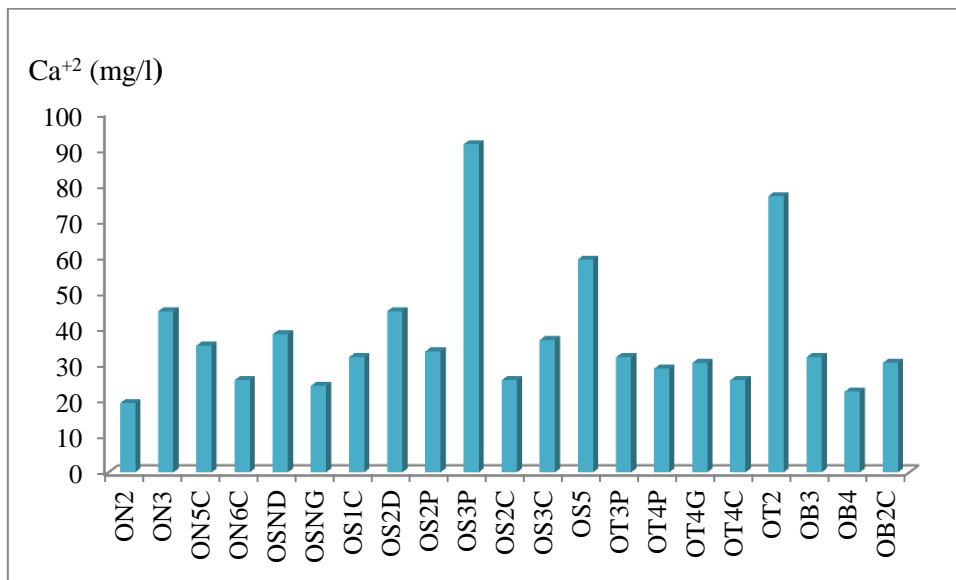


Figure 41: Evolution spatiale de Ca^{+2} des oueds (El Nil, Boukraa et Tassift) (Avril, 2015)

1.2.4.2. Le Magnésium (Mg^{+2})

Le graphique suivant (fig.42) montre que les concentrations du magnésium dans la plaine d'oued El Nil varient entre 9.18 mg/l à oued El Nil (ON3) et 191.97 mg/l à oued Tassift (OT3P). Notant que les faibles teneurs sont enregistrées au niveau d'oued El Nil et oued Saayoud, alors que les fortes teneurs sont enregistrées au niveau d'oued Tassift.

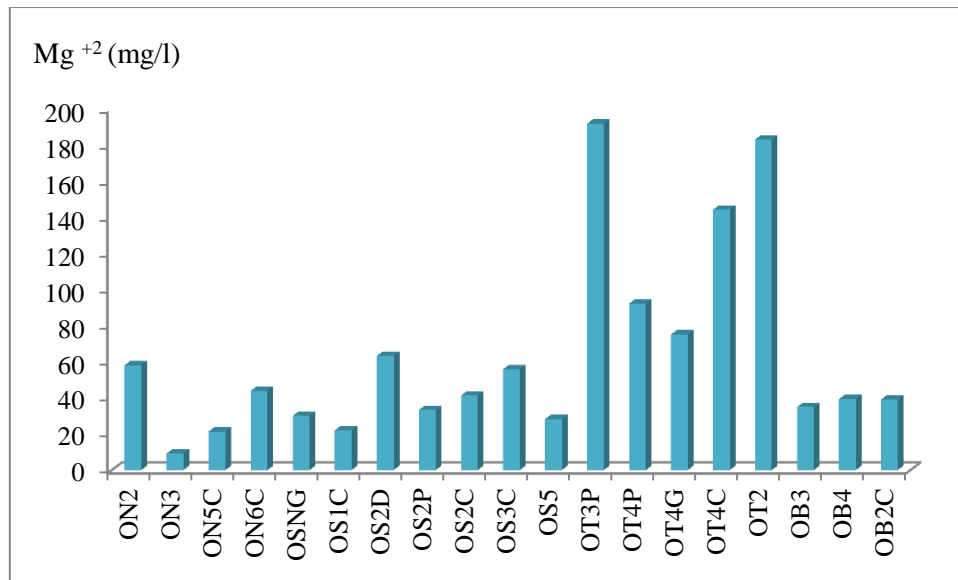


Figure 42 : Evolution spatiale de Mg²⁺ des oueds ; El Nil, Boukraa et Tassift (Avril, 2015)

1.2.4.3. Le Sodium et le Potassium (Na⁺ + K⁺)

Le graphique ci-dessous (*fig.43*) montre que ces éléments présentent avec des faibles concentrations dans les eaux de surface du bassin versant d'oued El Nil, les teneurs oscillant entre 9.2 mg/l à oued El Nil (ON3) et 24.4 mg/l à oued Saayoud (OS5).

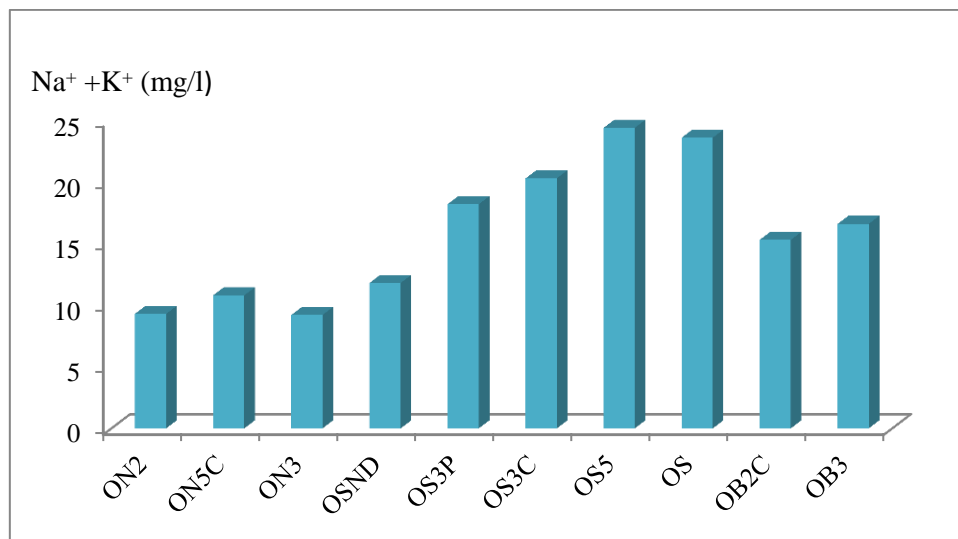


Figure 43 : Evolution spatiale de Na⁺ et K⁺ des oueds : El Nil, Boukraa et Tassift (Avril, 2015)

1.2.5. Les anions

1.2.5.1 Les chlorures (Cl⁻)

Les chlorures sont généralement très répandus dans la nature, sous forme de sels de sodium (NaCl) de potassium (KCl) et de calcium (CaCl₂), l'ion chlorure est très mobile. Le graphique suivant (*fig.44*) montre que les teneurs des chlorures sont variées entre 12.763 mg/l à oued El

Nil (ON3) et 116.28 mg/là oued Tassift (OT2). La présence des chlorures dans ces eaux peut être liée à la pollution provenant des rejets urbains et industriels.

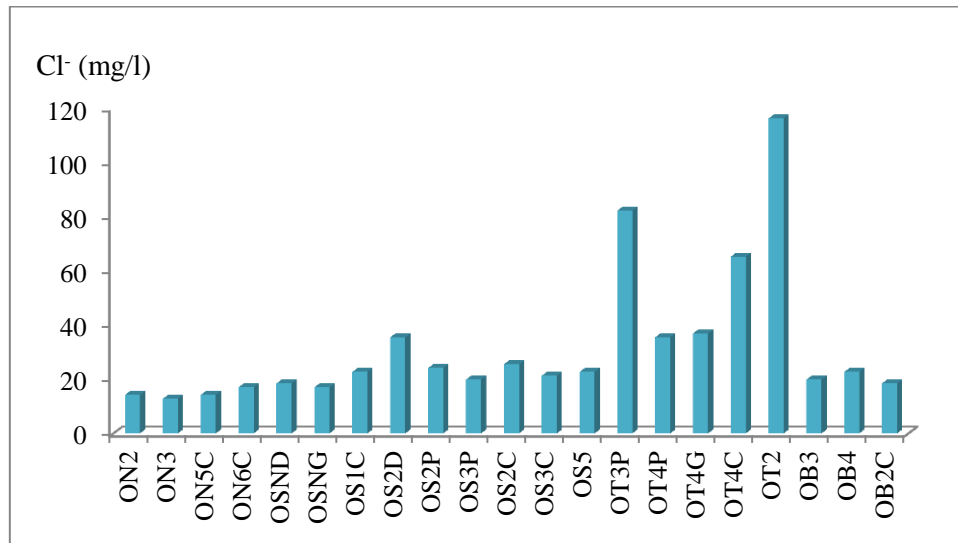


Figure 44 : Evolution spatiale du Cl des oueds : El Nil, Boukraa et Tassift (Avril, 2015)

1.2.5.2. Les Bicarbonates (HCO_3^-)

Le graphique ci-dessous (*fig.45*) montre une variation importante et très irrégulière des teneurs en bicarbonates, les bicarbonates dans les eaux de surface, elles varient entre 102.48 mg/l à oued El Nil (ON2) et 753.96 mg/l à oued Tassift (OT3P). La présence des bicarbonates dans ces eaux est liée probablement à la dissolution des terrains métamorphiques.

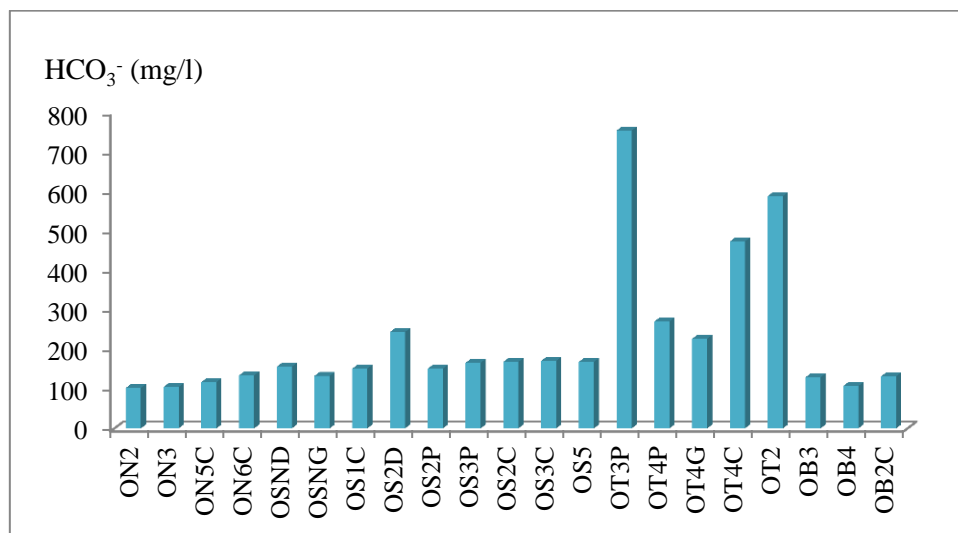


Figure 45 : Evolution spatiale HCO_3^- des oueds : El Nil, Boukraa et Tassift (Avril, 2015)

2. Qualité des eaux

La qualité naturelle des eaux peut être altérée d'une part par l'activité humaine et d'autre part par les conditions naturelles (climatiques et géologiques).

La détérioration de la qualité de l'eau est appréciée par la mesure des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. La qualité d'une eau est caractérisée par sa dureté ou le titre hydrotimétrique (TH), qui est directement liée à la nature des terrains traversés. Elle est mesurée par rapport aux teneurs en carbonate de calcium et de magnésium. Ils proviennent des roches calcaires ou dolomitiques et la présence du CO₂ favorise cette dissolution. Le titre hydrotimétrique est donné par la formule suivante : $TH = (r Ca^{+2} + r Mg^{+2}) * 5$ en degré français (°F). Les eaux naturelles peuvent être classées selon la gamme suivante de la dureté totale :

Tableau 31 : Gamme de la dureté totale

TH en °F	0 - 7	7 - 22	22 - 32	32 - 54	> 54
Classe de l'eau	Douce	Modérément douce	Assez douce	Dure	Très dure

Tableau 32 : classification des eaux en fonction de la dureté totale

Nom	TH en °F	classification	Nom	TH en °F	classification
PN3	12	Modérément Douce	PB4	27.6	Assez douce
PN16	37.6	Dure	PB9-2	19.6	Modérément douce
PN7	15.2	Modérément douce	PSA	21.2	Modérément douce
PN22	10.8	Modérément douce	PS1	14.4	Modérément douce
PN34	36.4	Dure	PS2	17.6	Modérément douce
PN39	26.4	Assez douce	PS8	15.2	Modérément douce
PN40	19.6	Modérément douce	PS9	10.4	Modérément douce
PN44	26.8	Assez douce	PS15	18	Modérément douce
PN3bis	16	Modérément douce	PS19	21.6	Modérément douce
FN5	14.8	Modérément douce	PS22	19.6	Modérément douce
FN8	17.2	Modérément douce	PS26	20.4	Modérément douce
FN4	17.2	Modérément douce	PS27	14.4	Modérément douce
PS28	22.4	Assez douce	FS3	13.2	Modérément douce
PS29	14.8	Modérément douce	PT4	40	Dure
FS1	17.6	Modérément douce	ON2	12	Modérément douce
FS2	20.4	Modérément douce	ON6C	10.8	Modérément douce
OS2D	16.8	Modérément douce	OS1C	16.4	Modérément douce
OSNG	8.4	Modérément douce	OS2C	10.4	Modérément douce
OB3	10.4	Modérément douce	OS3C	14.4	Modérément douce
OB4	9.6	Modérément douce	OT4P	18.8	Modérément douce
OB2C	10.8	Modérément douce	OT3P	34.8	Dure
OT4C	26.4	Assez douce	OT4G	16.4	Modérément douce
OT2	40.4	Dure	ON5C	8.8	Modérément douce
OS5	13.6	Modérément douce	OS3P	12.4	Modérément douce
OS2P	10.4	Modérément douce	ON3	8.4	Modérément douce

Les eaux de bonne qualité ont un degré hydrotimétrique inférieure à 32 °F. Dans le bassin versant d'oued El Nil la dureté totale est très variable oscille entre 5.2 °F et 32 °F dans la majorité des points d'eau, elle dépasse les 32 °F notamment aux niveaux des puits PN16, PN34 et PT4 et à oued Tassift (OT2 et OT3P).

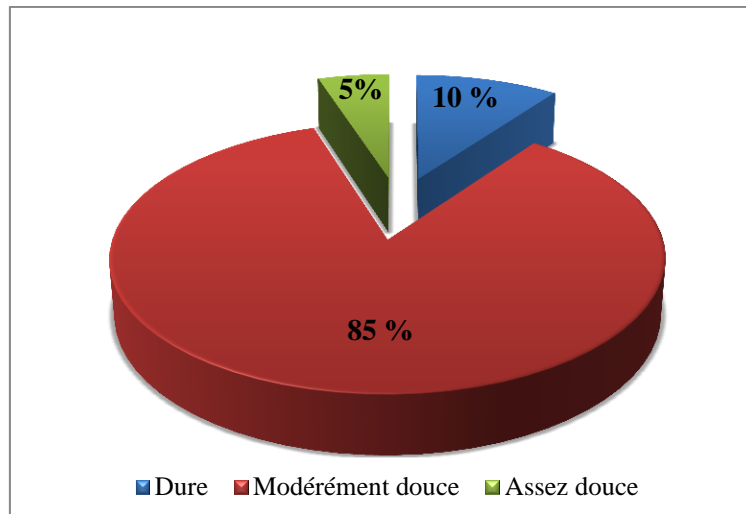


Figure 46 : la dureté totale des eaux de la surface de la plaine d'oued El Nil

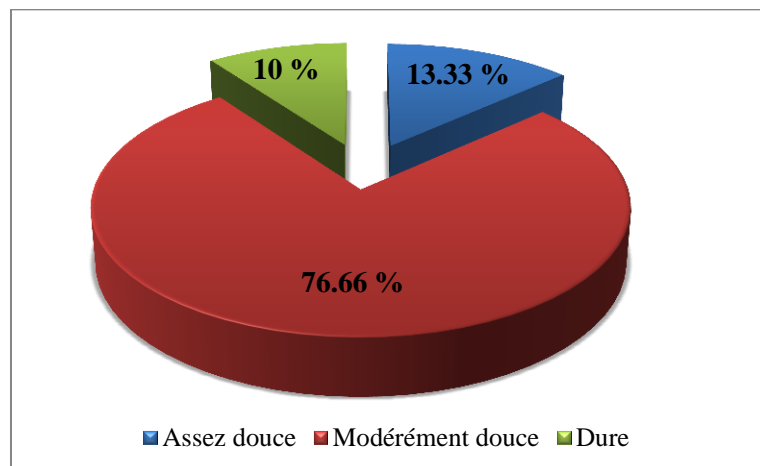


Figure 47: la dureté totale des eaux du souterraines de la plaine d'oued El Nil

Conclusion

Pour bien connaître la qualité des eaux du bassin versant d'oued El Nil il est indispensable de connaître ces caractéristiques physico-chimiques, pour cela cette étude a été faite et les résultats obtenus ont montrés que ces eaux sont caractérisées par des températures moyennes de 20.56 °C pour les eaux de surface et de 18.69 °C pour les eaux souterraines, pour le pH on a trouvé en moyenne 7.52 pour les eaux de surface et de 6.50 pour les eaux souterraines. Pour la conductivité électrique on note une moyenne de 543.21µS/cm pour les eaux de surface et de 774.36 µS/cm pour les eaux souterraines. Globalement, l'eau de la région présente des teneurs inférieures aux normes fixées par L'OMS, elle est en générale potable.

Introduction

Dans le but d'utiliser l'eau d'une manière rationnelle, il est indispensable de créer des projets et de tracer des plans à suivre, pour protéger cet élément précieux, ou bien d'utiliser ce bijou sans gaspillage et sans perte. Qu'est ce qu'on doit faire ? Comment le faire ? Est-il nécessaire ? Qu'elles sont les résultats ?

A cet égard, et après avoir indiqué les caractéristiques des ressources en eau superficielles et souterraines présentes dans notre bassin versant, une gestion intégrée de ce patrimoine national s'y impose. Elle doit assurer une utilisation raisonnable des ressources par les différents secteurs qu'y en consomme de façon à arriver à une satisfaction des demandes en eau potable et industrielle, et de contrôler l'irrigation des terres agricoles tout en préservant l'environnement .

Alors la gestion intégrée par bassin versant a pour objectif d'améliorer la gestion actuelle de l'eau en favorisant une meilleure harmonisation entre les divers besoins et intérêts des communautés humaines et ceux des écosystèmes aquatiques. Elle intègre la protection de la santé publique, la sécurité des populations et de leurs biens (inondations), la protection de la faune et la restauration des habitats. De plus, elle vise un partage équitable des ressources aquatiques entre les différents usagers, dans une perspective de développement durable (*Djaba, 2008*).

La gestion intégrée est donc un concept très large, par conséquent chacun l'applique selon la nature et l'intensité des problèmes liés à l'eau, les ressources humaines, les capacités institutionnelles, les forces et les caractéristiques relatives des acteurs de l'eau (*Bouleknafed, 2008*). Dont les buts de cette gérance est de maintenir ou de récupérer les usages de l'eau, en assurant une protection de la santé humaine, sans oublier la conservation de l'intégrité physique, chimique et biologique des écosystèmes aquatiques, pour assurer finalement un climat socio-économique durable .

1. Les fonctions socio-économiques du bassin versant d'oued El Nil

1.1. La population

L'étude démographique dans un bassin hydrographique pose un problème de zonage, car les données sont collectées dans la plupart des cas selon les limites administratives. Le bassin d'oued El Nil ne fait pas exception ; nous avons obtenu les données de population par communes de l'agence des bassins hydrographiques (ABH de Constantine). Le bassin versant d'oued El Nil s'étend sur une superficie de 303.24 Km², il abrite une population de l'ordre 105466 habitants selon le recensement de 1998, avec une densité moyenne de l'ordre 343.79 hab/km². Le tableau suivant (tab.33) récapitule la répartition de la population communale dans le bassin versant d'oued El Nil selon le recensement de 1998.

Tableau 33 : Représentation de la population du bassin versant d'oued El Nil (année 1998).

Commune	Superficie (km ²)	Pop.1998	Densité (hab/ km ²)	Taux d'accroissement(%)
Taher	64.88	63286	975.43	1.075
Chahna	87.24	6151	70.50	1.04
Sidi Abdelaziz	50.47	6625	131.26	1.038
El Kennar	56.53	13641	241.30	1.077
El Chekfa	52.46	15763	300.47	1.045

Source ABH : Constantine

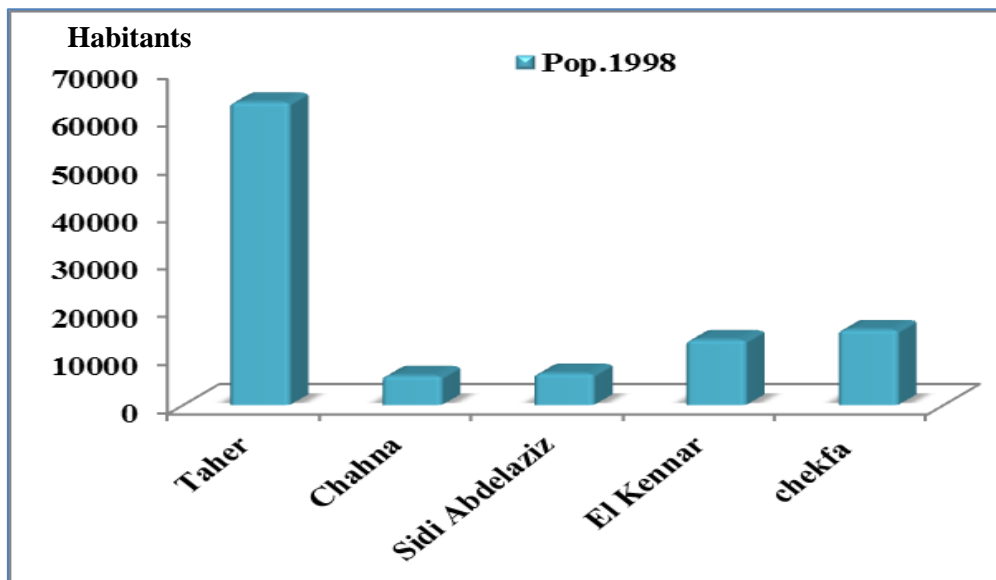


Figure 48: Répartition de la population par commune dans le bassin versant d'oued El Nil (année 1998).

1.1.1. Répartition spatiale de la population dans le bassin versant d'oued El Nil

Le bassin d'oued El Nil comprend plusieurs communes à savoir ;Taher, Chahna, Sidi Abdelaziz, Chekfa et la commune El Kennar, d'après les résultats du recensement de l'année 1998, le bassin versant d'oued El Nil regroupe 105466 habitants répartis spatialement en trois zones principales de peuplement (*fig.49*):

- *La population agglomérée* : elle correspond aux chef lieu des communes (Taher, Chahna, Sidi Abdelaziz, Chekfa et El Kennar), qui abrite 69999 habitants, ce nombre représente 66.37 % de la population totale du bassin (*fig.49*).
- *Les agglomérations secondaires*: les agglomérations secondaires comptait 20293 habitants, soit 19.24 % de la population totale du bassin.
- *La population épars* ; elle englobe 15174 habitantssoit 14.38 % de la population totale du bassin.

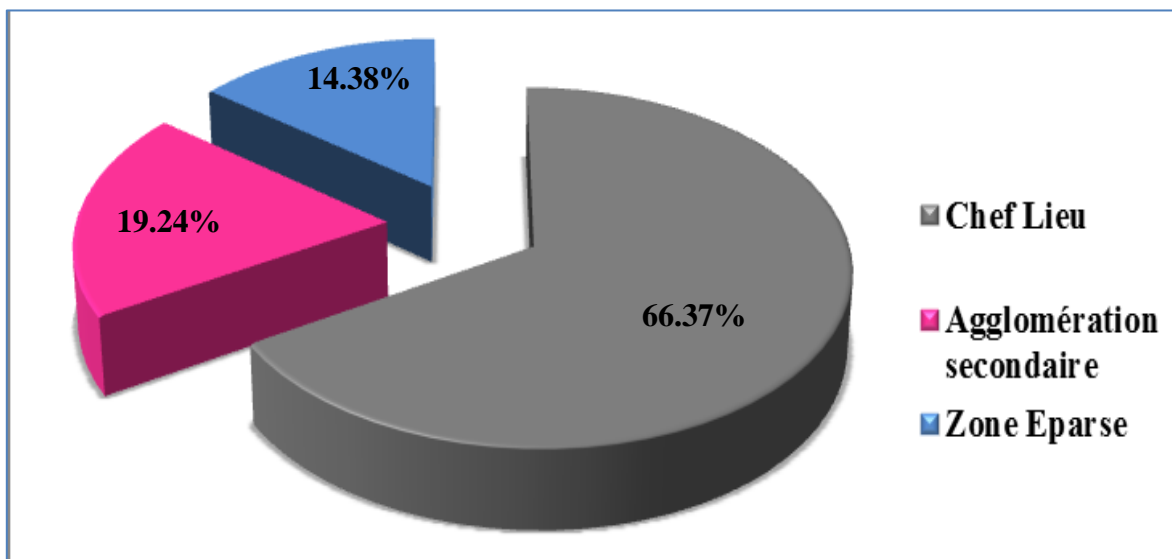


Figure 49: Représentation graphique des zones principales de peuplement du bassin d'oued El Nil (année 1998)

L'évolution de chaque type d'agglomération est liée aux avantages et inconvénients de sa situation ainsi que son contexte régional. Plusieurs facteurs déterminent, limitent et orientent l'évolution des agglomérations, parmi les quels, on note les sites favorables à l'urbanisation (pentes géotechniques) et les terres agricoles à haut rendement. La carte suivante (*fig.50*) montre la répartition de la population dans le bassin suivant les différents types d'agglomérations.

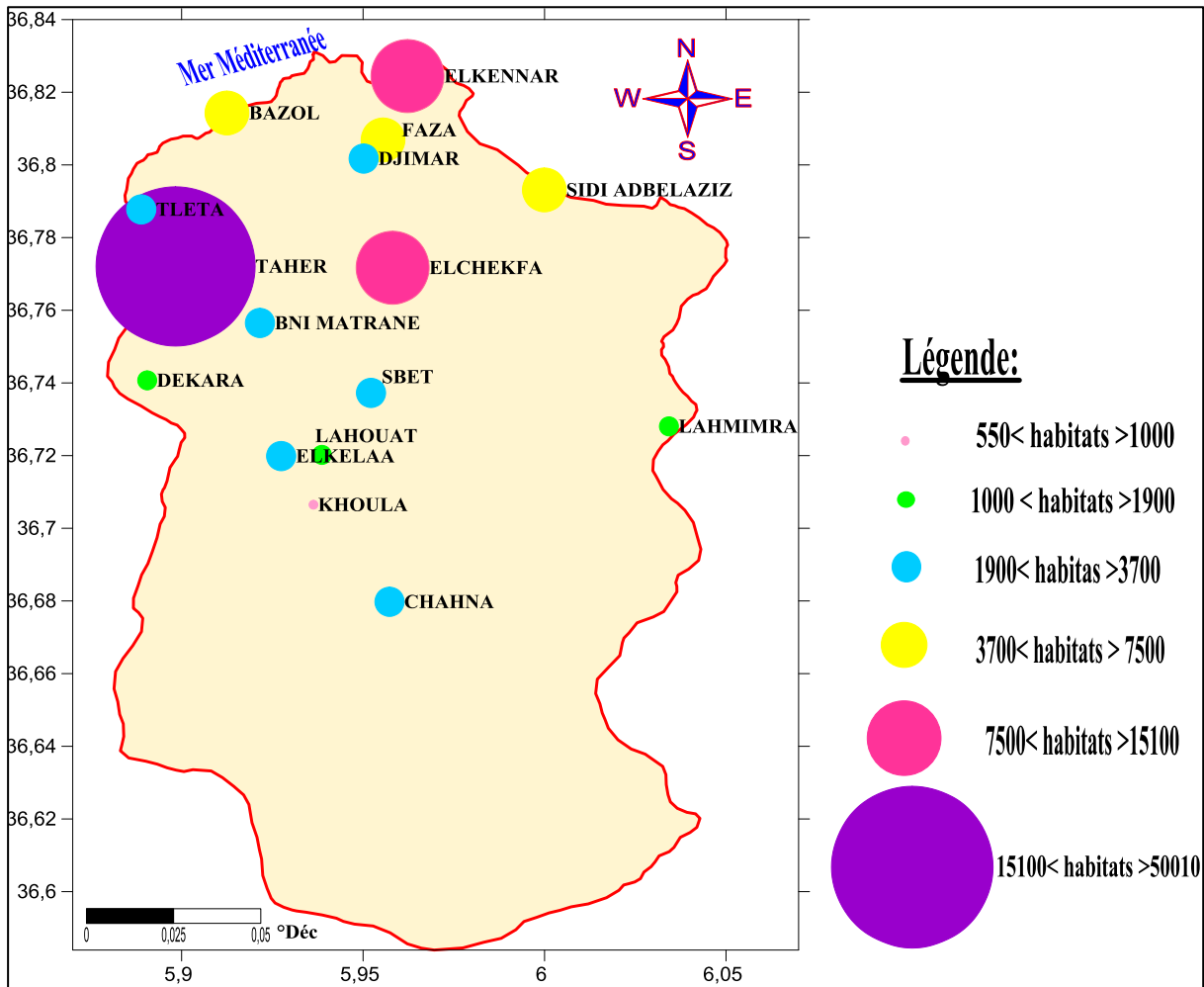


Figure 50: Répartition spatiale de la population dans le bassin versant d'oued El Nil (année 1998)

1.1.2. Evolution de la population et perspectives

Pour évaluer l'évolution de la population à des horizons futurs on a appliqué la formule établie par les services des statistiques et de la population (ONS) soit: $P_1 = P_n (1 + a)^n$.

Avec: **P1** : Population à l'horizon voulu.

Pn: Population à une année de référence.

a: taux d'accroissement global moyen (1.055 %).

n : nombre d'années qui sépare l'année de référence à l'horizon voulu.

L'accroissement de la population du bassin versant d'oued El Nil de 1998 à 2042 est représenté dans le tableau suivant (tab.34), avec un taux d'accroissement constant de 1.055 %.

Tableau 34: Evolution de la population communale à moyen et long terme (1998 -2042)

Commune	Catégorie de population	Pop 1998	Pop 2009	Pop 2020	Pop 2031	Pop 2042
Taher	Chef- Lieu	46632	52338	58743	65931	73999
	Agglomérations Sec	9218	10346	11612	13033	14628
	Population éparsé	7436	8346	9367	10513	11799
Chahna	Chef- Lieu	2026	2274	2552	2864	3214
	Population éparsé	4125	4630	5197	5833	6547
El kennar	Chef- Lieu	5207	5844	6559	7362	8263
	Agglomérations Sec	8434	9466	10624	11924	13383
Sidi Abdlaziz	Chef- Lieu	6625	7436	8346	9367	10513
Chekfa	Chef-Lieu	9509	10673	11979	13445	15090
	Agglomération Sec	2641	2964	3327	3734	4191
	Population éparsé	3613	4055	4551	5108	5733
Total d'oued El Nil		105466	118372	132857	149114	167360

Le tableau ci-dessous (tab.35) résume l'évolution de la population à travers les différents horizons et les différentes zones du bassin versant d'oued El Nil.

Tableau 35: Evolution de la population dans le bassin versant d'oued El Nil (1998-2042).

Catégorie de population	Pop.1998	Pop.2009	Pop.2020	Pop.2031	Pop.2042
Chef lieu	69999	78565	88180	98970	111079
Agglomération secondaire	20293	22776	25563	28691	32202
Zone éparsé	15174	17031	19114	21453	24079
Total	105466	118372	132857	149114	167360

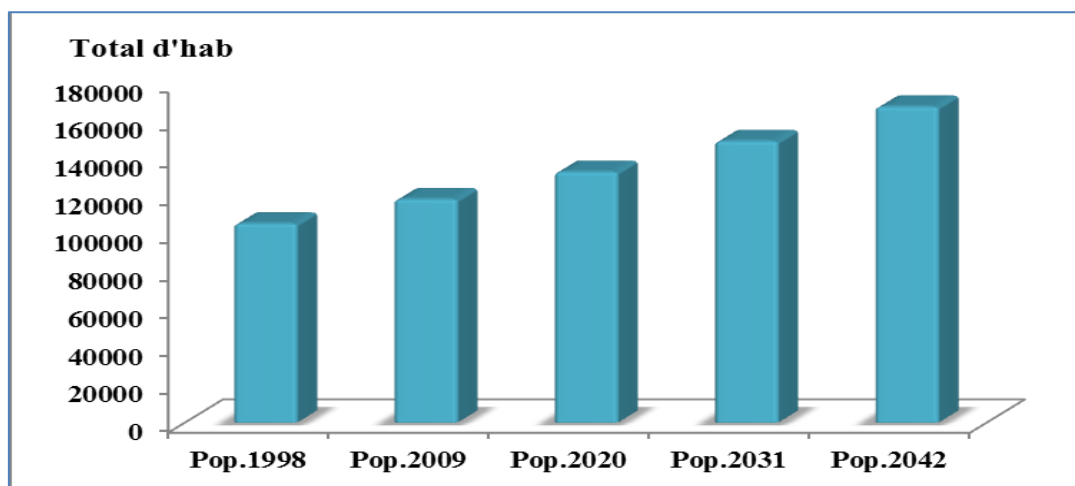


Figure 51: Evolution de la population dans le bassin versant d'oued El Nil (1998 à 2042).

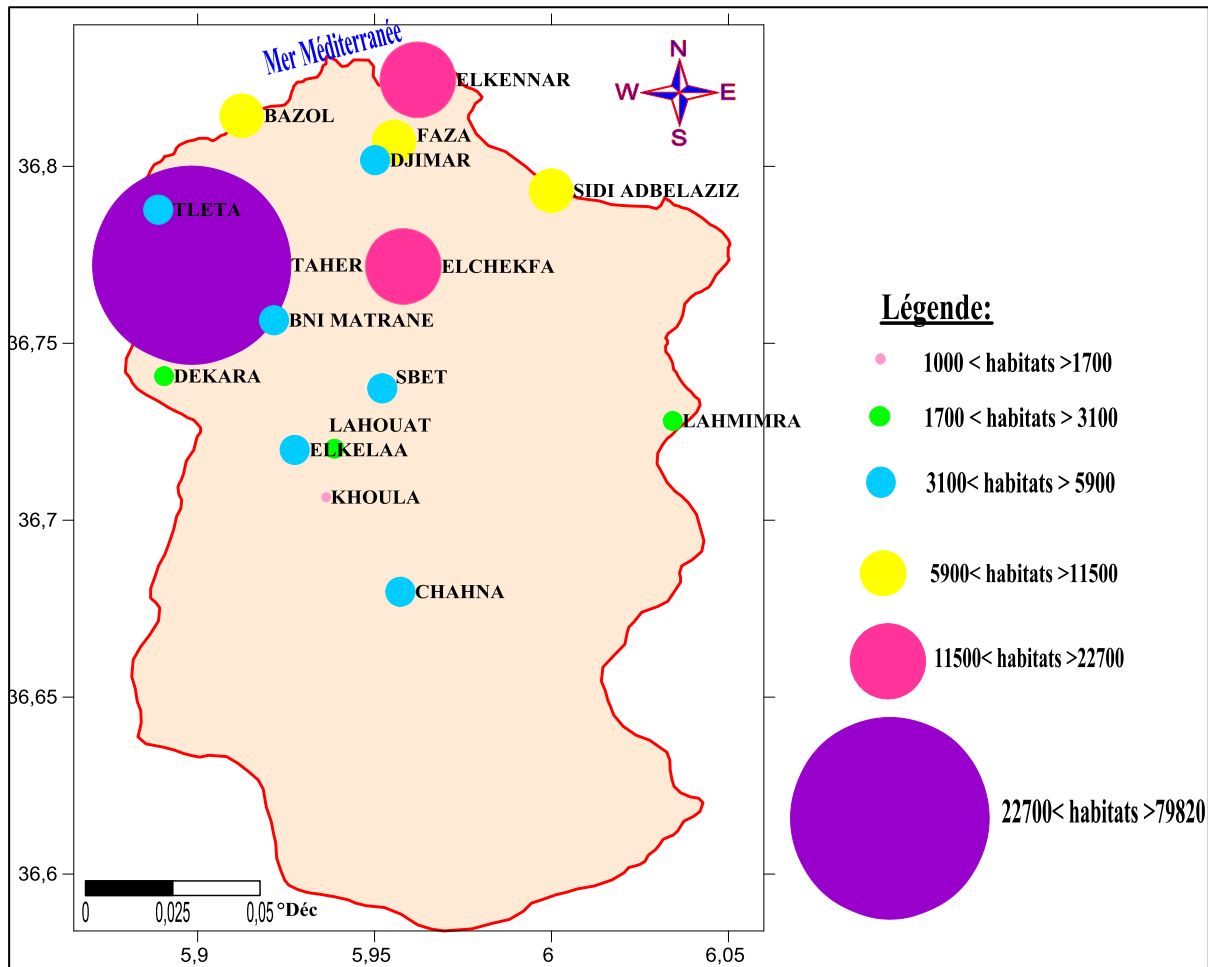


Figure 52: Répartition spatiale de la population dans le bassin versant d'oued El Nil (année 2042)

2. Mobilisation des ressources en eau

2.1. Les eaux de surface

2.1.1. Les retenues collinaires

Les retenues collinaires dans le bassin versant d'oued El Nil sont destinées essentiellement à l'irrigation des moyens et petits périmètres et l'abreuvement des cheptels (*fig.53*), elles sont au nombre de 13 mobilisant un volume total approximative de 1507000 m^3 soit 1.507 hm^3 (*tab.36*).

2.1.2. Les prises d'eau des Oueds

Des prises d'eaux des oueds ont été effectuées généralement sur le long de l'oued El Nil surtout dans la partie amont du bassin versant, dont les eaux sont destinées à l'irrigation.

Tableau 36: Les retenues collinaires dans le bassin versant d'oued El Nil

Code S.B	Commune	Dénomination	Capacité(m ³)	Etat	Destination
03 05	Taher	Bazoul	40000	Bon	Irrigation
03 05	Taher	Hamoul	150000	Bon	Irrigation
03 05	Taher	Tleta 1	20000	Bon (non exploité)	Irrigation
03 05	Taher	Tleta 2	120000	Bon (non exploité)	Irrigation
03 05	Taher	Tleta 3	206000	Bon	Irrigation
03 05	Ouadjana	Ouadjana	10000	Moyen	Irrigation
03 05	Chekfa	Boudekak	200000	Bon	Irrigation
03 05	Chekfa	Chekfa	320000	Bon	Irrigation
03 05	Chekfa	Chekfa sud	231000	Bon	Irrigation
03 05	Taher	Beni metrane	165000	Bon	Irrigation
03 05	Djimla	Djimla	10000	Bon(non exploité)	Irrigation
03 05	Djimla	Menazel	10000	Non exploité	Irrigation
03 05	Djimla	Tamentout	25000	Non exploité	Irrigation

Source ABH : Constantine

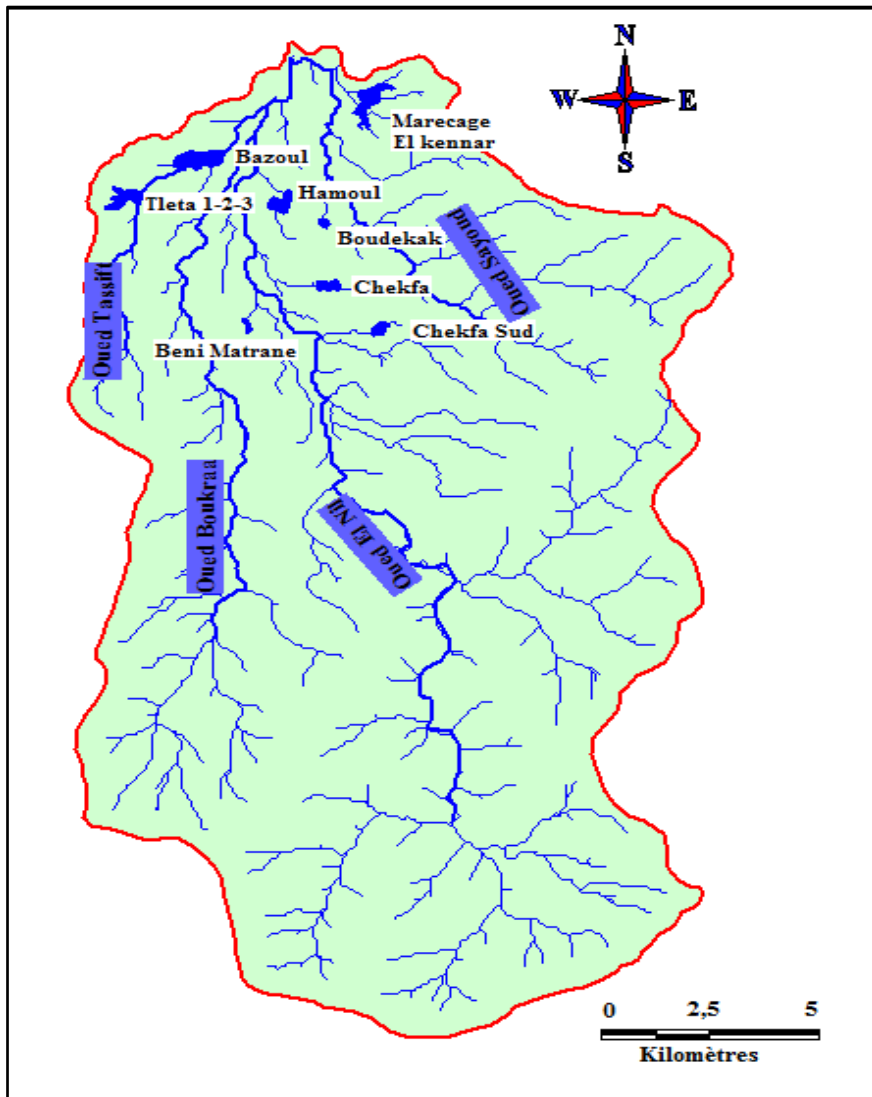


Figure 53 : Répartition des retenues collinaires dans le bassin versant d'oued El Nil (année 1998)

2.2. Les eaux souterraines

La connaissance d'un aquifère exploitable et de son potentiel repose sur l'étude de tous ses paramètres (transfert de masse, transmissivité, fonction capacitive, perméabilité...etc). Les potentialités des eaux souterraines dans le bassin versant d'oued El Nil sont estimées de 1126l/s soit 36.03hm³/an proviennent essentiellement des différents ouvrages de captage (forages et puits domestiques) localisés dans la plaine d'oued El Nil (tab.37).

Tableau 37: Récapitulatif des forages dans le bassin versant d'oued El Nil

Lieu	Commune	Nom	Q exploité (l/s)	Prof (m)	destination	
El Kennar	El Kennar	ON3	10	55	AEP Kennar+M'Zair	
Sidi Abdelaziz	Sidi Abdelaziz	BA2	15	34	AEP Sidi Abdelaziz	
Chekfa	Chekfa	ON5	20	35	AEP Chekfa	
		ON30	15	50	AEP Laazib	
ON13		35	56	AEP Khoula+Elkalaa+lahouat		
Djimar		ON14	14	58	AEP Kennar+M'Zair	
		ON20	15	43	AEP Kennar+M'Zair	
		ON21	18	55	AEP Kennar+M' Zair	
		ON30BIS	22	47	AEP Djimar	
Ouled Salah		Taher	D5	33	26	Industrie Cosider
			D6	15	26	Industrie Cosider
			D13	20	35	Industrie ENAJUC taher
	D15		17	31	AEPTaher	
	D24		18	31	Industrie électrique	
	D26		10	44	Industrie briqueterie	
	D27		22	30	AEP Jijel+Taher	
	D34		25	32	AEP Taher	
Achouat	D17		17	43	AEP Tleta	
	D18		15	30	Industrie électrique	
	D19	7	19	Industrieélectrique		
Taher	Taher	D32	25	38	AEP Jijel	
		ON2	45	60	AEP Taher	
		ON4	15	35	AEP Sbat	
		ON7	65	73	Irrigation	
		ON9	20	77	Irrigation	
		ON10	25	73	Irrigation	
		ON12	40	72	Irrigation	
		ON15	45	79	Irrigation	
		ON16	40	68	Irrigation	
		ON17	35	67	Irrigation	
		ON18	43	70	Irrigation	
		ON19	20	68	Irrigation	
		ON22BIS	35	55	AEP Oudjana	
		ON23	40	54	AEP Jijel	
		ON24	40	50	AEP Jijel	
ON26	25	40	Irrigation			
ON27	25	35	AEP Jijel			
Beni Metrane	Taher	ON29	20	54	AEP Jijel	
		ON32	40	47	AEP Jijel	
		ON33	40	65	AEP Jijel	
		ON34	40	51	AEP Jijel	
		ON35	40	55	AEP Jijel	

Source ABH : Constantine

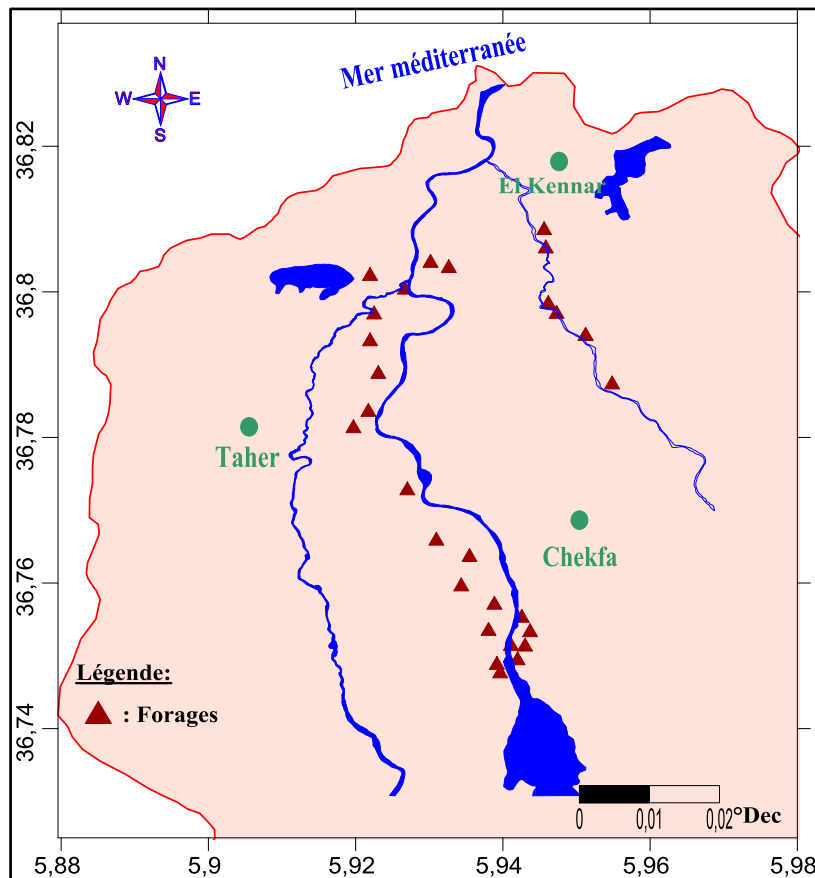


Figure 55 : Inventaire des forages dans la plaine d'oued El Nil(1998).

Ces ressources en eau sont sollicitées par quarante-deux (42) forages assurant ainsi les besoins en eau des différents secteurs consommateurs de l'eau (alimentation en eau potable, irrigation et industrie), leur répartition entre ces derniers est comme suit (fig.54) :

Vingt-cinq (25) Forages sont destinés à l'alimentation en eau potable mobilisant un volume de 20.8 hm³/an, soit 57.72 % du volume total mobilisé. Six (6) Forages sont destinés à l'industrie mobilisant un volume de 3.2 hm³/an, soit 8.88 % du volume total mobilisé. Onze (11) Forage sont destinés à l'irrigation mobilisant un volume de 12.03 hm³/an, soit 33.38 % du volume total mobilisé (fig.54).

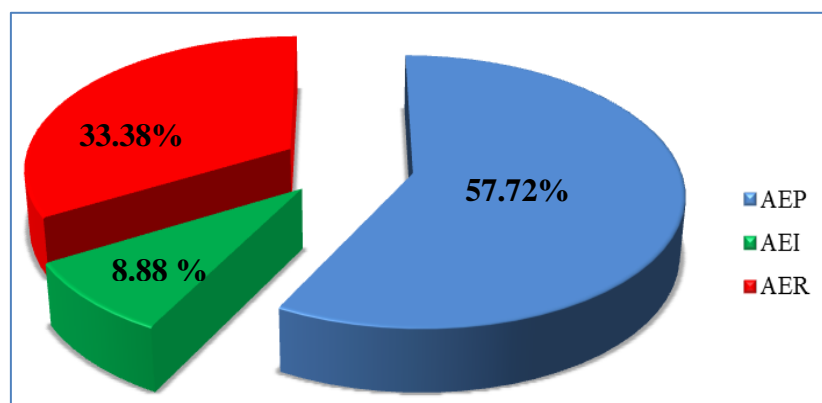


Figure 54: Répartition des eaux mobilisées par secteurs

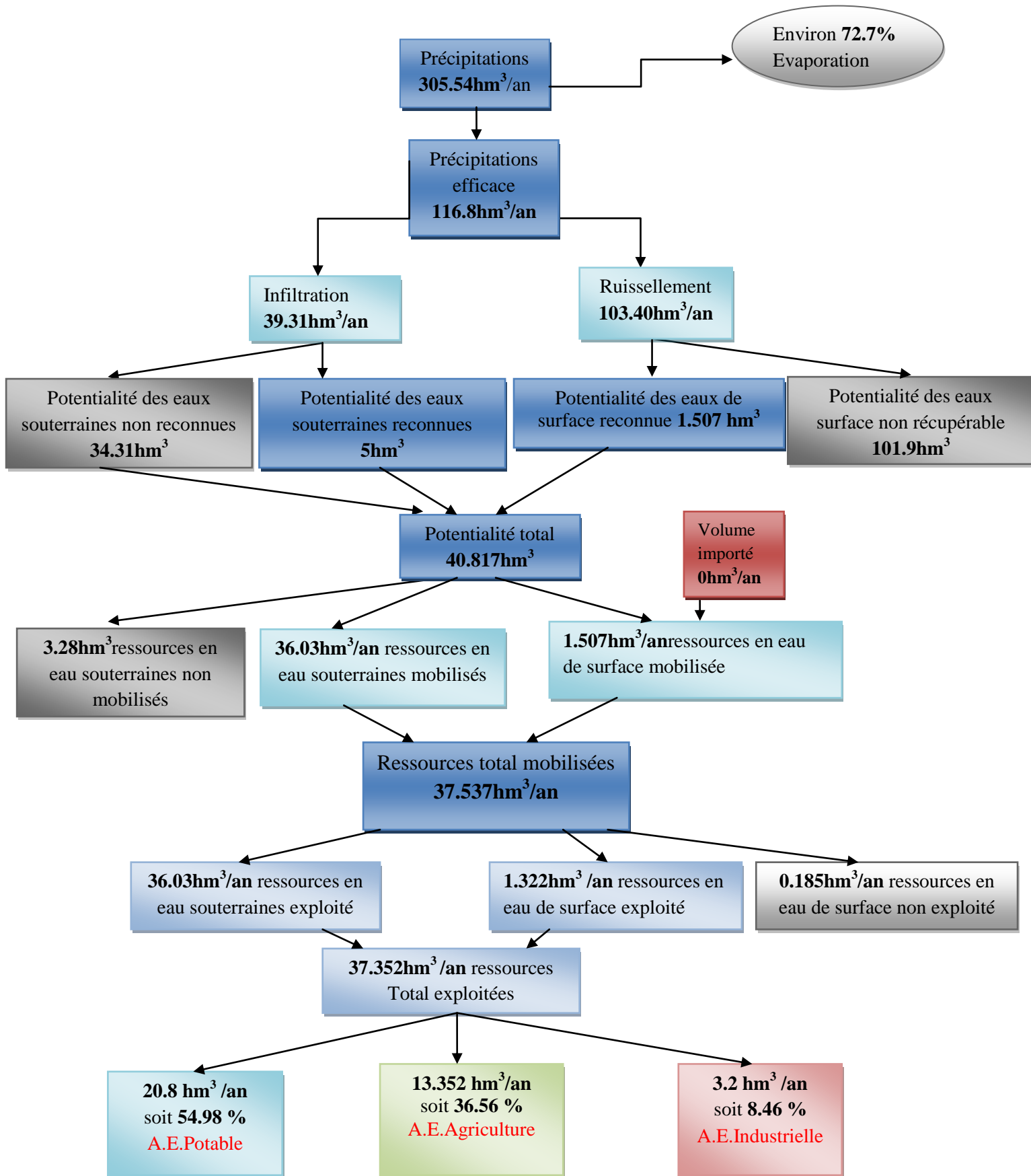


Figure 56: Schéma récapitulatif des ressources hydriques et leurs affectations dans le bassin versant d'oued El Nil (année1998).

2.3. Réseaux d'assainissement

A l'instar du réseau d'AEP, le réseau d'assainissement ne couvre que les agglomérations des chefs-lieux et quelques agglomérations secondaires (tab. 38). Pour le reste du bassin versant d'oued El Nil les rejets des eaux usées se font par des fosses septiques.

Tableau 38: Caractéristiques de réseaux d'assainissement des agglomérations dans le bassin versant d'oued El Nil.

Commune	Agglomération	Longueur (m)	Lieu de rejet
Taher	Taher	54670	Oued Tassift+ OuedBoukraa
	Dekara	1200	Chaaba+OuedTassift
	Kendoula	2400	Oued DjenDjen
	Dmina	Néant	Fosse septique individuelle
	T'harouassaf	Néant	Fosse septique individuelle
	Bazoul	9507	Oued Tassift+OuedBoukraa
	Beni metrane	Néant	Chaaba
	Tleta	3696	Oued Tassift
Chekfa	Chekfa	2097	Fosse septique+chaaba+Oued
	Djimar	6269	Fosse septique
	Lahmimra	Néant	Fosse septique individuelle
	Sbet	1060	Fosse septique
Chahna	Chahna centre	3000	Chaaba
	Elkalaa	Néant	Fosse septique individuelle
	Lahouat	Néant	Fosse septique individuelle
	Khoula	Néant	Fosse septique individuelle
Sidi Abdelaziz	Sidi Abdelaziz	7916	Fosse septique
El Kennar	El Kennar	7771	Oued Nil
	El M'zair	1928	Chaaba
	Faza	Néant	Fosse septique individuelle

Source ABH : Constantine

3. Estimations des besoins en eau

Les besoins en eau se rapportent aux quantités nécessaires à utiliser pour assurer une efficacité minimale voulue et l'application des fonctions requises pour les divers usages ; usage domestique et public, usage industriel et usage agricole. L'estimation quantitative des besoins en eau est établie suivant des normes unitaires tenant compte des paramètres, socio-économiques en ce qui concerne l'AEP (degrés de croissance démographique, et niveau de vie

des populations), technique pour ce qui est de l'industrie (type de l'industrie, processus technologique et volume de production) et biophysique concernant l'irrigation (déficit d'apport d'eau naturelle – précipitations – par rapport aux besoins physiologiques des plantes). En plus des besoins actuels, nous essayerons ensuite de suivre l'évolution des besoins des eau à long terme de (1998 - 2042) afin de les comparer avec les possibilités et les potentialités en eau et de faire sortir les écarts prévisibles entre offres et besoins en fonction du temps.

3.1. Estimation des besoins en eau potable

L'eau est la vie, de cette notion, il est devenu fondamental et indispensable de satisfaire les besoins en eau de tout le monde, chaque personne a le droit de consommer une quantité d'eau chaque jour, c'est la dotation journalière. Cette dotation varie en fonction de la situation géographique, du climat, de la profusion des ressources en eau, de la population ...etc.

Dans le bassin versant d'oued El Nil le volume distribué en 1998 est de 6.28 hm³/an (*tab.39*), si on prend en considération la dotation journalière fixée par ABH de Constantine qui est 161 l/j/hab. On doit alors distribuer un volume de 6.419 hm³/an. La quantité qui manque et qui de l'ordre de 0.139 hm³/an, n'est pas un déficit puisque le volume mobilisé destiné à l'AEP et de l'ordre 20.5 hm³/an, donc le problème qui se pose dans ce cas est la dotation journalière qui n'est pas respectée, mais dans tous les cas toute la population est satisfaite en eau potable à la présence des puits domestiques.

Tableau 39: Besoins en eau potable dans le bassin d'oued El Nil (année 1998)

Commune	Catégorie	Pop1998	Besoins l/j	Besoins m ³ /an	Besoins hm ³ /an
Taher	Chef- lieu	46632	7507752	2777868.24	2.78
	Agglomérations Sec	9218	1484098	549116.26	0.55
	Population éparsé	7436	1197196	442962.52	0.44
Chahna	Chef- lieu	2026	326186	120688.82	0.12
	Population éparsé	4125	664125	245726.25	0.24
El Kennar	Chef- lieu	5207	838327	310180.99	0.31
	Agglomérations Sec	8434	1357874	502413.38	0.50
Sidi Abdlaziz	Chef- lieu	6625	1066625	394651.25	0.39
Chekfa	Chef-lieu	9509	1530949	566451.13	0.57
	Agglomération Sec	2641	425201	157324.37	0.16
	Population éparsé	3613	581693	215226.41	0.22
Total d'oued El Nil		105466	16980026	6282609.62	6.28

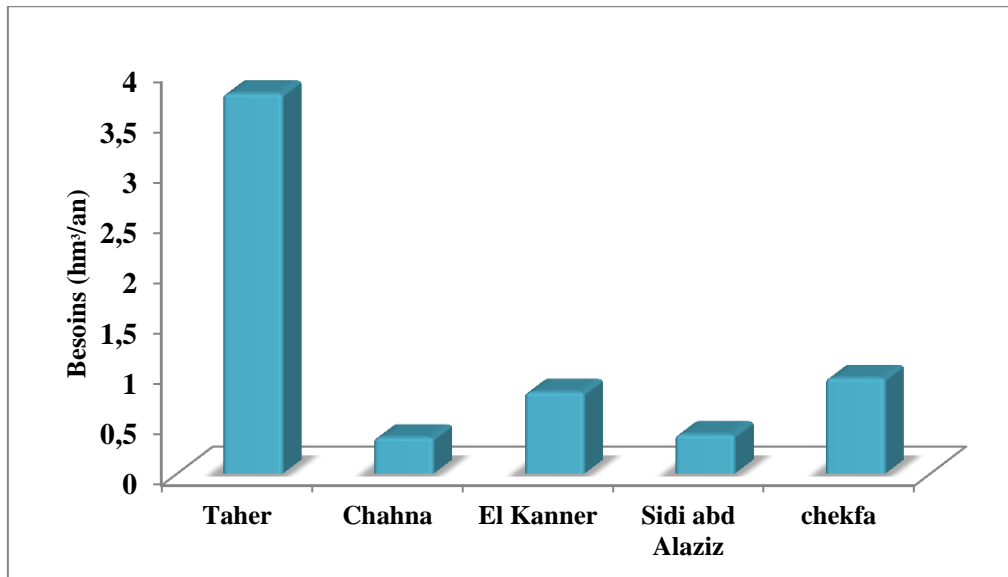


Figure 57: Besoins en eau dans le bassin versant d'oued El Nil (année 1998)

3.2. Estimation des besoins en eau agricole

Les potentialités du bassin versant d'oued El Nil, en eau souterraines et superficielles et en sol sont importantes, cela a permis la valorisation de la petite et moyenne hydraulique et aussi l'irrigation des grands périmètres. Les besoins totaux en eau pour l'agriculture sont fonction des conditions du climat et des indices économiques de la région. Les besoins en eau d'irrigation dépendent de plusieurs facteurs, la surface irriguée, sa localisation, le type de culture, les précipitations et l'évaporation sur la zone étudiée.

Cependant, nous pourrions approximer globalement et rapidement les besoins en eau d'irrigation en utilisant la méthode suivante : La quantité d'eau à apporter par irrigation est déterminée sur la base du bilan d'eau de C.W.T hornthwaite, qui est correspondante au déficit agricole, (Daifallah, 2008).

Les besoins annuels en eau d'irrigation sont égaux au produit de la superficie irriguée en mètre carré fois le déficit agricole en mètre. La valeur moyenne du déficit agricole sur l'ensemble du bassin, est de 357.28 mm, soit 0.35728 m.

La superficie des terrains agricoles irrigués sur le bassin est près de 2000 ha ($2 \cdot 10^7$ m²), soit 6.59 % de la superficie totale de bassin versant, ces périmètres d'irrigation sont surtout concentrés dans la plaine de Taher. Ce qui représente un volume annuel de 7.1456 hm³/an, Cette valeur correspondante donc à 3570 m³/ hectare/ an.

Tableau 40 : Alimentation en eau agricole dans le bassin versant d'oued El Nil.

Secteur	Commune	Irrigable (ha)	Irriguée (ha)	Type de culture	Besoins (hm ³ /an)	Mode d'irrigation
Plaine Jijel Taher	Jijel /Taher	5000	2000	Culture Maraichère, Arboriculture, Culture industrielle	7.1456	Gravitaire goutte à goutte Aspersion

Source ABH : Constantine

3.3. Estimation des besoins en eau industrielle

Le tissu industriel dans le bassin versant d'oued El Nil est limité en quatre usines à savoir ; la Limonaderie de Taher et Beni Aissa, SIBL de Taher et SNC de Amir AbdelKader (*tab.41*). Ces quatre usines ont besoins d'un volume d'eau a fourni chaque jour.De ce fait l'industrie a besoin d'un volume annuel de 0.0038 hm³, au temps que 8.88 hm³/an sont mobilisés et destinés à l'alimentation en eau industrielle.

Tableau 41: Besoins en eaux pour l'industrie dans le bassin versant d'oued El Nil (année 2009)

Lieu implant	Commune	Nom	Nature	Besoin (m ³ /j)	Vol. alloué (m ³ /j)
Beni Aissa	Taher	LimonaderieAtamna A/Ali (Guarouche)	Boissons gazeuses	2.5	2
Taher		Limonaderie Saddam (Dari Hocine)	Boissons gazeuses	3.85	3.85
		SIBL Société industrielle de bois et liège	Transformation de liège et Bois	2	2
Z.I Emir Abdelkader		SNC Ayachi Said	Fabrication carrelage granito	1.98	2

Source ABH : Constantine

4. Evaluation des besoins futurs

4.1. Evaluation des besoins futurs en eau potable

Les besoins attendus aux échéances de l'étude (court, moyen et long terme) sont basés sur l'objectif de satisfaction à 100 % des besoins en eau potable. Les principales communes concernées par les eaux du bassin versant d'oued El Nil sont cinq, englobant ensemble 105466 habitants en 1998, ce nombre deviendra 161743 habitants en 2042. L'amélioration de l'alimentation en eau des populations sur le plan quantitatif est l'un des objectifs recherchés,

c'est pour ça, pour la projection des besoins aux horizons à venir, on a proposé que ladotation journalière s'accroisse avec 10 l/s pour chaque 11 an. Les résultats du calcul obtenus sur le tableau ci-dessous (tab.42), montrent qu'il y a une augmentation des besoins globaux en eau potable de 6.28 hm³/an en 1998 jusqu'au 12.78 hm³/an en 2042.

Tableau 42 : Estimation de bilan prévisionnel des besoins (hm³/an) en AEP.

Commune	Catégorie de population	Besoins hm ³ /an 1998	Besoins hm ³ /an 2009	Besoins hm ³ /an 2020	Besoins hm ³ /an 2031	Besoins hm ³ /an 2042
Taher	Chef- lieu	2.78	3.31	3.93	4.66	5.5
	Agglomérations S	0.55	0.65	0.78	0.92	1.08
	Population éparsé	0.44	0.52	0.63	0.74	0.88
Chahna	Chef- lieu	0.12	0.14	0.17	0.20	0.24
	Population éparsé	0.24	0.29	0.35	0.41	0.51
El kennar	Chef- lieu	0.31	0.36	0.44	0.52	0.61
	Agglomérations S	0.50	0.60	0.71	0.84	1
Sidi Abdlaziz	Chef- lieu	0.39	0.47	0.56	0.66	0.79
Chekfa	Chef- lieu	0.57	0.68	0.80	0.95	1.12
	Agglomération S	0.16	0.19	0.22	0.26	0.31
	Population éparsé	0.22	0.26	0.30	0.36	0.74
Total d'oued El Nil		6.28	7.47	8.89	10.52	12.78

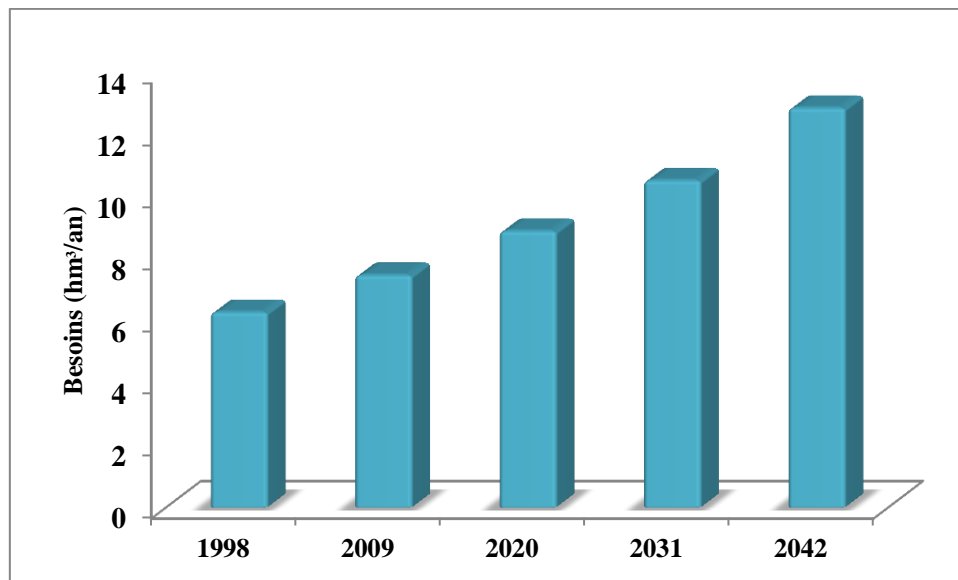


Figure 58 : Répartition des besoins en eau potable des différents horizons dans le bassin versant d'oued El Nil.

4.2. Besoins futurs en eau d'irrigation

L'évolution des besoins en eau pour l'agriculture est liée directement à l'augmentation des terres agricoles irrigables ; on considère qu'il n'y aura pas des politiques de tarification d'eau

à usage agricole qui influencent sur la demande de cette ressource. En projetant une augmentation de 750 ha toute les onze années à venir pour atteindre à la superficie totale irrigable (5000 ha) en 2042, alors, les besoins en eau augmentent comme c'est illustré dans le tableau qui suit :

Tableau 43 : Besoins futurs en eau d'irrigation (1998 - 2042)

Horizons	1998	2009	2020	2031	2042
Terre agricole irrigable (ha)	2000	2750	3500	4250	5000
Besoins en eau(hm ³ /an)	7.1456	9.825	12.505	15.184	17.864

En terme de besoins en eau agricole en 1998, il est de 7.1456 hm³, à moyen terme (2020) sera 12.505 hm³ et 17.864 hm³ à long terme (2042), soit une augmentation de 60 %.

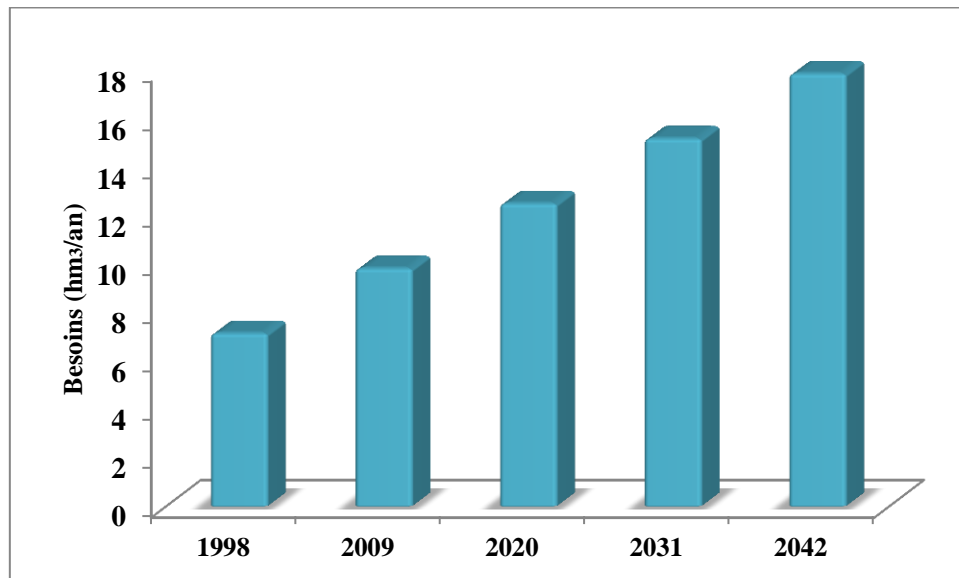


Figure 59 : Evolution des besoins en eau d'irrigation des différents horizons dans le bassin versant d'oued El Nil.

4.3. Besoins en eau futur pour l'industrie

L'évaluation des besoins futurs pour ce secteur est resté un peu difficile. Elle se base sur les données et les enquêtes existantes qui montrent que beaucoup d'industries disposent de leurs propres installations, en règle générale par forage, puits, citernes...etc. Pour la projection des besoins aux horizons à venir, on a considéré une augmentation de 10 % des besoins pour chaque horizon, soit chaque onze année. Les résultats de mesures sont récapitulés dans le tableau suivant (tab.44).

Tableau 44 : Evolution des besoins futurs en eau industrielle dans le bassin d'oued El Nil

Horizon	2009	2020	2031	2042
Besoins hm³/an	3.8 10 ⁻²	4.18 10 ⁻²	4.6 10 ⁻²	5.06 10 ⁻²

Le tableau ci-dessus montre que l'évolution des besoins allant de 3.8 10⁻² hm³/an en 2009 jusqu'à 5.06 10⁻² hm³/an en 2042, ce volume probable demandé reste encore faible où sa couverture est facilement assurée par les propres ressources de chaque unité industrielle.

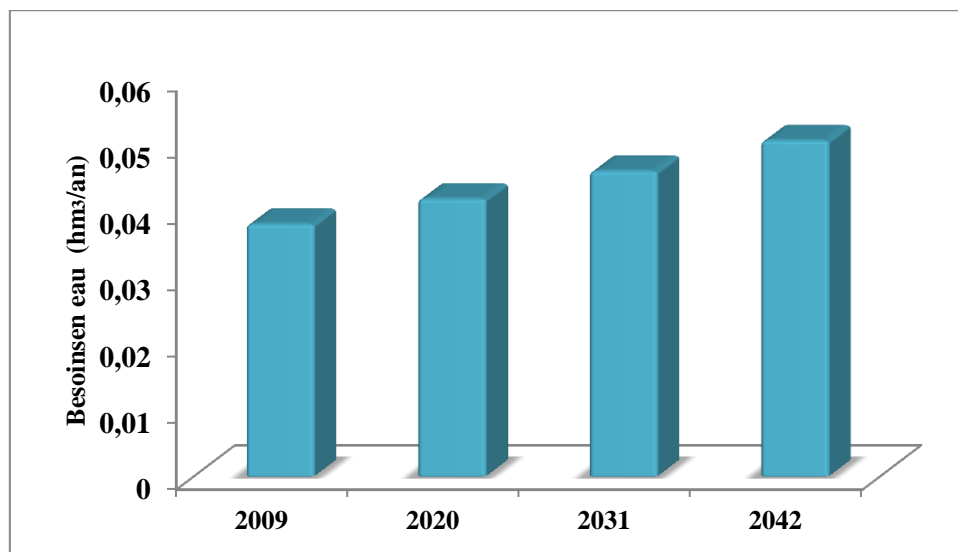


Figure 60 : Evolution des Besoins futurs en eau industrielle (2009- 2042)

5. Evolution des besoins totaux en eau

Les besoins en eau projetés dans le bassin versant d'oued El Nil, pour satisfaire les différents usagers, sont en augmentation d'un horizon à autre (*fig.61*) et ça est dû surtout à l'augmentation de nombre de la population et des superficies irriguées.

Tableau 45 : Evolution des besoins en eau dans le bassin versant d'oued El Nil (1998- 2042)

Horizon	1998	2009	2020	2031	2042
besoins en eau (hm³/an)	13.43	17.33	21.53	25.75	30.69

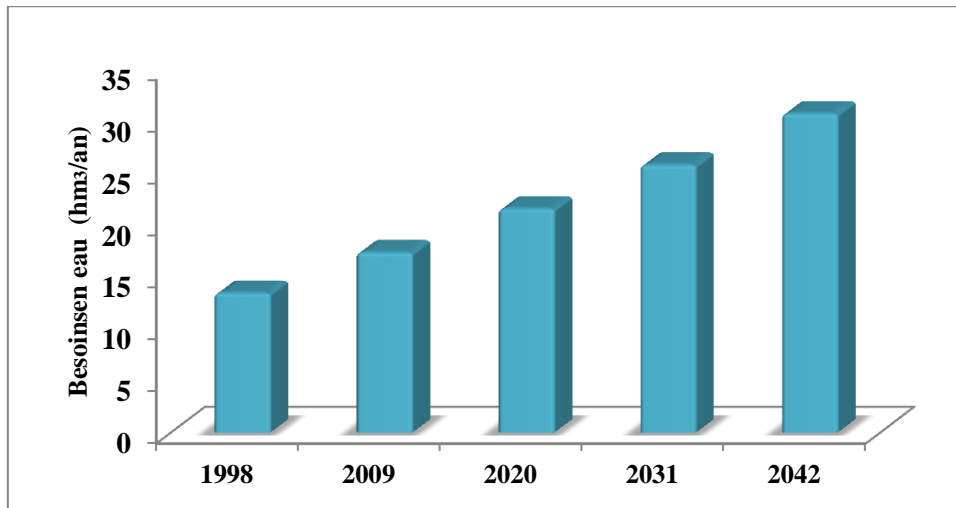


Figure 61 : Evolution des besoins en eau totaux (1998- 2042)

Conclusion

303.24 km² est la surface totale drainée par le bassin versant d'oued El Nil, il regroupe 105466 habitants avec une densité démographique de 300.47 hab/km², Qui sont répartis spatialement en trois zones ; les chefs lieux, les agglomérations secondaires et les zones éparses.

Le bassin versant d'oued El Nil est caractérisé par des ressources en eau superficielles et souterraines très importantes, cette richesse naturelle doit permettre une activité humaine très remarquable, particulièrement dans le domaine d'agriculture et aussi industriel, ce qui fait la mobilisation de ces ressources est obligatoire pour satisfaire les différents secteurs d'utilisation (alimentation en eau potable, agriculture et industrie).

Les besoins en eau potable dans le bassin versant d'oued El Nil sont de l'ordre de 8.89 hm³/an à court terme, 10.52 hm³/an à moyen terme et de l'ordre 12.78 hm³/an à long terme. Donc, on peut dire que le volume mobilisé actuellement dans le bassin versant d'oued El Nil (20.8 hm³/an) est suffisant pour satisfaire les besoins en eau à court, moyen et long terme.

La zone d'étude à vocation agricole, dont la surface irriguée est d'ordre de 2000 ha. L'utilisation de l'eau dans ce secteur est devenue importante où la quantité d'eau mobilisée en 1998 est près de 7.1456 hm³ de la totalité mobilisée. La satisfaction des besoins en irrigation est possible jusqu'à la fin de la prochaine décennie, mais à partir de l'année 2020 nous serons obligés de mobiliser un volume de 4.032 hm³ pour couvrir ces besoins probables.

L'estimation des besoins futurs en eau industrielle montre une faible évolution des besoins allant de 3.8 10⁻² hm³/an en 2009 jusqu'à 5.06 10⁻² hm³/an en 2042, ce volume probable demandé reste encore très faible par rapport aux autres usagers.

Conclusion générale & recommandations

La synthèse des données acquises et l'interprétation des résultats obtenus lors de l'élaboration de ce travail, ont permis de constituer une première contribution vers une gestion intégrée des ressources en eau du bassin versant d'oued El Nil. Elle a été réalisée en vue d'améliorer la gestion des ressources hydriques et satisfaire les besoins en eau pour les différents usagers.

Le bassin versant d'oued El Nil, est situé au Nord Est de l'Algérie, à une distance de 20 Km au Nord- Est de la ville de Jijel, il fait partie du bassin des « Côtiers Constantinois Ouest » et couvre une superficie de l'ordre de 303.24 km². Cette région est soumise à un climat méditerranéen, caractérisé par une période humide qui s'étale du mois d'octobre jusqu' au mois de mai et une période sèche qui s'étend du mois de mai jusqu'au mois de septembre. Elle reçoit des précipitations annuelles moyennes de l'ordre de 1007.61 mm.

Du point de vue géologique, le bassin d'oued El Nil est le siège d'une topographie ancienne dont les dépressions ont été recouvertes par des alluvions récentes et des terrasses anciennes (formations quaternaires). Il se localise dans les alluvions appartenant essentiellement au niveau des sables et des graviers.

L'étude hydrogéologique de la plaine d'oued El Nil montre que le remplissage quaternaire est la formation la plus perspective, son épaisseur varie de 30 à 50 m exceptionnellement de 80 à 100 m au niveau de la confluence oued Saayoud, oued El Nil et plus au Nord. L'examen de la carte piézométrique réalisée au mois d'avril 2015 montre que l'écoulement des eaux souterraines suit parfaitement la topographie de la plaine, le sens d'écoulement principal est d'une direction Sud-Nord, il est presque parallèle avec oued El Nil.

L'interprétation des résultats d'analyses chimiques et physicochimiques (pH, T, CE, Mg⁺² Ca⁺²...etc) montre que la majeure partie des concentrations des différents éléments chimiques des eaux souterraines et des eaux de surface varient dans les normes de l'OMS.

D'après les résultats du recensement de 1998, le bassin versant de l'oued El Nil regroupe 105466 habitants avec une densité démographique de 300.47 hab/km². Qui sont répartis spatialement en trois zones principales de peuplement ; 69999 ha soit 66.37 % au chef-lieu, 20293 ha soit 19.24 % dans les agglomérations secondaires répartis et 15174 ha soit 14.38 % dans les zones éparses. Le taux moyen d'accroissement de la population est de l'ordre de 1.055 %.

Les ressources mobilisables en eau de surface sont de l'ordre de 1.507 hm³/an, dont seule 1.322 hm³/an, soit 87.72 % réellement exploitées. Le reste 0.185 hm³/an représente les ressources en eau de surface mobilisées et non exploitées. Quant aux eaux souterraines, les ressources mobilisées sont d'ordre de 36.03 hm³/an. Qui représente 95.98 % des ressources totales mobilisées dans le bassin versant d'oued El Nil.

En ce qui concerne les besoins en eau pour les trois usagers principaux dans le bassin versant d'oued El Nil ; l'industrie est jugée un utilisateur faible en matière d'eau, qui pompe des quantités d'eau négligeable par rapport aux autres usagers, la quantité exploitée est de l'ordre de 3.2 hm³/an soit 8.46 % de la quantité exploitée totale dans le bassin versant.

Les besoins en eau pour l'agriculture en 1998 sont de l'ordre de 7.1456 hm³/an, à court terme, 9.825 hm³/an à moyen terme et 12.505 hm³/an à long terme sont de l'ordre 17.864 hm³/an.

Les besoins en eau potable dans le bassin versant d'oued El Nil sont de l'ordre de 8.89 hm³/an à court terme, 10.52 hm³/an à moyen terme et de l'ordre 12.85 hm³/an à long terme. On peut dire que le volume mobilisé actuellement dans le bassin versant d'oued El Nil (20.8 hm³/an) est suffisant pour satisfaire les besoins en eau à court, moyen et long terme.

Afin d'arriver à une gestion intégrée des ressources en eau, et pour affronter les défis de l'eau qui se présentent pour l'avenir dans le bassin versant d'oued El Nil, nous proposons les recommandations suivantes :

- De veiller à une meilleure gestion des eaux en évitant l'exploitation anarchique des eaux souterraines par les nombreux forages implantés.
- Il faut éviter le déversement direct des égouts dans les oueds sans traitement au préalable et l'installation des stations d'épuration pour contrôler les rejets, soit d'origines industrielles (au niveau des usines) ou domestiques.
- L'amélioration du réseau d'observation hydrométrique par l'implantation des nouvelles stations de jaugeage et des stations pluviométriques.

Finalement, nous espérons que cette étude que nous avons menée au niveau du bassin versant d'oued El Nil a apporté un certain nombre d'informations et de précision, qui pourront orienter de futurs travaux dans le domaine de la maîtrise et de la gestion intégrée des ressources en eau dans le contexte du développement durable.

Les données climatiques

Tableau 1: température moyenne mensuelle (en °C) de la station de Taher (1988/2014)

Année	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août
1988-1989	21.5	20.7	15.8	11.1	10.3	11.8	13.8	14.9	17.3	21.1	25.2	26.2
1989-1990	23.5	19.7	16.4	15.3	11.5	13.2	13.9	14.3	18.3	22.1	24.5	24.3
1990-1991	25.4	20.9	15.7	10.7	10.5	10.6	14.4	13.5	15.2	21.2	24.7	25.8
1991-1992	24.6	19.6	14.1	11.2	9.8	11	12.3	14.3	7.5	20.4	23	24.9
1992-1993	23.7	18.5	15.1	12.2	9.6	10.7	12.1	14.6	18.7	21.6	23.8	25.4
1993-1994	22.5	19.8	14.5	12.1	11.9	12.2	13.6	13.9	19.2	22	25.5	28.6
1994-1995	24.9	20.5	16.9	12.6	11.8	13.4	13.1	14.1	19.2	22.4	25.1	26.1
1995-1996	22.8	20.4	16.8	15	14.4	11.5	13.8	15.7	18.1	21.7	24.7	25.6
1996-1997	21.5	17.8	16.1	14.3	13.5	12.2	12.9	15.4	19.8	23.9	24.4	25.8
1997-1998	24	20.3	16.5	13.7	12.5	12.3	13.5	15.8	18.2	22.9	24.7	25.4
1998-1999	23.7	17.8	14.4	11.4	11.6	10.4	13.6	15	20.4	23.3	25.1	27.8
1999-2000	24.8	22.9	14.7	12.2	9.5	11.9	13.6	16.3	19.7	21.9	25.9	26.6
2000-2001	23.5	19.4	15.4	13.4	12.5	11.2	17	15.2	18	23.4	24.9	26.1
2001-2002	22.9	22.6	15.1	10.7	10.7	11.7	14	15.1	18.4	22.4	24.5	25
2002-2003	22.8	19.5	16.7	13.9	11.6	11	13.7	16	18.4	25.3	27.7	28.3
2003-2004	24	21.1	16.1	12	11.4	12.3	13.6	14.9	17.2	21.7	24.8	26.7
2004-2005	24.1	22	14	12.8	9	9.2	13	16	19.8	23.5	26.2	25.5
2005-2006	23.7	21	15.7	11.8	10.9	11.3	14.2	17.8	20.8	23.4	26.1	25.4
2006-2007	23.4	22.1	17.9	13.6	12.3	13.9	13.2	16.7	19.8	22.8	25.1	26.8
2007-2008	23.5	20	14.9	12.3	12.4	13.1	9	16.6	18.9	22.3	25.9	26
2008-2009	24.2	20.3	15	11.9	11.9	11.6	13.2	15.2	20.8	23.6	27.4	27
2009-2010	23.4	20.1	16.5	14.7	12.5	13.9	14.4	16.4	18	21.5	25.5	25.5
2010-2011	23.3	20.1	19.8	13.2	11.9	11.8	14.4	17.2	19.6	22.5	26.4	26.3
2011-2012	24.4	20.5	17	13.1	11.5	8.7	13.9	16.3	19.2	24.9	26.4	27.9
2012-2013	23.1	21.1	17.1	13	11.9	10.5	15.2	16.4	18.1	20.9	25.2	25.4
2013-2014	23.7	22.8	15.4	12.5	13.3	13.6	13.4	17.1	18.9	23.2	25.5	26.3

Tableau 2 : Hauteur de la précipitation (en mm) de la station de Taher (1988/2014)

Année	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août
1988-1989	134.1	2.3	184.6	284.6	112.6	92	67.2	178.4	9.3	8.5	9.2	8.8
1989-1990	52.2	26.7	148.5	124	120.1	0	54.1	87.2	74.1	8.5	6.2	29.4
1990-1991	0.9	107.4	251.2	411.2	115.4	139.6	126.2	42.2	50.5	3.3	0	3.1
1991-1992	40.5	220.6	98.1	67.5	122.9	56	201.4	165.5	98.3	26.1	9.5	0.2
1992-1993	11.5	121.9	60.3	319.3	107.9	113.7	66.7	103.7	66.5	7.5	0	0
1993-1994	32.7	84.3	126.1	158	107.1	141.9	0	92.4	14.5	0	0.3	0.5
1994-1995	93.3	122.9	5	371.6	173.3	37.4	104.1	56.5	5.6	20.6	1.7	9.5
1995-1996	58.5	72.3	96.1	94.6	102.1	313.1	122.4	128.8	60.9	45.1	3.2	10.7
1996-1997	45.1	129.7	110	128.1	58	12.9	12.2	82.2	28.6	27.2	5.8	7.4
1997-1998	110.7	196.5	188.1	121.4	42.3	142.9	67.5	106.1	130.1	3.8	0	20.4
1998-1999	94.3	51.5	339.3	151.8	163.2	97	62.1	42.7	5.9	4	1.6	5.6
1999-2000	27	23.9	250.8	247.7	108.6	42.4	17	33.2	95.3	13.5	1.4	2.7
2000-2001	25.7	89.8	117.8	84.6	247.7	110.9	14.2	50.7	50.3	3.7	0	2.5
2001-2002	38.8	1.1	125.2	142.4	71.8	66.3	37.6	49.7	15.3	4.4	16.2	86.2
2002-2003	49.5	103	182	407.3	333.1	115	30.7	130	70.9	0.8	7.1	0
2003-2004	128.4	76	82	220.5	137.2	83.3	75.2	96.6	81.2	56.4	1.3	4.3
2004-2005	75.8	34.8	267.1	158.8	262.1	212.6	85.5	121.8	4.8	0	1.2	18.4
2005-2006	56.4	21.4	134.5	171.6	178.2	165.5	54.9	24.1	32.7	2.8	0	34.8
2006-2007	45.3	37.9	39.6	215.4	12.3	74.5	268.5	70.6	14.4	26.4	3.3	4.8
2007-2008	70.8	142.9	291.4	211.3	34.3	27.4	172.1	18.8	144.7	3.7	0	1.3
2008-2009	86.7	30.8	109.8	145.9	207.9	85.9	78.2	183.8	14.4	0.3	0.5	10.8
2009-2010	172.3	68.1	154.9	139.6	121.4	60.2	105.4	52.5	81	49.5	2.1	1.4
2010-2011	53	218.5	195.9	110.3	78.6	143.5	89.8	69.7	33.4	27	8.1	0
2011-2012	14.7	247.1	134.5	160	64.9	368.5	95.9	189.4	3.1	0.6	0.4	110.9
2012-2013	105.6	162.8	82.6	81.4	210.3	211.6	81.2	41.9	144.6	0.6	1.6	42.9
2013-2014	48.5	54.2	349.9	125.2	133.7	85.1	154	13.1	7.1	13.9	0.2	4.1

Tableau 3: humidité relative (en %) de la station de Taher (1991/2014)

Année	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou
1990-1991	74.3	70.1	79.7	78	79.5	77.7	77.2	76.8	76.6	76.8	72.4	70.6
1991-1992	75.9	78.9	80.5	79.8	83.2	79.6	82.5	80.5	81	77.4	81.3	73.6
1992-1993	76.4	78.4	81.7	77.6	81	77.3	75.8	76.5	76.1	77.2	75.1	76.6
1993-1994	78.3	75.6	80.4	80.8	82.6	76.6	81.4	77.5	75.5	70.4	68.6	67.3
1994-1995	70	79.4	77.2	80.2	75.1	79.8	75.2	76.2	71.7	76	71.7	69.2
1995-1996	71.8	73.5	69	74.7	71.5	75	76	76.3	78.7	76.7	69.1	75.6
1996-1997	74	76.6	73.5	73.5	72	82.5	77.1	73.6	76.8	72	74.1	71.4
1997-1998	74.2	75.5	76.8	75.2	76.6	82.2	76	75.7	82.3	76	74.1	75.8
1998-1999	74.4	76.8	80.4	79	80.8	78.5	74.7	74.7	73.2	72.8	88.7	69.6
1999-2000	73.6	67	79.9	81.3	80.3	77.5	77.6	71	81.3	80.3	89.4	68.8
2000-2001	76.6	74.2	77.2	72.4	76.6	77.4	72.3	76.5	79.2	66.6	72.6	71.3
2001-2002	77.3	70.7	76.5	78.2	77.6	77.1	74.8	76.4	72.7	75.4	75.1	76
2002-2003	73.7	73	70.6	75.6	77.6	75.2	75	78.9	79.8	68.9	68	67
2003-2004	79	79.2	74.8	73.4	80	78	79	76	78	78	75	71
2004-2005	73	69	82	77	80	77	79	76	76	73	69	68
2005-2006	71	77	74	77	73	76	73	74	79	66	70	71
2006-2007	70	73	70	77	80	81	74	80	72	75	73	70
2007-2008	75	80	76	77	77	74	78	73	82	75	71	72
2008-2009	80	76	77	78	76.8	69.2	73.7	74.1	71.9	67.1	68	74.2
2009-2010	75.8	74.8	71.7	73.4	76	76	76	83	77	78	76	75
2010-2011	73	74	79	72	81	79.6	77.1	80.7	78.7	76.1	69.5	70.9
2011-2012	74.6	75	76.2	79.1	79.9	80.6	80.1	75	74.5	71	72.4	67.5
2012-2013	75.3	73.7	77	76.6	75.7	75	70.8	76.2	77.5	73.1	76.7	73.2
2013-2014	80.1	75.5	77.1	80.1	75.1	73	78.1	72.5	74.9	73.1	70	72.7

Tableau 4 : mesures piézométriques (Avril 2015)

Nom	Coordonnée		z	NP
	x	y		
PN34	5.948428	36.828741	5	1.15
PN41	5.91788106	36.776941	22	20.75
PN40	5.92551608	36.7787696	23	21.08
PN28	5.938867	36.824829	2	-2.82
PS10	5.94100239	36.799368	18	14.27
PS19	5.94847703	36.8101872	12	9.55
PS26	5.96448144	36.8234271	15	14.63
PS22	5.95407736	36.8091444	14	12.87
PS25	5.96240731	36.8164966	17	15.53
PN23	5.94810328	36.8234118	5	3.08
PN22	5.94858306	36.8216975	6	2.75
PN20	5.93292892	36.8216093	9	7.54
PSA	5.95208539	36.783038	37	29.13
PS1	5.96492517	36.7796358	43	33.1
PS8	5.94749547	36.7917619	29	21.54
PS9	5.94236564	36.7959451	22	19.31
PN3	5.94822806	36.741577	49	47.87
PN1	5.95330661	36.7338592	59	56.03
PN7	5.9539125	36.7555111	43	41.8
PN16	5.93257217	36.7942233	14	12.82
PN35	5.945325	36.8259861	7	5.3
PN36	5.949975	36.8263111	5	1.8
PN37	5.93257217	36.7942233	14	0.4
PN42	5.94602222	36.82805	4	3.06
PB4	5.90521944	36.7644861	30	29.12
PB9-2	5.90289722	36.7753972	36	33.6
PS8	5.94749547	36.7917619	29	21.54
PS15	5.94660833	36.8023917	15	13.38
PS23	5.957891	36.809824	14	12.09
PS27	5.95761389	36.8098722	12	11.93
PS28	5.95723333	36.8111139	12	9.6
PS29	5.962975	36.816925	17	12.75
PT4	5.92235833	36.8078889	15	10.77
PN38bis	5.92992025	36.7920256	19	16.97
FS01	5.95515567	36.7867304	31	9.83
FS02	5.95272056	36.7908237	32	2.61
FS03	5.94657	36.801186	19	15.04
FN05	5.93400589	36.7570001	32	2.07
FN08	5.92194506	36.7935948	16	2.64
FN09	5.92581586	36.7947947	17	1.55

Tableau 5: Résultats des analyses chimiques des échantillons des eaux souterraines

Points d'eau	Les Cations en mg/l			Les Anions en mg/l	
	Ca+2	Mg+2	Na+ + k+	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
PN34	107.4144	126.9288	134.9	113.4496	649.04
PN40	57.7152	68.4696	12.5	36.87112	339.16
PN28	128.256	90.636	79	65.23352	434.32
PS10	59.3184	51.4152	/	52.47044	217.16
PS19	44.8896	94.1712	43.7	36.87112	231.8
PS26	46.4928	84.8424	57.9	24.10804	339.16
PS22	36.8736	89.3112	48.4	41.12548	236.68
PN23	75.3504	71.436	38.4	39.70736	346.48
PN22	16.032	53.4984	42.3	39.70736	53.68
PN20	17.6352	5.5416	88.3	106.359	551.44
PSA	57.7152	78.7704	22.1	24.10804	306.22
PS1	44.8896	47.8176	14.8	22.68992	190.32
PS8	25.6512	72.2064	/	43.96172	90.28
PS9	20.8416	46.1136	/	36.87112	73.2
PN3	17.6352	59.6208	/	31.19864	156.16
PN7	43.2864	54.5712	/	22.68992	178.12
PN16	84.9696	157.0992	/	51.05232	485.56
PN35	51.3024	41.4048	8.5	35.453	222.04
PB4	57.7152	119.9736	/	34.03488	353.8
PB9-2	38.4768	87.708	77.3	70.906	153.72
PS15	40.08	75.804	46.1	41.12548	187.88
PS27	32.064	60.6432	171	182.93748	63.44
PS28	44.8896	99.3216	135.8	114.86772	273.28
PS29	30.4608	64.8216	43.6	29.78052	229.36
PT4	89.7792	167.7408	91.6	93.59592	392.84
FS01	56.112	57.1968	/	28.3624	241.56
FS02	57.7152	73.62	28	34.03488	256.2
FS03	33.6672	51.3144	29.7	28.3624	202.52
FN05	36.8736	58.4088	/	25.52616	353.8
FN08	51.3024	59.4312	/	36.87112	244
FN09	38.4768	28.4784	/	15.59932	217.16

Références Bibliographiques

ANRH : Agence nationale des ressources hydrique.

Bechekite, M., 2005 : Etude hydrogéologique de la plaine alluviale d'oued El Nil. *Mém. d'ingénieur, Univ. Constantine, 181p.*

Belmedrek, S., 2006 : Granulométrie et minéraux lourds des sables dunaires et de plage des secteurs d'oued Zhour et de Béni Bélaïd (Jijel, Algérie Nord), *Mém. Magister, Univ. Jijel, pp 17-24.*

Belmederk, S & Remmache, I., 2001 : Etude géologique et minéralogique des grès de la carrière de Kissir. *Mém. Ingénieur. Univ. Constantine, p 65.*

Belli., 2009 ; Stress oxydant induit par la Co exposition au plomb et au cadmium : deux contaminants des eaux souterraines d'Oued El Nil (Jijel - Algérie). *Revue des sciences de l'eau, Journal of Water Science, vol. 23, n° 3, 2010, p. 289-301.*

Berkane, S., 2011 : Contribution à l'étude hydrogéologique et hydro chimique de la plaine alluviale d'oued Nil (Wilaya de Jijel). *Mém. d'ingénieur, Univ. Constantine, 192p.*

Bouchekkouf, K & Guerraichi. M., 2013 : Etude hydro chimique des eaux superficielles et souterraines de la plaine alluviale de l'Oued Nil (wilaya de Jijel). *Mem. Master, Univ. Jijel 95p*

Bouillin, J.P. & Raoult, J.F., 1971 : Présence sur le socle kabyle du constantinois d'un olistostrome lié au charriage des flyschs; le Numidien peut être un néo-autochtone? *Bulletin de la Société Géologique de France, 7, pp 338-362.*

Bouillin, J.P & Kornprobst, A., 1974 : Association ultrabasique de la petite Kabylie : de type Alpine et complexes stratifiés; Comparaison avec les zones internes bético rifaines. *Bulletin de la Société Géologique de France, 167, pp 183-194.*

Bouillin, J.P., 1977 : Géologie alpine de la petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El-Milia (Algérie). *Thèse Doctorat. 511 p.*

Bouillin, J.P., 1979 : La transversale de Collo et d'El-Milia (Petite Kabylie) : Unerégion clef pour l'interprétation de la tectonique Alpine de la chaîne littorale d'Algérie. *Mémoire de la Société Géologique de France, 135, pp 1-84. Bulletin*

Bouillin, J.P., Baudelot, S & Coiffait, P., 1981 : Découverte d'Ordovicien inférieur daté par Acritarches dans l'Ouest de la Petite Kabylie (Algérie) ; Conséquences structurales. *C.R. Acad. Sc. Paris. 293, pp 611- 614.*

Bouillin, J.p., 1986 : Le "bassin maghrébin" : une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'ouest des Alpes. *Bulletin de la Société Géologique de France 8, pp 547-558.*

- Bouleknafet, Z., 2008** : Ressources en eau et perspectives de gestion intégrée dans le bassin versant d'El-Kebir Ouest. *Mém. Magister, Univ. Annaba, 145p.*
- Bouredjoul, A., 2005** : Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine alluviale de l'oued Nil, wilaya de Jijel. *Mém. d'ingénieur, Univ. Constantine, pp 63-65.*
- Chadi, M., 2004** : Cadre géologique et structurel des séries créacées néritiques du Constantinois (Algérie NE). *Thèse Doctorat. Univ. Constantine.*
- Dali, N., 2009** : Ressources et gestion intégrée des eaux du bassin de Gareat El Tarf (W. Khenchela). *Mém. de Magister Univ. Annaba, 155p.*
- Djaba, H., 2010** : Ressources en eau et perspectives de gestion intégrée dans le bassin versant de Medjerda (Souk Ahras, N-E d'Algérie). *Mém. de Magister, Univ. Annaba, 155 p.*
- Djellit, H., 1987** : Evolution tectono-métamorphique du socle kabyle et polarité de mise en place des nappes flysch en petite Kabylie occidentale (Algérie). *Thèse Doct. Univ. Paris, 206 p.*
- Daifallah, T., 2008** : ressources en eau et gestion intégrée dans le bassin versant de l'Oued kebir Ouest (Nord Est Algerien). *Mém. de Magister, Univ. Annaba, 136 p.*
- Durand-Delga, M., 1955** : Etude géologique de l'Ouest de la chaîne numidique. *Thèse d'Etat. Paris, France, 533 p.*
- Durand-Delga, M., 1969** : Mise au point sur la structure du Nord- Est de la Berbérie. *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie, Vol 39, pp 89-131*
- Durand Delga, M., 1980** : La Méditerranée occidentale, étape de sa genèse et problèmes structuraux. *Mem. Ser. Soc. Geol. France. N° 10, pp 204-224.*
- Éric Gilli, Christian Mangan, Jacques Mudry, 2008** : Hydrogéologie ; Objets, méthodes, applications. 2^{ème} Edition, Dunod, Paris, 340p.
- Ficheur., 1890** : Carte géologique de la région de Jijel
- Gélard, J.P., 1969** : Le flysch à base schisto-gréseuse de la bordure méridionale et orientale du massif Chellata : Le flysch maurétanien (Grande Kabylie). *Bull. Soc. géol. France.7. pp 676-686.*
- Glangeaud, L., 1933** : Unités paléogéographique et unités structurales de l'Atlas méditerranéen de l'Afrique du Nord. *Actes Soc. Linnéenne de Bordeaux.*
- Gouaidia, L., 2008** : Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico –chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-Est algérien. *Thèse de Doctorat, Univ. Annaba, Algérie, 199p.*
- Halimi, S., 2008** : Ressources et essai de gestion intégrée des eaux du bassin versant d'oued Cherf / Sedrata (Nord – Est Algérien). *Mém. de Magister, Univ. Annaba, 126 p.*

- Houha, B., 2007** : Etude du fonctionnement hydro chimique et salin d'un bassin semi-aride (Remila –Khenchela). *Thèse de Doctorat, Univ. Annaba.*
- Kehal, A., 1997** : Géologie, pétrographie et géochimie des formations du socle de petite Kabylie dans la région de Beni Belaid (Algérie Nord-Orientale). Altérations hydrothermales et minéralisations à Sn, Ta, Nb liées aux pegmatites. *Mem. Magister, Univ. Constantine, 73p.*
- Lahondhère, J.C., Feiberg, H & Hac, B.U., 1979** : Datation des grès numidiens d'Algérie orientale: Conséquences structurales, *C R. Acad. Sc. Paris t 289, N°4, pp 383-386.*
- Lahondhère, J.C., 1987** : les séries ultratelliennes d'Algérie Nord orientale et les formations environnantes dans leur cadre structural. *Thèse es-science, Toulouse, France.*
- Lehtihet, A.M., 1983** : Étude hydrogéologique de la plaine alluviale de l'Oued Nil (Région de Jijel). *Mém. d'Ingénieur, USTHB, Alger, p 67.*
- Mahdjoub, Y., 1991**: Cinématique des déformations et évolution P-T anté-alpines en Petite Kabylie (Algérie Nord Orientale). *Thèse Doctorat d'Etat, USTHB, Alger, p 190.*
- Mecibah, I., 2008** : les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant d'Oued Guebli (Nord-Est Algérien), *Mém. de Magister, Univ. Annaba, 262p.*
- Raoult, J.F., 1974** : Géologie du centre numidique (Nord du Constantinois. Algérie), *Mém. Soc. Géol. France, 53, pp 121-163.*
- Sadoun, L., 2013** : Etude hydrologique et hydrodynamique de la basse plane alluviale de l'oued el Nil (wilaya de Jijel). *Mém. Master, Univ Jijel, pp 8-11.*
- Semroud, B., Ouabadi, A & Belantour, O., 1992** : Les granitoïdes associés à la chaîne alpine en Algérie du Nord. *Bull. Ser. géol. Vol.9, n°1, pp 3-8.*
- Vila J.M., 1980.** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens, *Thèse de Doctorat Es-sciences Naturelles. Université Pierre et Marie - Curie, Paris VI, pp 282-296.*
- Wildi, W., 1983** : La chaîne tellorifaire (Algérie, Maroc, Tunisie) : Structure, Stratigraphie, évolution du Trias au miocène. *Rev. géol. Dyn, Geogra. Phys. Vol 24, pp 201-297.*

Résumé :

Le bassin versant d'oued El Nil est situé au Nord-Est de l'Algérie occupant la partie Sud-Est de la ville de Jijel, il s'étend sur une superficie de 303.24 Km² avec une population d'ordre de 105466 habitants. Le développement socioéconomique du bassin versant a engendré une augmentation importante de la demande en eau des différents secteurs usagers de l'eau à savoir ; l'alimentation en eau potable, agriculture et l'industrie. Cette étude a été menée afin d'arriver à une estimation perspective des besoins en eau à court, moyen et long terme, nous essayons d'appliquer les concepts d'une gestion intégrée et durable des ressources en eau, en se basant sur la quantité et la qualité des potentialités hydriques dans le bassin versant, pour arriver à mettre les grands axes de cette nouvelle vision qui a pour but d'améliorer la gestion intégrée des ressources en eau.

Mots clés : GIRE, Bassin versant, Eaux souterraines, Eaux de surface.

Abstract:

The catchment area of Wadi El Nil is located in the North East of Algeria occupying the south-eastern part of the Jijel city, with an area of about 303.24 km² and a population around 105466 inhabitants. The Socio-economic development of the watershed has led to a significant increase in demand for water from different sectors of water users namely; the supply of drinking water, agriculture and industry. This study was conducted to arrive at an estimate of the short perspective water requirements, medium and long term, we try to apply the concepts of integrated and sustainable management of water resources, based on the amount and the quality of water potential in the watershed, to reach to the main lines of this new vision that aims to improve integrated water resources management.

Keywords: IMWR, watershed, Groundwater, Surface Water.

ملخص:

يقع حوض وادي النيل شمال شرق الجزائر و يحتل الجهة الشرقية الجنوبية لولاية جيجل ، يتربع على مساحة تقدر ب 303.24 كم² ، و يقطنه تعداد سكاني يصل الى أكثر من 105466 نسمة. خلال السنوات الأخيرة أدت التنمية الاجتماعية والاقتصادية على مستوى الحوض بشكل مباشر إلى الزيادة الكبيرة في كمية الطلب للمياه من مختلف القطاعات المستهلكة للمياه (إمدادات المياه الصالحة للشرب والزراعة والصناعة).

أجريت هذه الدراسة لغرض الوصول إلى تقدير الاحتياجات للموارد المائية على المدى القصير و المتوسط و الطويل ، و على هذا الأساس حاولنا تطبيق المفاهيم الخاصة بالإدارة المتكاملة والمستدامة للموارد المائية بالتركيز على التشخيص الكمي و النوعي لهذه الموارد المائية (المياه الجوفية والمياه السطحية)، من أجل الوصول إلى الخطوط الرئيسية لهذه الرؤية الجديدة التي تهدف إلى الاستعمال العقلاني و تحسين التسيير المتكامل للموارد المائية في الحوض الهيدروغرافي لواد النيل. **الكلمات المفتاحية :** التسيير المتكامل للموارد المائية , الحوض الهيدروغرافي ، المياه الجوفية والسطحية.