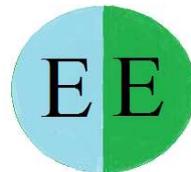




**FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES – GUELIZ – MARRAKECH**  
**DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE**

**MÉMOIRE DE STAGE DE FIN D'ETUDES**

**Licence Sciences et Techniques “Eau et Environnement”**



---

# **Evaluation de la qualité des ressources en eau du bassin hydraulique de Guelmim (Maroc) Période entre Mai et Aout 2012.**

**Réalisé par :**

**SAMAH KAOUTLI**

**Encadrée par :**

- **BENKADDOUR A.**                      **Faculté des Sciences et Techniques**
- **ZOUIN B.**                                **Agence du Bassin Hydraulique du Souss Massa et Draa**

**Soutenu le 20 février 2013 devant la commission d'examen composée de :**

**Pr. CHAFIKI D.**

**Pr. HANICH L.**

**Pr. BENKADDOUR A.**

*Je dédie ce modeste travail à:*

*A la mémoire de celle que personne ne peut combler sa place dans mon cœur....*

*A la mémoire de ma Mère*

*A celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la volonté fait toujours les grands hommes... .*

*A mon Père*

*A ma famille avec tous mes sentiments de respect, d'amour, de gratitude et de reconnaissance pour tous les sacrifices déployés pour m'élever dignement et assurer mon éducation dans les meilleures conditions.*

*A mes encadrants sans exception, pour leurs efforts à fin de m'assurer une formation solide, et à toutes les personnes qui m'ont comblé de leur soutien et de leur encouragement durant toute la période d'études et de stage.*

## *REMERCIEMENT*

Ce n'est pas par coutume mais par reconnaissance que je devais préfacier ce rapport par quelque ligne tout en exprimant mes gratitude à toutes les personnes qui m'ont aidés et supportés tout au long de ce travail.

Tout d'abord je tenais à remercier Madame **BADRIYA ZOUIN** qui, autant que encadrant et chargée de service qualité de l'eau à l'ABHSMD pour sa gentillesse ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'elle a bien voulu me consacrer et sans elle ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance et ma profonde gratitude à mon cher Encadrant Dr **ABDEL FATTAH BENKADOUR** pour sa disponibilité, son aide, ses conseils précieux ainsi que pour sa gentillesse de lire attentivement et corriger ce travail même si aucun remerciement ne serait à la hauteur.

Je tiens à remercier tout particulièrement et à témoigner toute ma reconnaissance a Messieurs **MOHAMED SALAH CHRAIBI** et **YOUSSEF HSSISSOU** Professeurs à la faculté des Science d'Agadir pour ses aides aussi qu'à Monsieur **M'BAREK AGOUSSINE** pour ses aides précieux et recommandations ce qui m'a permis de bien avancer dans mon travail.

Mes chaleureux remerciements vont également à mon cher père **ABDEL JALIL KAOUTLI** pour leur amour inconditionnel ses encouragements et son sacrifice matériel et moral durant toute ces années.

## **SOMMAIRE**

Liste des Figures : .....	5
Résumé.....	7

### **I. CADRE GENERAL DE L'ETUDE**

I.1 Localisation de la zone d'étude.....	8
I.2 Donnés climatiques .....	9
I.2.1 Précipitations.....	9
I.2.2 Température .....	10
I.3 Cadre géologique .....	11
I.4 Erosion désertification et ensablement .....	13
I.5 Activité économiques.....	14
I.5.1 Agricultures.....	14
I.5.2 Elevage .....	15
I.5.3 Activités minières .....	15

### **II. RESSOURCES HYDRIQUES DANS LA REGION**

II.1 Ressources en eau de surface.....	16
II.2 Ressources en eau souterraine .....	18
II.2.1 Nappe de la plaine de Guelmim .....	19
II.2.2 Nappes profondes .....	24
II.2.3 Nappes alluviales .....	26
II.3 Ressources en eau non conventionnelles .....	26

### **III. MESURES ET ANALYSES REALISEES**

III.1 Mesures <i>in situ</i> .....	27
III.1.1 Température .....	28
III.1.2 Potentiel d'Hydrogène (pH) .....	28
III.1.3 Turbidité .....	28
III.1.4 Conductivité électrique .....	28
III.1.5 Oxygène dissous.....	29
III.2 Analyses-physico-chimiques.....	29
III.2.1 Titre Hydrométrique.....	29
III.2.2 Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet.....	30
III.2.3 Calcium .....	31

III.2.4 Magnésium .....	32
III.2.5 Chlorures .....	32
III.2.6 Sodium et Potassium .....	33
III.2.7 Nitrates .....	33
III.2.8 Nitrites .....	34
III.3 paramètres de pollution .....	34
III.3.1 Matières en suspension.....	34
III.3.2 Demande biochimique en oxygène dans le 5 <sup>em</sup> jour .....	35
III.3.3 Demande chimique en oxygène .....	35
III.4 Analyses bactériologiques .....	36
III.4.1 Coliformes fécaux .....	36
III.4.2 Coliformes totaux.....	36
III.4.3 Streptocoques fécaux.....	36

## IV. QUALITÉ DES RESSOURCES EN EAUX

IV.1 Qualité des eaux de surface.....	37
IV.1.1 Evolution de la qualité des paramètres physiques .....	38
IV.1.2 Evaluation des paramètres de pollution .....	42
IV.1.3 Evaluation des paramétrées bactériologique.....	43
IV.1.4 Qualité eaux destinées à la consommation humaine.....	43
IV.1.5 Qualité des eaux destinées à l'irrigation .....	43
IV.1.6 Qualité des eaux destinées a l'élevage.....	44
IV.1.7 Conclusion .....	44
IV.2 Qualité des eaux souterraines.....	45
IV.2.1 Evolution de la qualité des paramètres physiques .....	46
IV.2.2 Evaluation des paramétrées bactériologiques .....	50
IV.2.3 Qualité des eaux destinée à la consommation humaine.....	50
IV.2.4 Qualité des eaux destinée à l'irrigation.....	51
IV.3.5 Qualité des eaux destinée à l'élevage .....	53
IV.3.6 Conclusion .....	55

## V. CONCLUSION GENERALE

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Provinces du bassin hydraulique du Guelmim.....	8
Figure 2 : Pluies moyennes mensuelles du Bassin de Guelmim.....	10
Figure 3 : Géologie du bassin de Guelmim .....	12
Figure 4 : Coupe géologique à l'ouest de la zone d'étude.....	12
Figure 5 : Coupe géologique au centre du la zone d'étude .....	13
Figure 6 : Réseau hydrographique, sous bassins hydrologiques et stations .....	17
Figure 7 : Nappes d'eau souterraine inventoriées de la zone .....	19
Figure 8 : Facies de la zone saturée de la nappe de Guelmim.....	20
Figure 9 : Epaisseurs des formations Plio-quaternaire .....	21
Figure10 : Piézométrie de la nappe phréatique de Guelmim (juillet 2005, SAIRE 2006).....	23
Figure 11 : Historique actualisé des débits de la source Abaynou.....	24
Figure 12 : Le toit des calcaires d'âge Cambrien.....	25
Figure 13 : Répartition des points de contrôle de la qualité des eaux de surface du bassin de Guelmim.....	38
Figure 14 : Evolution des pH des eaux de surface dans la région de Guelmim.....	39
Figure 15 : Evolution des turbidités des eaux de surface dans la région de Guelmim.....	39
Figure 16 : Evolution de la conductivité des eaux de surface dans la région de Guelmim.....	40
Figure 17 : Répartition des points de surface dans la carte géologique du bassin.....	41
Figure 18 : Evolution de l'oxygène dissous des eaux de surface dans la région de Guelmim.....	42
Figure 19 : Répartition des points de contrôle de la qualité des eaux souterraines du bassin de Guelmim.....	46
Figure 20 : Evolution des pH dans les eaux souterraines du bassin de Guelmim.....	47
Figure 21 : Evolution de la conductivité des eaux souterraines dans la région de Guelmim.....	47
Figure22 : Projection des analyses chimiques des eaux souterraines sur le diagramme de Piper.....	48
Figure 23 : Répartition des points d'eaux souterraines dans la carte géologique du bassin.....	49

Figure 24 : Matières oxydables mesurer dans les points de contrôle de la qualité des eaux de souterraines de Guelmim.....	50
Figure 25 : Diagramme de la classification de l'eau d'irrigation des eaux souterraines du bassin de Guelmim.....	53

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Précipitations moyennes mensuelles du bassin de Guelmim .....	10
Tableau 2 : Paramètres statistiques des précipitations annuelles .....	11
Tableau 3 : Caractéristiques morphologiques des sous bassin hydrographiques .....	17
Tableau 4 : Apports moyens d'eau de surface.....	18
Tableau 5 : Normes de Potabilité de l'eau et les échantillons correspondent.....	43
Tableau 6 : Normes relatives à l'irrigation et les échantillons correspondent.....	44
Tableau 7 : Normes relatives à l'élevage et les échantillons correspondent .....	44
Tableau 8 : Qualité globale des eaux de surface dans le bassin de Guelmim.....	45
Tableau 9 : Normes de Potabilité de l'eau et les échantillons correspondent .....	51
Tableau 10 : Normes relatives à l'élevage et les échantillons correspondent .....	54
Tableau 11 : Qualité globale des eaux de surface dans le bassin de Guelmim.....	55

## ABRÉVIATIONS

<b>ABHSMD</b>	: Agence du Bassin Hydraulique de Souss Massa Draa.
<b>PDAIRE</b>	: Plan Directeur d'Aménagement Intègre des Ressources en Eau.
<b>RESING</b>	: Société des Ressources d'Ingénierie.
<b>DRPE</b>	: Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau.
<b>SAIRE</b>	: Schéma d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau.
<b>AEP</b>	: Alimentation en Eau Potable.

## **RESUME**

Dans le cadre de la Protection et de la préservation des ressources en eaux, le thème proposé pour ce mémoire de fin d'étude c'est l'évaluation de la qualité des eaux de Guelmim, l'étude de cette région s'avère importante vue la surexploitation de sa nappe phréatique dans ces derniers années ce qui provoque une baisse croissante de son niveau piézométrique.

L'objectif de ce travail est de donner une vision claire sur l'état de la qualité des eaux du bassin hydraulique de Guelmim ,ainsi que de déterminer quelques origines de la pollution de ces eaux, dans la limite des analyses effectuées au niveau des différents points de réseau de la surveillance de qualité des eaux de ce bassin choisi par l'ABHSMD, toute en se basant sur des normes marocaines de la qualité des eaux et aussi sur l'étude hydrogéologique de la région. Les résultats obtenus montrent que la qualité du bassin de Guelmim dans la période qui s'étend du Mai jusqu'à Aout 2012 est moyenne, le type de la pollution le plus fréquent qui menace ces eaux est surtout la minéralisation.

**Mots clés : Bassin de Guelmim, Nappe phréatique, eau de surface, eau souterraine, qualité des eaux, normes marocaines, minéralisation, ressources en eaux**

## I. CADRE GENERAL DE L'ETUDE :

### I.1 Localisation de la zone d'étude :

Le bassin hydraulique de Guelmim se situe au sud du Maroc, il couvre une superficie de près de 10240 km<sup>2</sup>. Il est limité au Nord par le bassin hydraulique de Souss Massa, à l'Ouest par l'océan Atlantique sur une longueur d'environ 120 km de côtes. Au Sud et à l'Est, la limite est soulignée par le bassin hydraulique de Draa (Fig.1).

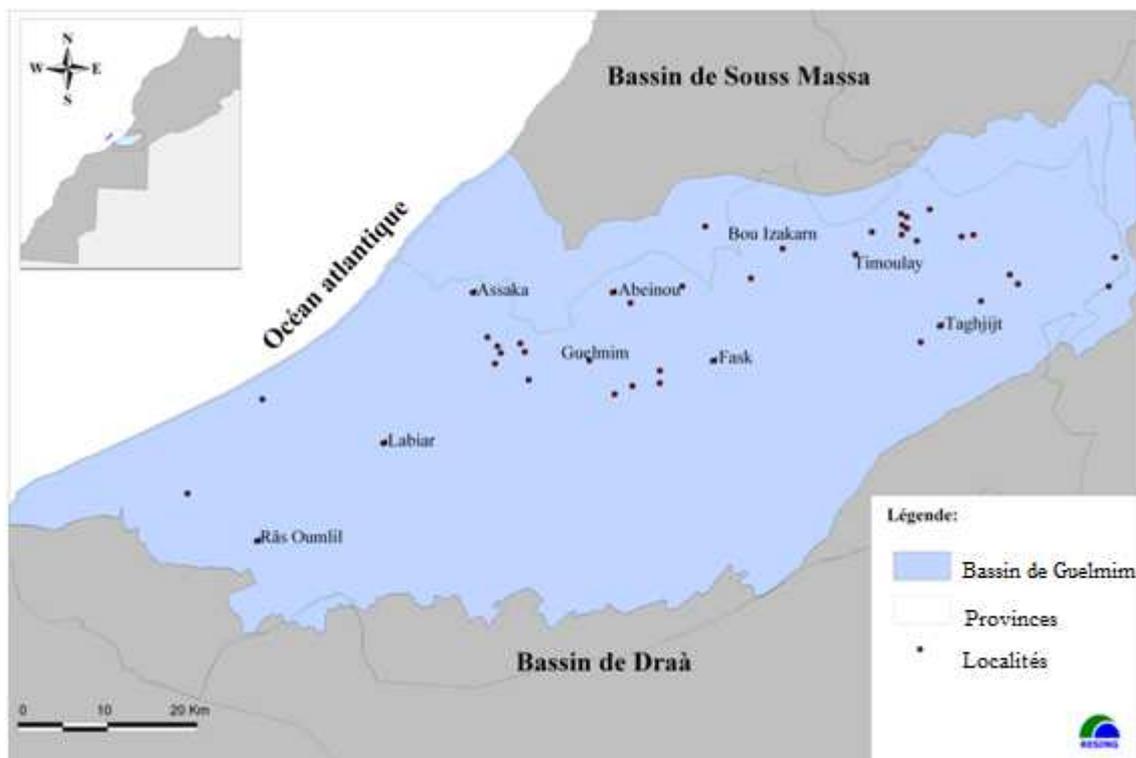


Figure 1 : Provinces du bassin hydraulique du Guelmim (ABHSMD, 2010)

La plaine de Guelmim fait partie de la chaîne de l'Anti-Atlas occidental et plus précisément du grand bassin hydraulique du Bas Draa. Elle se présente sous forme d'un synclinorium, dont le centre est représenté par le Jbel Tayert, et dont les bordures sont constituées :

- au Nord-Est par les plateaux d'Akhssas ;
- au Nord-Ouest par les premières chaînes du môle d'Ifni ;

- au Sud par le Jbel Taïssa, se continuant vers l'Ouest et le Sud-Est par les zones synclinales ouvertes vers Tan-Tan et le Bani.

Le Jbel Tayert qui occupe le centre de la plaine de Guelmim, sépare les bassins de l'oued d'Oum Al Achar au Nord et celui des oueds Seyyad et Ouerguennoun au Sud. Elle comprend plusieurs dépressions ou Feijas dont les plus importantes: -au Nord la grande «Feija interne» de Guelmim-Bouizakerne qui suit la retombée sud des calcaires primaires de l'Anti-Atlas ; elle va en s'élargissant d'Est en Ouest, jusqu'à atteindre 7 à 10 Km dans la vallée de l'oued Oum Al Achar, entre le massif d'Aït Ba Amrane et le Jbel Tayert ; son altitude varie de 600m au nord à 200m au sud ; -au centre, la vallée de l'oued Seyyad-Ouerguennoun, constituée de massifs précambriens et géorgiens, forme une «Feija externe» large de 5 Km en moyenne ; - au Sud-ouest, le flanc nord du Jbel Guir-Taïssa, où apparaissent des gouttières étroites et parallèles entre les crêtes quartzitiques de la partie supérieure de l'Acadien et celles de l'Ordovicien des Aït Lahcen, atteignent 350 à 550 m d'altitude. (Choubert 1952 ; Dijon 1969)

## **I.2 Données climatiques :**

Le bassin de Guelmim connu par une sévère aridité, vue la présence de la chaîne du Haut Atlas faisant obstacle aux perturbations pluvieuses en provenance du Nord (Nacer 2006). Malgré la latitude, la proximité de l'océan atlantique atténue l'effet de la continentalité saharienne pour la partie proche de l'océan. Les vents sont très fréquents provoquant des accumulations sableuses de différentes formes.

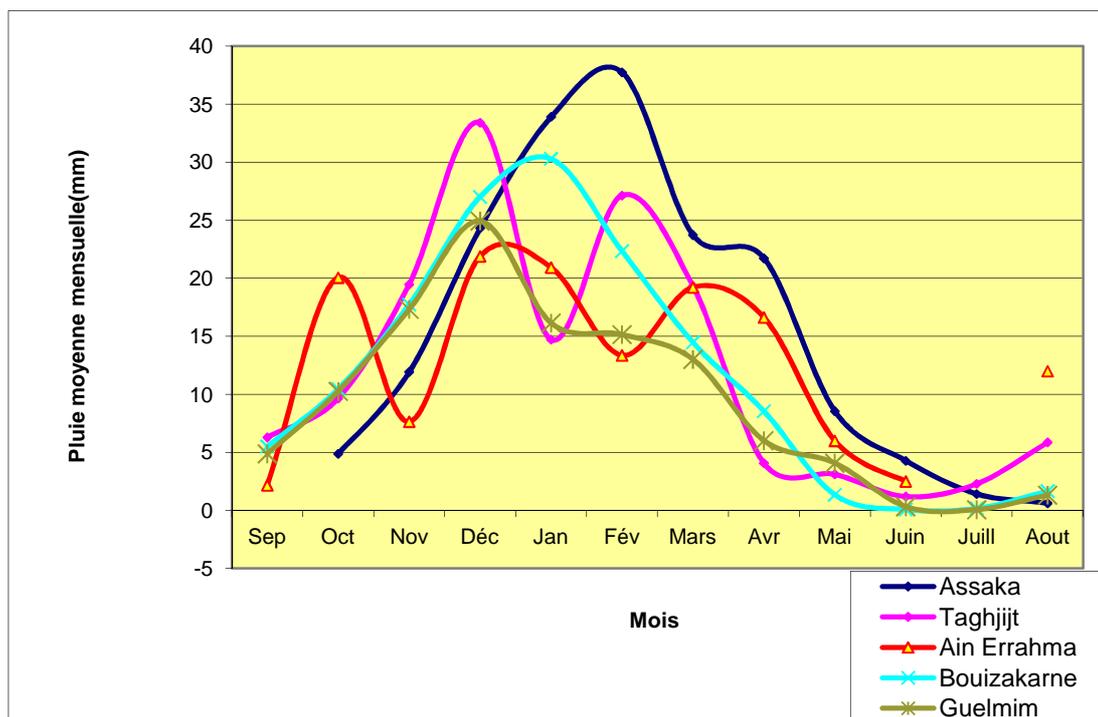
### **I.2.1 Précipitations:**

Les moyennes mensuelles montrent que la saison des pluies s'étale d'Octobre jusqu'à Avril en général, elle représente plus de  $\frac{3}{4}$  des précipitations annuelles, avec une moyenne maximale au mois de Décembre de 25mm (Tab.1). La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 95 mm à Guelmim, mais avec une irrégularité aléatoire très importante, entre 15 mm et 300 mm. Il pleut entre 5 jours et 15 jours par an.

**Tableau 1 : Précipitations moyennes mensuelles du bassin de Guelmim (ABHSMD, 2010)**

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
Assaka		4.88	11.93	24.32	33.92	37.74	23.74	21.73	8.55	4.28	1.42	0.62
Taghjijt	6.30	9.66	19.47	33.40	14.72	27.14	19.33	4.08	3.11	1.21	2.29	5.87
Ain Errahma	2.17	20.06	7.65	21.89	20.92	13.36	19.22	16.63	6.00	2.50		12.00
Bouizakarne	5.51	10.47	17.74	27.02	30.30	22.35	14.49	8.56	1.35	0.08	0.18	1.67
Guelmim	4.88	10.26	17.32	24.94	16.15	15.15	13.01	6.01	4.08	0.32	0.06	1.32

La saison sèche comporte fréquemment une série de 4 à 5 mois (Mai– Septembre), les mois de Juin et Juillet sont pratiquement secs (Fig.2).

**Figure 2 : Pluies moyennes mensuelles du Bassin de Guelmim (PDAIRE, 2010)**

A l'échelle interannuelle, le climat du bassin est marqué par la grande amplitude de la variabilité des précipitations. La moyenne des précipitations annuelles varie entre 85 mm pour la station d'Ain Errahma et 139 mm pour celle d'Assaka (Tab.2).

**Tableau 2 : Paramètres statistiques des précipitations annuelles (ABHSMD, 2010)**

Station	Période	Moy	Min	Max	E.T
Taghijit	1985 - 2009	92,49	2,30	238,30	58,24
Guelmim	1936 - 2005	95,18	10,00	230,00	53,94
Assaka	1984 - 2009	139,01	29,00	272,30	71,74
Bouizakarne	1936 - 1989	128,95	9,00	369,00	81,49
Ain Errahma	1992 - 2009	85,26	10,50	320,00	71,25

### **I.2.2 Température :**

Selon les résultats de PDAIRE en 2010, la température moyenne mensuelle varie de 15 °C en janvier à 25 °C en Août. Sur les reliefs, les températures peuvent descendre au-dessous de 0°C en hiver, et dépassent les 40°C en été. La température moyenne et l'écart thermique augmentent notablement du Nord-Ouest vers le Sud-ouest, compte tenu de la diminution de l'influence océanique.

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 21°C à Guelmim. La moyenne mensuelle maximale atteint 35 à 36°C en Juillet-Août, avec des pointes dépassant 38°C. Les minima descendent à 10° en Janvier-Février, parfois jusqu'à 7°C. La saison chaude pendant laquelle les maxima dépassent 28° dure cinq mois (Juin-Octobre). L'évaporation est très importante dans la région, elle est estimée à 3017 mm /an.

### **I.3 Cadre géologique :**

Le bassin de Guelmim est structuré en synclinal, centré sur le Jbel Tayert (Fig.3et Fig5), couronné par les barres quartzitiques de l'Acadien terminal. Les terrains de remplissage de part et d'autre de ces reliefs sont constitués par des dépôts de couverture plio-quadernaire surmontant les schistes acadiens du substratum (Nacer 2006).

Les bordures de la plaine sont constituées par des terrains plus anciens qui correspondent à des cœurs d'anticlinaux qui font remonter le Précambrien du côté des boutonnières d'El Kerdous au NE et d'Ifni au NO et au niveau des Jbel Taïssa et Guir au SO. Au SE affleurent des terrains plus récents datés de l'Ordovicien, correspondant au flanc SE de l'anticlinal, dont le cœur serait situé dans l'axe de Jbel Taïssa (Fig.4).

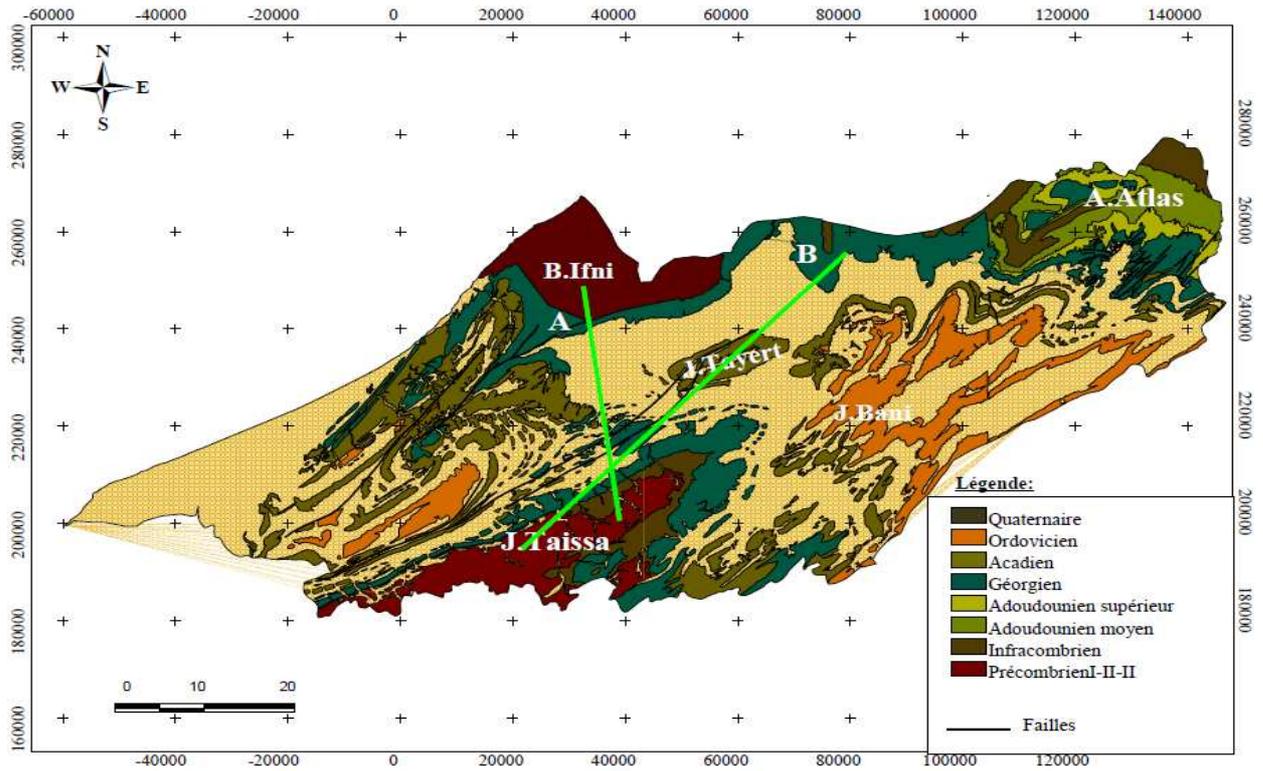


Figure 3 : Géologie du bassin de Guelmim (extraits des : cartes géologiques de Foug El Hassan-Assa et Guelmim-Draa inférieure à 1/200 000, CHOUBERT et al ; 1952)

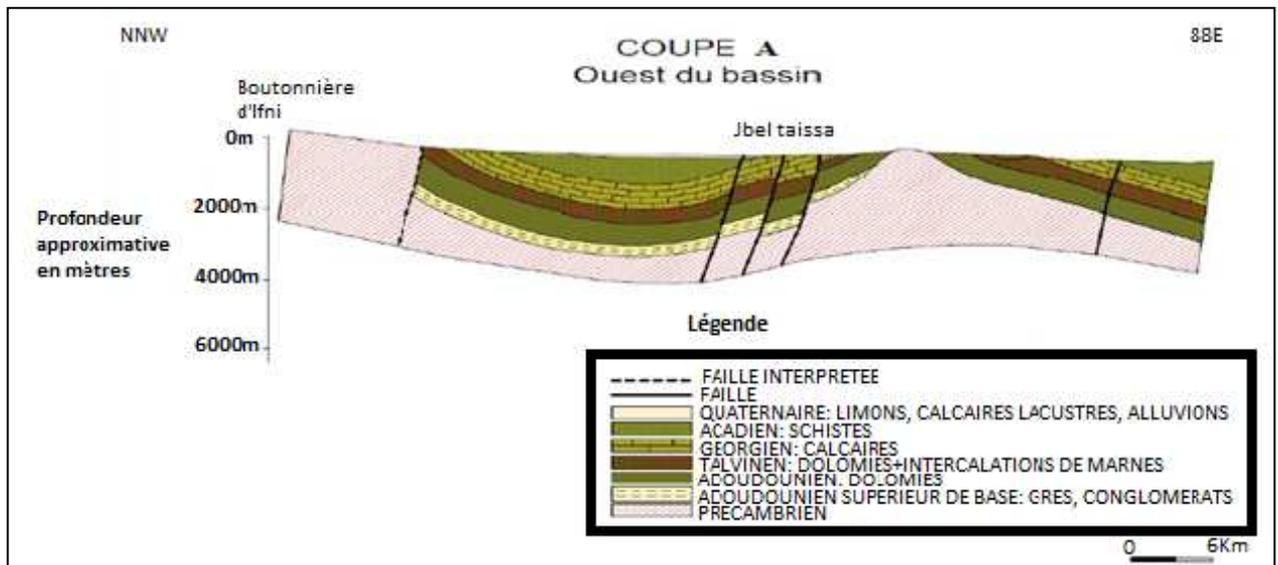


Figure 4 : Coupe géologique à l'ouest de la zone d'étude (ABHSM 2010)

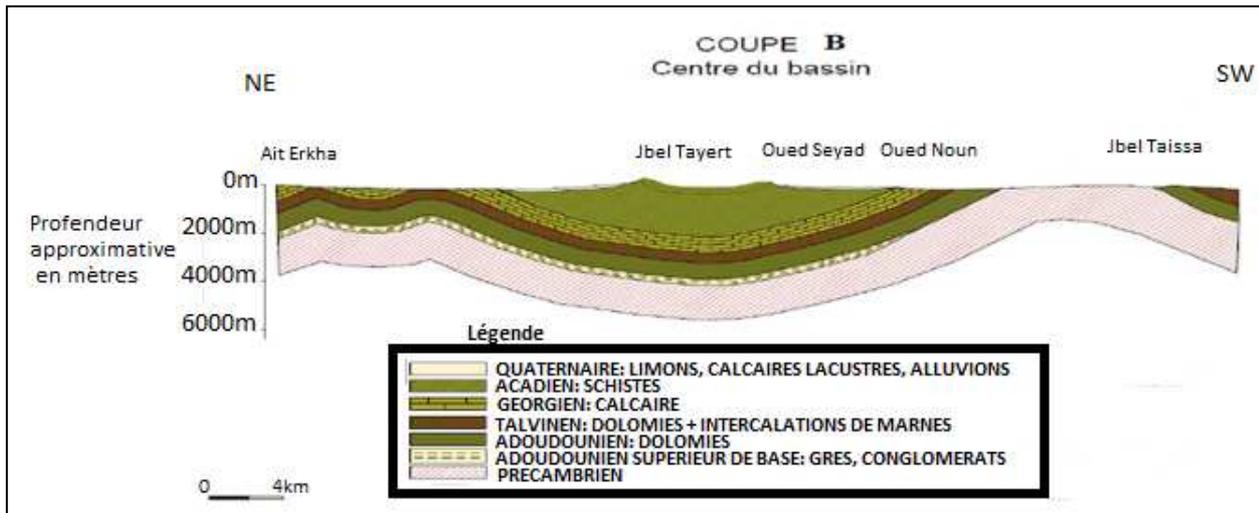


Figure 5 : Coupe géologique au centre du la zone d'étude (Agence du Sud, 2006).

Les dépôts plio-quadernaires, essentiellement mis en évidence par les forages profonds, peuvent atteindre des centaines de mètres de puissance. La variabilité latérale et verticale des faciès est une caractéristique majeure des formations, ce qui se répercute directement sur les écoulements souterrains.

#### I.4 Erosion, désertification et ensablement :

La topographie du bassin de Guelmim, par endroits relativement accidentée, la diversité lithologique, les climats semi-arides et variables, la proximité du désert et les vents forts, la faible densité de la couverture végétale tous ces facteurs rendent cette région très sensible à l'érosion et à la désertification. La démographie et les transformations agricoles aggravent la situation en amenuisant les ressources naturelles, telle la végétation naturelle et l'eau. Dans l'unité de Guelmim, on rencontre un phénomène d'érosion hydrique, lié à la dynamique de l'eau dans les différents faciès, et également de l'érosion éolienne.

La désertification menace d'ensablement une grande partie du territoire agricole et particulièrement les communes de Laksabi, Fask et Asrir. La lutte contre ce phénomène de désertification constitue l'une des priorités de l'aménagement de la région : elle est l'une des préoccupations mises en évidence par le Schéma Régional d'Aménagement du Territoire (SRAT) de la région de Guelmim Es-Smara.

Soulignons enfin, le fait que le phénomène d'ensablement peut également être causé par l'érosion de type éolien, c'est-à-dire à cause de vents violents combinés à des périodes de forte Sécheresse. L'érosion éolienne menace non seulement les espaces limitrophes de la côte, mais également les terres intérieures du bassin de Guelmim.

## **I.5 Activités économiques :**

Le secteur primaire est le pilier de l'économie de la région. Il comprend trois domaines essentiels : l'agriculture, l'élevage et la production minière. Des efforts considérables ont été déployés pour le développement de ce secteur surtout au niveau de l'agriculture et de l'élevage.

### **I.5.1 Agriculture :**

Le secteur agricole représente la principale activité économique dans la province dans la mesure où il emploie une partie importante de la population. Toutefois, malgré d'énormes potentialités dont jouit ce secteur, telles que la fertilité des sols, la possibilité d'irrigation par les centres pivots et surtout l'introduction des techniques modernes, il demeure marqué par la domination des petites exploitations qui utilisent des instruments de travail rudimentaires. La superficie agricole utile est de l'ordre de 100.000 ha, soit 9 % de la superficie de la province. La partie irriguée compte 5000 ha.

Parallèlement à l'irrigation à partir des eaux souterraines, l'irrigation par épandage des eaux de crue constitue l'une des principales composantes de l'agriculture de la région de Guelmim. Plusieurs seuils sont construits sur les cours d'eau et permettent de dévier l'eau des crues vers les terrains de cultures.

### **I.5.2 Élevage :**

Le territoire de la région offre d'immenses terrains de parcours et, de ce fait, l'élevage est l'un des secteurs d'activité reconnus traditionnellement aux habitants de la zone. L'élevage dominant est de type extensif et transhumant, au vu des conditions climatiques et de l'immensité des parcours. Les caprins et ovins, forment l'ossature des troupeaux des éleveurs de la province dont la structure laisse apparaître la dominance des éleveurs propriétaires de bétail de petite taille. Les effectifs des ovins et des caprins représentent respectivement 0.5% et 2.2% des effectifs au

niveau national (camelins : 6.000 têtes, caprins : 82.000, ovins : 72.000, bovins : 3.500, ruches modernes : 2.500 unités et ruches traditionnelles : 6.400 unités).

### **I.5.3 Activités minières :**

Le territoire de la zone de Guelmim appartient au domaine structural de l'Anti-Atlas aux confins Sahariens. Les ressources minières de la région couvrent des gisements d'argile à Taghjijt ; des gisements de Zircon et de titane ont été découverts récemment dans la Plage blanche de la province de Guelmim. Les argiles de Taghjijt comptent un potentiel de l'ordre de 4,2 millions de tonnes. La Région offre des possibilités de mise en évidence d'autres gisements. Le Zircon est principalement localisé à Bouissaffen à 60 km à l'ouest de Guelmim sous forme de concentrations alluvionnaires des minéraux lourds dans les sables de plage (50 millions de tonnes à 4,5 %).

## **II. RESSOURCES HYDRIQUES DANS LA REGION :**

### **II.1 Ressources en eau de surface :**

Le réseau hydrographique de la zone d'étude est constitué de 5 principaux oueds (Fig.6) :

**-L'oued Seyyad** : il prend naissance à 1200 m d'altitude sur les versants de l'Anti-Atlas, il coule dans la direction Est-Ouest sur 152 km et reçoit de nombreux affluents, surtout de sa rive droite dont les plus importants sont : Kelmt, Tanzirt, Taouimarht, Ifrane, Ben Rhezrou et Oum El Achar ;

**-L'oued Assaka** : il franchit les reliefs côtiers par une gorge et rassemble les crues résiduelles de ce bassin complexe et d'un bassin complémentaire de 410 km<sup>2</sup> après leur épandage dans la plaine ;

**-L'oued Oum El Achar** : il prend naissance dans le massif des Akassas, sa longueur est de 94 Km et la superficie de son bassin est de 560 km<sup>2</sup>. Il draine le versant Sud du Massif des Akhssas. Ses principaux affluents sont situés en plaine ;

**-L'oued Bouissaffen** : il mesure 82 km de long et son bassin versant totalise 1964 km<sup>2</sup>. Ses affluents sont les oueds Tibharine et Ma'der Chali. Les lits des cours d'eau sont peu marqués, ce qui favorise l'épandage naturel des crues ;

**-L'oued Aouiroera** : de 56 Km de longueur, draine le sous bassin occupant l'extrémité Nord-Ouest de la zone d'étude et s'étalant sur une superficie de 1 036 Km<sup>2</sup>. Ses principaux affluents sont les oueds Boumalih, Sehb et Rouâja (Tab.3).

Tableau 3 : Caractéristiques morphologiques des sous bassin hydrographiques (PDAIRE 2010).

Nom du sous bassin	Oued	Superficie (km <sup>2</sup> )	Périmètre (km)	Indice de Gravelius	Longueur équivalente	Largeur équivalente	Longueur cours d'eau
Taghijit	Oued Seyyad	1400	223	2	98	25	174
Ifrane	Oued Seyyad	959	227	2	105	17	45
Bouizakarne	Oued Wizagane	201	68	1	27	12	21
Oum El Achà	Oued Oum El Achà	560	163	2	74	14	94
Assaka	Seyyad	3800	585	3	281	26	87
Aoureora	Oued Aoureora	1036	235	2	109	17	56
Bouissafene	Bouissafene	1964	268	2	119	29	82
cotier sud	-	116	72	2	33	6	-
cotier nord	-	205	109	2	51	7	-

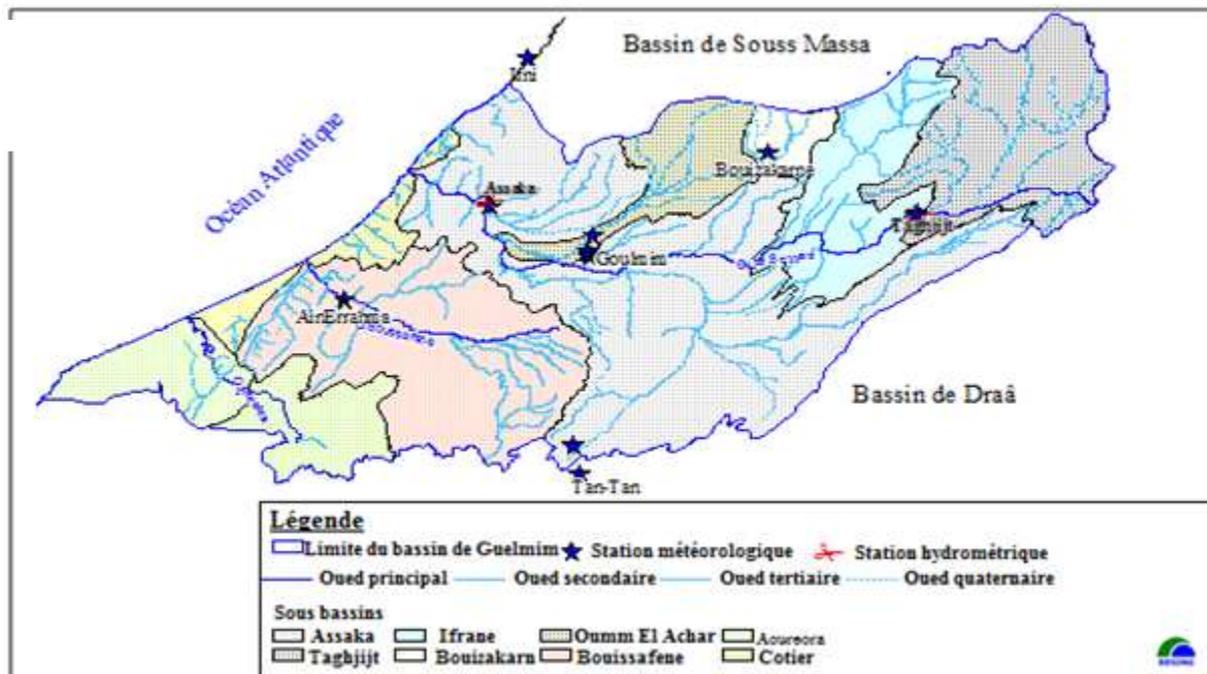


Figure 6 : Réseau hydrographique, sous bassins hydrologiques et stations (RESING 2008).

Le territoire dispose de 9 stations pluviométriques, 4 stations météorologiques et 2 stations hydrométriques réparties sur le bassin (Fig6).

Les apports moyens actualisés sont alors de 57 Mm<sup>3</sup>/an dont 50 Mm<sup>3</sup>/an pour le bassin de l'oued Seyyad et 7 Mm<sup>3</sup>/an pour les bassins méridionaux de Bouissaffen et Aouiroera. Les écarts par rapport à l'évaluation 2006 (SAIRE) s'étant adressée aux mêmes bassins hydrologiques sont minimes, (tableau 4).

Tableau 4 : Apports moyens d'eau de surface (PDAIRE, 2010).

Bassins partiels	Superficies (km <sup>2</sup> )	Apports moyens SAIRE 2006 (Mm <sup>3</sup> )	Apports moyens ABHSMD 2009 (Mm <sup>3</sup> )
Oued Seyyad jusqu'à Taghjijt	1400	10	9
De Tarhjijt à Fask	1060	11	9
De Fask à Guelmim	460	5	2
Bassin Assaka	6537	36	30
<b>Total bassin du Seyyad</b>		<b>62</b>	<b>50</b>
Bouissafen	1964	7	5
Aoureora	1036	3	2
<b>Total</b>		<b>72</b>	<b>57</b>

## II.2 RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINES :

Trois types d'aquifères renferment les ressources en eau souterraine du bassin (Fig.7) :

- L'aquifère de la nappe phréatique de la plaine de Guelmim, circulant dans le remplissage plio-quaternaire au centre du bassin, autour du Jbel Tayert ;
- Les nappes alluviales d'étendue limitée longeant les principales vallées, notamment dans la partie montagnaise au NE du bassin ;
- Les aquifères profonds de l'Adoudounien et du Géorgien qui circulent dans des formations calcaires dolomitiques. Ils affleurent au niveau de l'Anti Atlas au nord et au niveau de Jbel Taïssa au Sud.

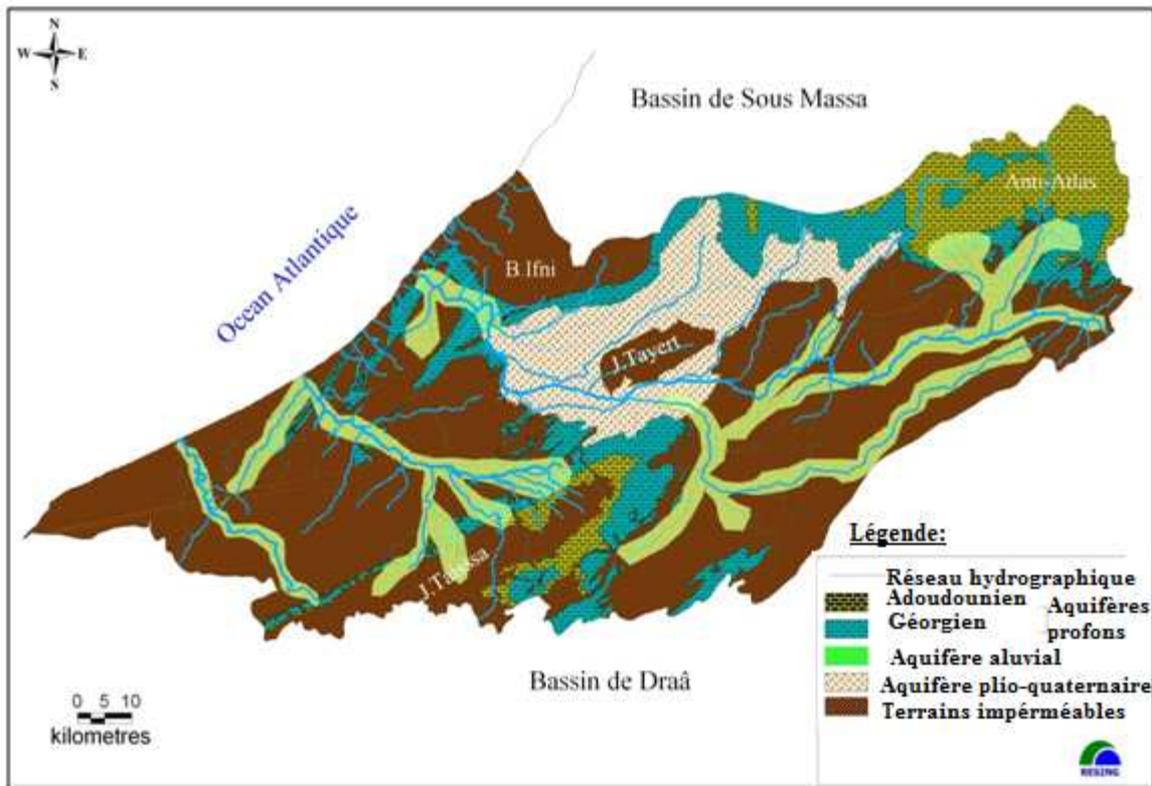


Figure 7 : Nappes d'eau souterraine inventoriées de la zone (PDAIRE, 2010).

### II.2.1. Nappe phréatique de la plaine de Guelmim :

L'aquifère plio-quaternaire est contenu dans le bassin hydrogéologique de Guelmim, qui occupe la partie centrale du bassin versant de l'oued Assaka. Il s'étend sur une superficie d'environ 1 000 km<sup>2</sup> entre les limites suivantes :

- Les affleurements des formations géorgiennes (calcaires supérieurs et schisto-calcaire) au nord et au nord-est;
- Les affleurements des schistes et grès acadiens à l'ouest, constituant le Jbel Ait Lahcen;
- Les affleurements des calcaires dolomitiques de l'Adoudounien au sud, au niveau des Jbel Taïssa;
- Les affleurements quartzitiques (de l'Ordovicien) du Banni plissé au sud-est.

Le bassin est percé dans sa partie centrale par le jbel Tayert qui est constitué essentiellement par les affleurements acadiens (schistes et grès).

### II.1.2. Lithologie de l'aquifère Plio-quaternaire saturé :

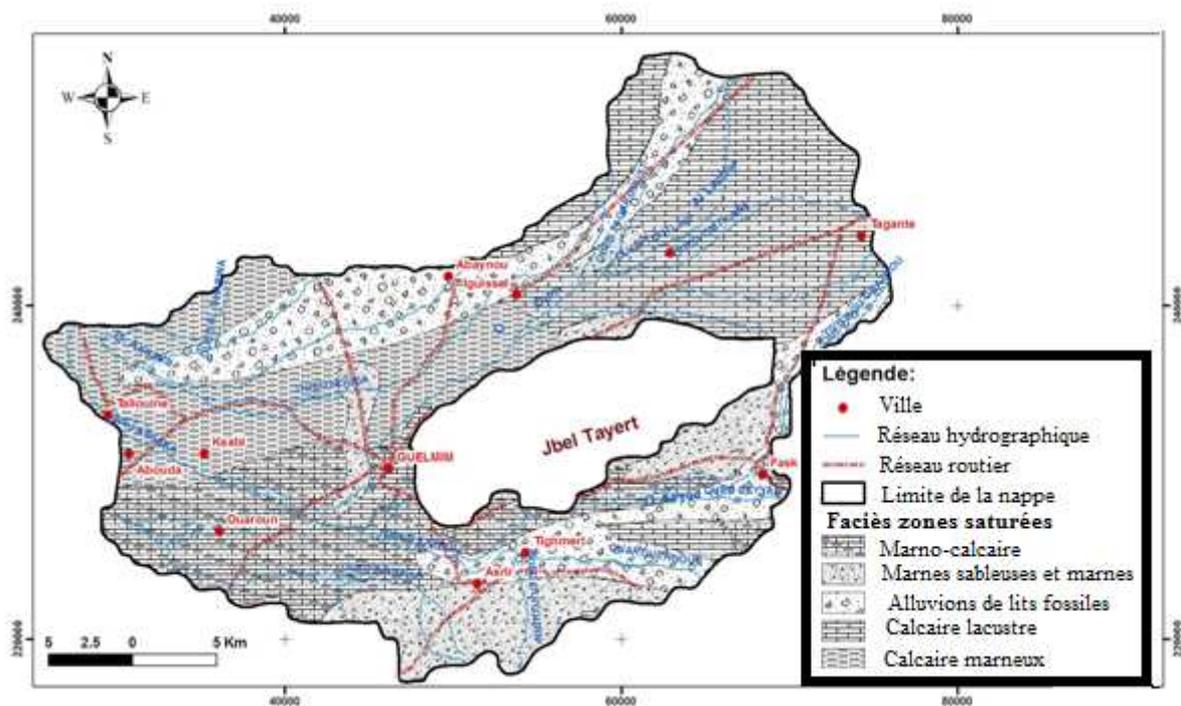
La carte des faciès de la zone saturée, montre que les eaux de la nappe phréatique circulent dans les faciès lithologiques qui sont constitués essentiellement par (Fig.8) :

-des calcaires lacustres au Nord et au Nord-est entre Iguissel et Timoulay. Ces calcaires se présentent sous forme de bancs durs se chargeant en travertins au voisinage des calcaires cambriens le long de la bordure nord du bassin. La présence de ces travertins témoigne d'une alimentation de la nappe par les calcaires du Géorgien. Les calcaires lacustres sont le siège d'une circulation karstique ;

-des calcaires marneux au Nord de Guelmim ;

-des marnes sableuses et des marno-calcaires dans la partie sud du bassin le long des vallées des oueds Seyyad et Ouerq Noun, ainsi que celles de leurs affluents ;

-des alluvions plus ou moins grossières dans les principales vallées des oueds du bassin.



**Figure 8 : Faciès lithologiques de la zone saturée de la nappe de Guelmim (Nehmadou, 2011).**

Le substratum de la nappe est attribué, en grande partie, aux schistes acadiens. Les forages de reconnaissance qui ont atteint le substratum résistant montrent que ce dernier est d'âge Géorgien dans la zone d'Andja (schisto-calcaires et schistes gréseux) et Acadien (schisteux) partout ailleurs sous la plaine de Guelmim. Le substratum affleurant sur les bordures s'enfoncé progressivement sous la plaine, suivant le tracé de l'oued Oum El Achaar.

### II.2.1.2. Epaisseur de la nappe :

La puissance de la couverture plio-quaternaire varie entre environ 10 m et plus de 50 m, avec une épaisseur moyenne d'environ 40 m. Les zones de fortes épaisseurs sont situées au nord de Jbel Tayert (dans l'axe compris entre Guelmim au Sw et Tagant au NE) et le long des bordures nord et sud du bassin. Les secteurs ouest (Timoulay), nord-ouest (Andja) et sud-ouest (Ksabi) sont le siège des plus faibles épaisseurs moins que 30 m en général (Fig.8), résultat de la remontée du substratum schisteux acadien et géorgien dans ces secteurs (Nehmadou2011).

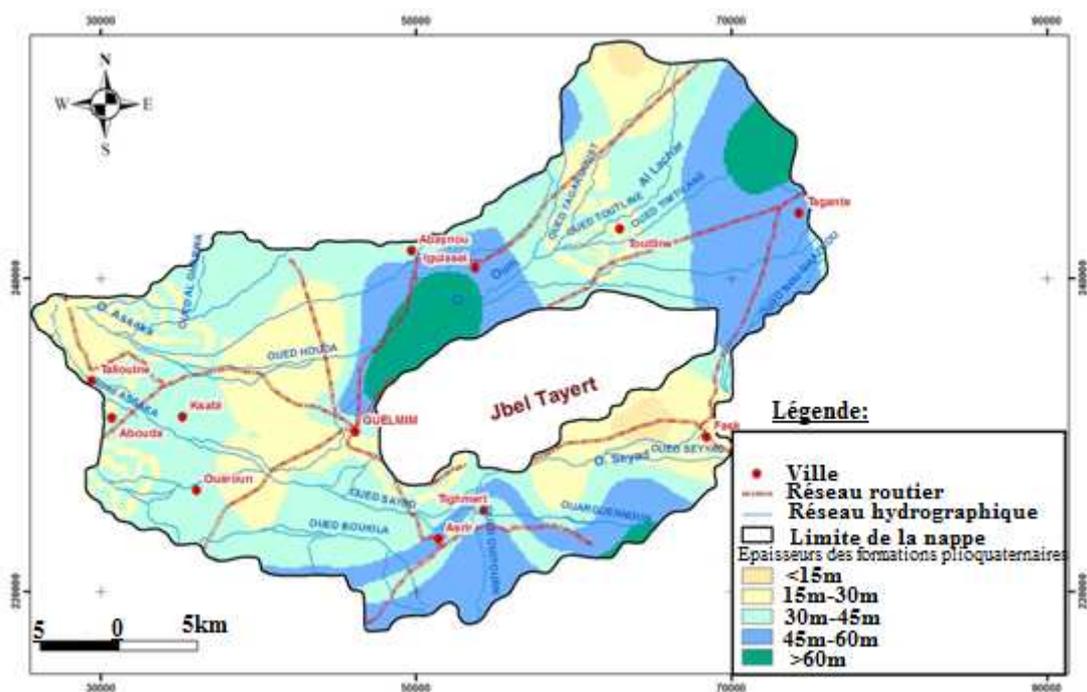


Figure 9: Epaisseurs des formations Plio-quaternaire (Nehmadou 2011).

### **II.2.1.3. Piézométrie et écoulement :**

La nappe s'écoule des reliefs de l'Anti-Atlas au Nord et au Nord-Est vers son exutoire à l'ouest, au droit de l'oued Assaka. Des axes de drainage des écoulements souterrains sont mis en évidence au centre de la nappe, au niveau du cours moyen de l'oued Oum El Achaar (à proximité d'Iguissel) et à l'est d'Asrir. Ces axes constituent des zones d'écoulement privilégié de la nappe.

L'allure des iso pièzes (parallèle aux limites) montre que l'alimentation principale de la nappe se fait au niveau de la bordure nord-est du bassin, entre Andja et Timoulay. Cette zone est caractérisée par le contact direct (abouchement, suite à l'érosion des formations schisteuses de l'Acadien) entre les calcaires aquifères fracturés du Géorgien et le remplissage plio-quadernaire.

Les autres limites de la nappe (à l'exception de celle située à l'ouest) sont caractérisées par des iso pièzes perpendiculaires aux bordures du bassin, matérialisant des limites à flux nul (étanches).

A proximité d'Abaynou, au Nord du bassin, les iso pièzes deviennent légèrement obliques au niveau du contact avec les calcaires du Géorgien, avec des lignes de courant orientées vers l'intérieur du bassin, matérialisant une alimentation de la nappe à cet endroit, probablement à travers une faille profonde, affectant les calcaires et les dolomies de l'Adoudounien et remontant jusqu'à la surface (Fig.10).

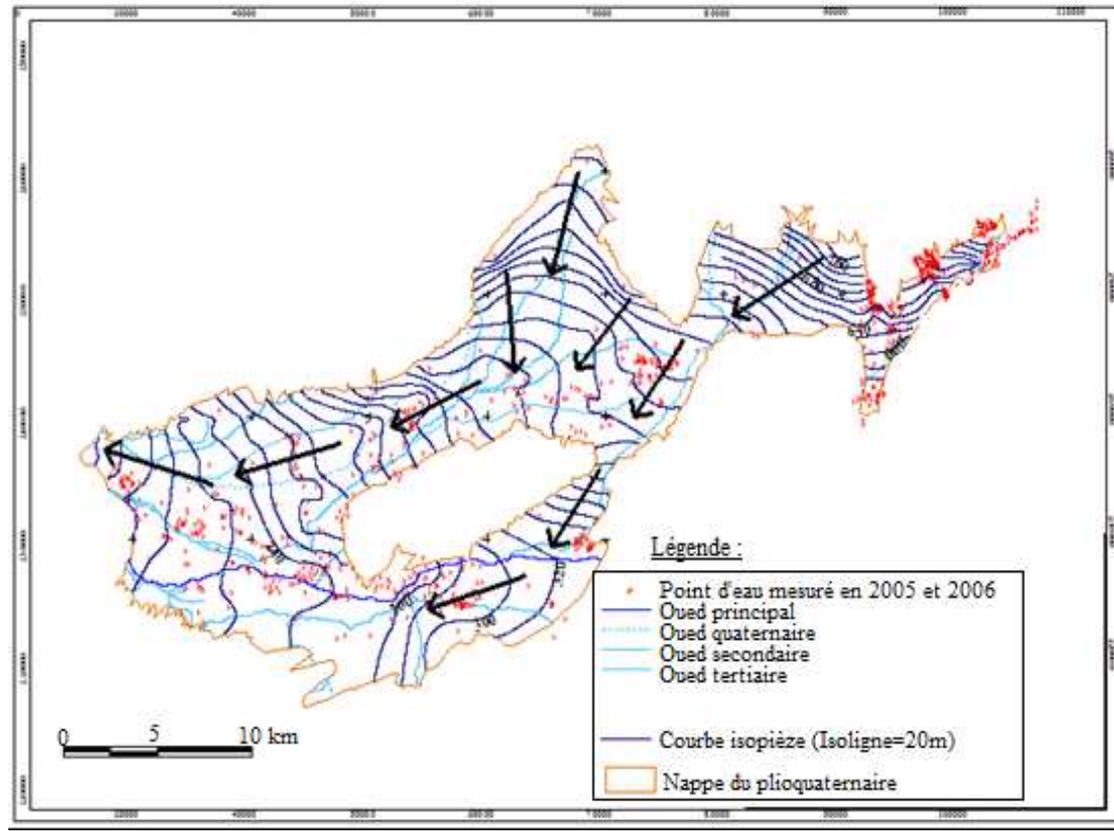


Figure10 : Piézométrie de la nappe phréatique de Guelmim (juillet 2005, SAIRE 2006)

#### II-2-1-4. Profondeurs :

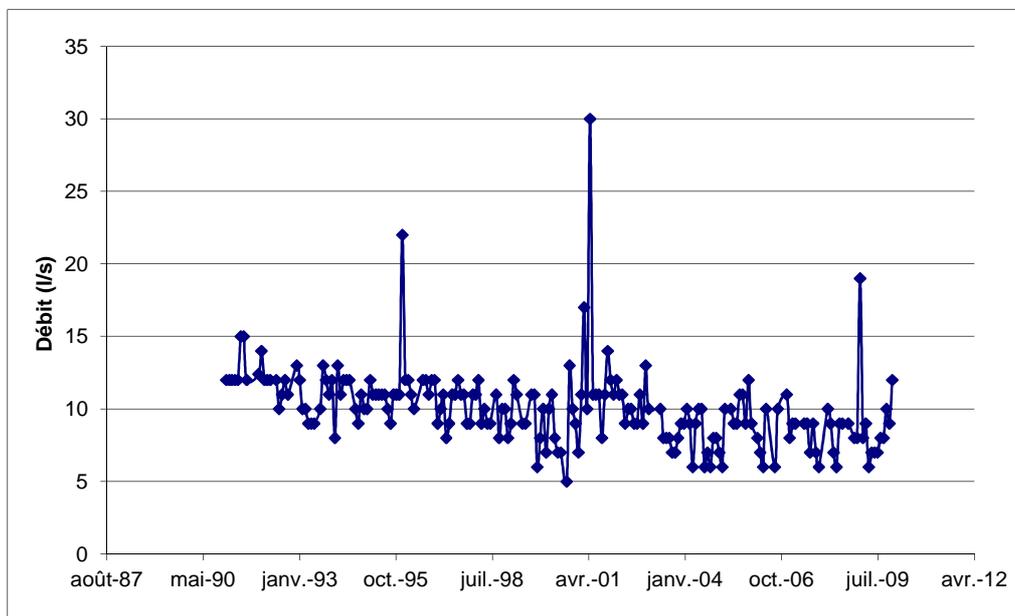
La bathymétrie de la nappe, tracée à partir des résultats de la campagne piézométrique de juillet 2005 (DRPE), révèle que dans une grande partie de la plaine, la profondeur de la nappe se situe entre 10 et 40 mètres. La profondeur du plan d'eau diminue du Nord-Est vers le sud-ouest (parallèlement aux cours des principaux oueds) et des bordures (Nord et Sud) vers le centre de la plaine. Le plan d'eau est le moins profond dans la partie ouest du bassin et dans son extrémité Nord-Est, vers Timoulay.

## II-2-2-Les nappes profondes :

### II-2-2-1.Aquifère Adoudounien :

La nappe adoudounienne circule dans des formations carbonatées constituées essentiellement des calcaires dolomitiques et dolomies résultant de la transgression marine de l'Infracambrien ayant couvert tout l'Anti-Atlas occidental et une partie de l'Anti-Atlas central. L'épaisseur de ces formations est très importante, dépassant les 1 000 m par endroits. Elles affleurent dans le plateau de l'Akhsas au nord du bassin et dans le Jbel Guir Taïssa au sud.

Cette nappe est surmontée par une formation schisto-calcaire (série « Lie de Vin »), résultant de la régression marine, constituant son toit. L'eau circule dans des fissures et fractures affectant les calcaires et dolomies, notamment dans la région de Lakhsass. La source thermique d'Abaynou est une manifestation de cette nappe adoudounienne au niveau de la limite nord du bassin de Guelmim. Les eaux de cette source ont une température de 45 ° C. Son origine est profonde et apparaît probablement au niveau d'une faille affectant les calcaires géorgiens à l'W de Ouggoug. Cette source serait un des exutoires naturels de cette nappe. En voici le suivi actualisé (Fig.11) :



**Figure 11 : Historique actualisé des débits de la source thermique Abaynou (ABHSMD 2010).**

### II-2-2-2-Aquifère Géorgien :

Cette nappe circule dans les calcaires et dolomies du Cambrien inférieur, d'une épaisseur dépassant les 500 m (Agoussine, 1991), qui témoigne une nouvelle transgression marine (Fig.12).

Les formations de la nappe géorgienne affleurent sur une grande étendue de l'Anti-Atlas occidental (reliefs de Lakhssas, Ait Erkha et d'Ifrane) au Nord du bassin de Guelmim et dans le massif du Bas-Drâa (Jbels Guir et Taïssa).

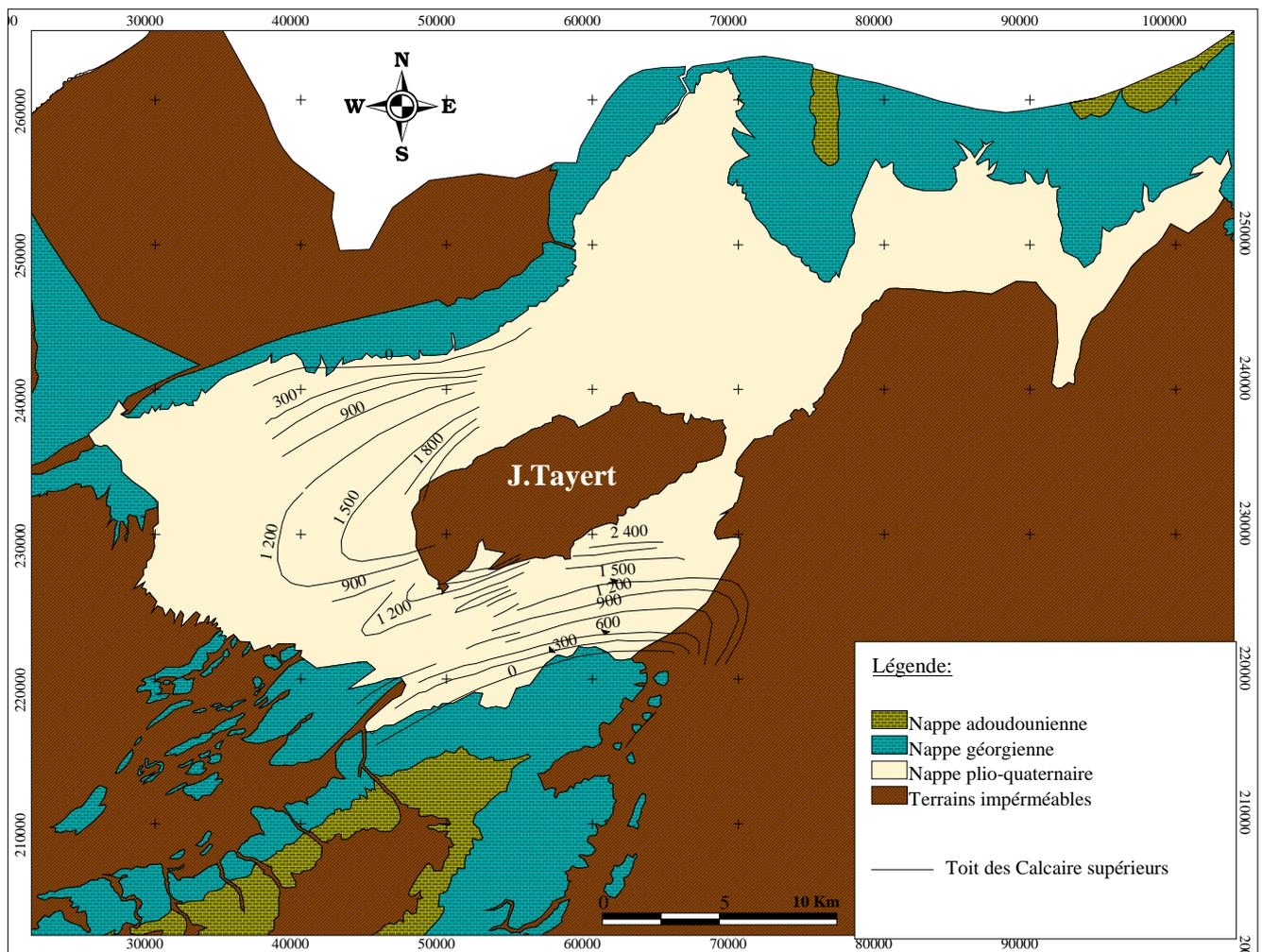


Figure 12 : Le toit des calcaires d'âge Cambrien (PDAIR, 2010).

Au niveau de la plaine de Guelmim, la nappe des calcaires du Géorgien se manifeste à travers des sources situées au niveau des bordures nord et nord-est (sources Timoulay et Iguissel au N-E). Dans ces secteurs, les formations aquifères sont en contact direct avec la couverture plio-quadernaire, siège de la nappe phréatique.

### **II.2.3 Les nappes alluviales :**

Situées dans la partie montagneuse du bassin de Guelmim, ces nappes linéaires d'extension limitée se développent au niveau des formations fissurées sous les lits des cours d'eau. Ces nappes sont captées par environ 257 points d'eau dont 236 sondages, 12 forages, 6 sources et 3 puits.

Les productivités des points d'eau inventoriés varient entre 0.5 l/s et 35 l/s. La majorité des ouvrages ont des débits inférieurs à 10 l/s.

La qualité des eaux de ces nappes est variable. Dans la partie Est et Sud du bassin, les eaux sont généralement de qualité bonne à moyenne. En allant vers l'ouest et le sud-ouest, l'eau devient de qualité moyenne à mauvaise. Dans la partie avale du bassin d'Aouiroera, les eaux sont de bonne qualité.

## **II.3 RESSOURCES EN EAU NON CONVENTIONNELLES :**

Trois ressources potentielles d'eau non conventionnelles ont été mises en évidence, à savoir :

- **Eaux usées:** Il s'agit principalement des eaux usées de la ville de Guelmim et du centre de Taghijit ainsi que d'autres centres ruraux importants. Le potentiel envisageable pourrait se rapprocher des 6 Mm<sup>3</sup>/an à l'horizon du Plan ;
- **Eau de mer dessalée:** Cette ressource est d'une grande qualité et son utilisation pourrait être envisagée pour l'AEP de la ville Tan-Tan, ce qui permettrait d'envisager l'option de renforcement de l'AEP de Guelmim par la restitution de la dotation de 1.4 Mm<sup>3</sup> transférés actuellement vers la ville de Tan-Tan à partir de la nappe de Guelmim ;
- **Eau saumâtre déminéralisée:** Cette ressource est aussi de bonne qualité et peut contribuer à l'approvisionnement en eau potable et industrielle ou l'irrigation agricole dans certains contextes.

### III. MESURES ET ANALYSES REALISEES :

Afin de déterminer la qualité des eaux brutes de l'unité de Guelmim, l'Agence du Bassin Hydraulique du Souss Massa Draa (ABHSMD) et en sous-traitance par le laboratoire privé CEDARS MAROC, ont procédé à la réalisation d'une campagne d'échantillonnages des mesures *in situ* et d'analyses au laboratoire, pour contrôler la qualité de ces eaux avant le traitement.

Cette campagne concerne les réseaux de suivi et de surveillance des eaux de surface (15 points) ainsi que 16 points concernant les eaux souterraines. Pour ce but, il est nécessaire d'effectuer des analyses qui révèlent la présence de gaz, de matières minérales et de matières organiques en suspension ou en solution et éventuellement des micro-organismes.

Au niveau des eaux de surface : Les échantillons sont soumis à une série d'analyses qui permettent d'apprécier la qualité de l'eau brute. Les paramètres concernés par les mesures sont : les matières en suspension (MES), la demande biochimique en oxygène ( $DBO_5$ ), la demande chimique en oxygène (DCO), l'azote ammoniacal ( $NH_4^+$ ), le phosphore total (PT), les coliformes fécaux (CF), les coliformes totaux (CT), les streptocoques fécaux (SF).

Au niveau des eaux souterraines : Les paramètres analysés au laboratoire sont : les matières en suspension (MES), les nitrates ( $NO_3^-$ ), les nitrites ( $NO_2^-$ ), les matières organiques oxydables (MO), les chlorures ( $Cl^-$ ), les Carbonates ( $HCO_3^-$ ), les sulfates ( $SO_4^{2-}$ ), le Calcium ( $Ca^{2+}$ ), le magnésium ( $Mg^{2+}$ ), le sodium ( $Na^+$ ), le potassium ( $K^+$ ), le fer total (Fe), le manganèse ( $Mn^{2+}$ ), les coliformes fécaux (CF), les coliformes totaux (CT), les streptocoques fécaux (SF).

#### III.1 Mesures *in situ* :

Un certain nombre de paramètres physicochimiques de l'eau ne peuvent être mesurés que sur terrain car les valeurs peuvent évoluer très rapidement dans les échantillons prélevés. Ce sont principalement: le pH, la température, la conductivité électrique, la turbidité et l'Oxygène dissous.

### **III.1.1 Température :**

La température de l'eau est l'exemple même du paramètre qui évolue très vite après le prélèvement, elle joue un rôle important dans la solubilité et la dissolution des sels dissous, dans la solubilité des gaz, sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH. Ce paramètre important pour obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau, varie d'une station à l'autre. Ceci revient aux variations de la température de l'atmosphère ainsi que le déplacement des hautes vers les basses altitudes.

### **III.1.2 Potentiel d'Hydrogène (pH):**

Le potentiel hydrogène varie de 0 à 14 en solution aqueuse. Il permet de déterminer si une eau est acide ( $0 < \text{pH} < 7$ ) ou basique ( $7 < \text{pH} < 14$ ). Il dépend de la quantité de protons en solution. Un pH égal à 7 est dit neutre. Le pH de la plupart des sources d'eau brute est compris entre 6,5 et 8,5.

La mesure du pH s'effectue sur les prélèvements d'eau, à l'aide d'un pH-mètre, vérifié et étalonné avec au moins deux solutions étalons (7 et 4 suivant la gamme de mesure à réaliser). Dans l'eau pure, lorsque la température augmente de  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , le pH diminue d'environ 0,45. Dans les eaux ayant un pouvoir tampon dû aux ions bicarbonates, carbonates et hydroxydes, l'effet de la température est modifié.

### **III.1.3 Turbidité :**

La turbidité désigne la teneur d'un liquide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau elle est généralement causée par des particules colloïdales qui absorbent, diffusent et/ou réfléchissent la lumière. Elle est mesurée par différentes méthodes de photométrie des milieux troubles comme la néphélométrie, l'opacimétrie et la turbidimétrie. Elle est exprimée en UTN (Unité de Turbidité Néphélométrique). L'étalonnage se fait à l'aide de témoins solides.

### **III.1.4 Conductivité électrique:**

La conductivité électrique de l'eau, c'est-à-dire sa capacité à transporter le courant électrique, dépendant des substances dissoutes qu'elle contient, sa mesure permet d'évaluer la quantité totale de solides dissous dans l'eau. Sa variation permet de suivre l'évolution d'une pollution chimique. Il permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement.

Si l'on ne se préoccupe pas de la nature chimique des substances dissoutes, la quantité de substances dissoutes (en parties par million) peut être obtenue en multipliant la valeur de la conductivité par un facteur égal à 0.67 pour les cours d'eau.

### **III.1.5 Oxygène dissous :**

L'oxygène dissous est la quantité d'oxygène présent en solution dans l'eau à une température donnée. La teneur en Oxygène moléculaire dissous est un paramètre important qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau varie en fonction de la température de l'eau et de la pression atmosphérique. A 20 °C, la solubilité de l'oxygène est de 9 mg/l dans l'eau douce et de 7,4 mg/l dans de l'eau salée à 35 ‰. Ce sont les processus biologiques qui ont généralement une influence prépondérante sur les concentrations en oxygène dans l'eau.

## **III.2 Analyses physico-chimiques:**

La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par onze ions appelés couramment les ions majeurs. On distingue parmi ceux-ci les anions (calcium, magnésium, sodium, potassium et l'ammonium) et les cations (chlorure, sulfate, nitrate, nitrite, carbonate et bicarbonate).

### **III.2.1 Titre hydrométrique TH :**

Le titre hydrométrique (TH), ou dureté de l'eau, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium (ions alcalino-terreux).

#### **Principe :**

Titration complexométrique molaire des ions calcium et magnésium avec une solution disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à pH 10. Le noir ériochrome T(NET), qui donne une couleur rose foncée ou violette en présence des ions calcium et magnésium, et utilisé comme indicateur.

#### **Expressions des résultats :**

$$TH = N \cdot T_B \cdot 1000 / P_E$$

Avec :

N : la normalité de la solution EDTA

T<sub>B</sub> : volume de point d'équivalence en ml

P<sub>E</sub> : prise d'essai en ml

### **III.2.2 Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet :**

L'alcalinité d'une eau se définit comme sa capacité à réagir avec un acide. L'alcalinité est due principalement à la présence des ions carbonates, bicarbonates et hydroxydes. La mesure de l'alcalinité totale est augmentée par des apports d'origine urbaine (phosphates, ammoniac, matières organiques) ou industrielle (apports de produits basiques ou acides). L'Alcalinité complète d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates.

#### **Définition :**

T.A : Le titre alcalimétrique ou T.A correspond à la neutralisation des ions hydroxydes et à la transformation des ions carbonates en hydrogénocarbonates par un acide fort.



T.A.C : Le titre alcalimétrique complet ou T.A.C. correspond à la neutralisation par acide fort des ions hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates.



#### **Principe :**

L'échantillon est titré à l'aide d'une solution acide étalonnée à des valeurs fixes en présence d'indicateur coloré de PH spécifiques (Phénolphthaléine, Méthylorange) de points de virage de 8,3 et 4,5. Les points de virage, qui sont déterminés visuellement, sont les points d'équivalence sélectionnés pour les déterminations des trois composants principaux : hydrogénocarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), carbonate (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) et hydroxyde (OH<sup>-</sup>). Le point de virage pH 8,3 s'approche par approximation des concentrations équivalentes de carbonates et dioxyde de carbone et représente le titrage d'environ tout l'hydroxyde et de la moitié de carbonate présent.

$$\text{Soit alcalinité composite : } [\text{OH}^-] + 1/2[\text{CO}_3^{2-}] = \text{TA}$$

Le point de virage pH 4,5 s'approche par approximation du point d'équivalence pour les ions hydrogène et hydrogénocarbonate et permet la détermination de l'alcalinité totale de l'échantillon.

$$\text{Soit alcalinité totale : } [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] = \text{TAC}$$

**Expression des résultats :**

$$TA = TAC = \frac{V \times N \times 1000}{V_E}$$

V : volume de titrage H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

N : normalité de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,1 N)

V<sub>E</sub> : volume de la prise d'essai.

Le résultat peut être exprimé en degré français (°F).

### **III.2.3 Ion calcium Ca<sup>2+</sup>:**

Toutes les eaux de sources, souterraines et superficielles naturelles, contiennent, suivant la roche avec laquelle elles ont été en contact, des sels de calcium en solution. Ils représentent généralement une part considérable du titre hydrotimétrique. Pour déterminer la concentration de l'ion Ca<sup>2+</sup> dans une eau en utilise une réaction de complexation à l'aide de l'ion éthylène-diamine-tétra-acétate (E.D.T.A.).

**Principe :**

La mesure est un dosage volumétrique par un réactif titrant complexant, l'EDTA (sel tétra sodique de l'acide éthylène diamine tétra-acétique).

L'EDTA a la propriété de se combiner avec les ions (calcium) pour former des composés solubles.

La fin du dosage est décelée par la couleur bleue de l'indicateur coloré (calcon), étant violet tant que les ions magnésium restent à l'état libre en solution.

**Expressions des résultats :**

Au point de virage lorsque l'équivalence est atteint :

$$[\text{Ca}^{2+}] = N \cdot T_B \cdot 1000 / P_E$$

N : La normalité de solution EDTA

T<sub>B</sub> : volume de point d'équivalence en ml

P<sub>E</sub>: prise d'essai en ml

**III.2.4 Ion de magnésium Mg<sup>2+</sup> :**

La plupart des eaux naturelles contiennent généralement en petites quantités, du magnésium provenant le plus souvent des rochés dolomitiques.

**Expressions des résultats :**

La concentration en ion Mg<sup>2+</sup> de se détermine par calcul selon l'expression suivante :

$$[\text{Mg}^{2+}] = \text{TH} - [\text{Ca}^{2+}] \text{ en meq / l}$$

**III.2.5 Chlorure:****Principe:**

Les chlorures sont dosées, en milieu acide par du nitrate mercurique en présence d'un indicateur de pH à base diphenylcarbazone et de bleu de bromophénole.

**Expressions des résultats :**

$$[\text{Cl}^-] = N \cdot T_B \cdot 1000 / P_E$$

Avec:

N : la normalité de nitrate mercurique

T<sub>B</sub> : volume de point d'équivalence en ml

P<sub>E</sub> : prise d'essai en ml

### **III.2.6 Sulfates :**

#### **Principe :**

L'ion sulfate est précipité dans de l'acide chlorhydrique contenant du chlorure de Baryum d'une manière telle qu'il se forme des cristaux de sulfate de baryum de taille uniforme. L'absorbance de la suspension de sulfate de baryum est mesurée au néphélomètre ou par transmission au spectrophotomètre.

La turbidité obtenue donne la concentration  $SO_4^{2-}$  dans la solution grâce à une courbe d'étalonnage faite à partir de la solution standard de sulfate

#### **Expression des résultats :**

Mesure de la concentration à une longueur d'onde  $\lambda = 520$  nm.

### **III.2.7 Sodium et potassium :**

#### **Principe :**

Nébulisation de l'échantillon (éventuellement après dilution) dans la flamme (acétylène – aire) d'un spectromètre d'absorption atomique.

Mesure de l'absorbance aux longueurs d'onde de 589 nm pour le sodium et de 766,5 nm pour le potassium.

Détermination de la concentration de l'élément dosé par la méthode directe à l'aide d'une courbe d'étalonnage.

#### **Expression des résultats :**

Déduire de la courbe d'étalonnage (concentration en microgramme/l en fonction de la lecture optique) tracée à partir des solutions d'étalonnage les concentrations obtenues pour les solutions de dosage calculer à partir de ces valeurs, en tenant compte des dilutions éventuelles lors du traitement de l'échantillon pour l'essai et lors des mesures, les concentrations des échantillons analysés. Exprimer le résultat en microgrammes par litre.

### **III.2.8 Nitrates:**

Les nitrates sont des composés chimiques faits d'azote et d'oxygène. On les trouve à l'état naturel dans certains légumes, dans les viandes en conserve et dans le sol. Il y en a aussi les

engrais commerciaux et les déjections animales. Les nitrates sont nécessaires à la croissance des végétaux mais leur présence excessive dans le sol peut contaminer les sources d'alimentation en eau et soulever des préoccupations pour la santé.

**Principe :**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique.

**Expression des résultats :**

Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 415nm.

**III.2.9 Nitrites :**

La diazotation de la sulfanilamide par les nitrites en présence de dichlorure de N-(1-Naphtyl, éthylène diamine) donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrométrique à une longueur d'onde  $\lambda = 537 \text{ nm}$ .

**III.3 Paramètres de pollution :**

Les paramètres d'appréciation la pollution par les matières oxydables sont : la demande biochimique en oxygène dans le 5<sup>em</sup>jour, la demande chimique en oxygène et les matières en suspension.

**III.3.1 Les matières en suspension (MES) :**

La notion de matières en suspension (ou MES) désigne l'ensemble des matières solides insolubles présentes dans une eau. Les particules fines en suspension dans une eau sont soit d'origine naturelle, en liaison avec les précipitations, soit produites par les rejets urbains et industriels. Leur effet néfaste est mécanique, par formation de sédiments et d'un écran empêchant la bonne pénétration de la lumière d'une part (réduction de la photosynthèse), ainsi que par colmatage des branchies des poissons d'autre part. Leur effet est par ailleurs chimique par constitution d'une réserve de pollution potentielle dans les sédiments.

**Protocole expérimentale :**

Il existe 2 méthodes de mesures selon la charge de l'échantillon :

- Echantillon légèrement chargé en MES on utilise la méthode de filtration
- Echantillon bien chargé en MES on utilise l'appareil de centrifugation.

### **III.3.2 La demande biochimique en oxygène dans le 5em jours (DBO5) :**

#### **Principe :**

La détermination de la (DBO5) a pour but de mesurer la quantité d'oxygène nécessaire pour assurer la dégradation par voie biologique de certaines matières organique présentes dans un litre d'eau a 20 °C pendant 5 jours. Pratiquement la (DBO5) devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substance putrescibles.

Son pouvoir auto épurant et d'en déduire la charge maximales et acceptable, principalement au niveau de traitement primaires de station d'épuration.

#### **Expression des résultats :**

Les sondes DBO prennent une mesure par 24heures pendant au maximum 5jours, toutes les valeurs individuelles sont affichées. En appuyant sur la touche S , les valeurs mesurées respectives des 2<sup>me</sup> ,3<sup>e</sup> ,4<sup>e</sup> et respectivement 5 jours sont appelées. Ces valeurs mesurées doivent alors être multipliées par le facteur correspondant en fonction du volume de l'échantillon pour obtenir la valeur de DBO définitive.

### **III.3.3 Demande chimique en oxygène (DCO) :**

La DCO c'est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau oxydables dans les conditions de l'essai cette mesure permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale.

**Principe :**

Oxydation par excès de bichromates de potassium en milieu acide à l'ébullition des matières oxydables dans les conditions de l'essai, contenues dans l'eau, en présence de sulfate d'argent complexant des chlorures.

**Expression des résultats :**

$$DCO=8000(V0 - V1) T/V \text{ mg O}_2/\text{l}$$

V1 : Volume de sulfate de fer (2) et d'ammonium utilisé pour la détermination.

V0 : volume en ml de solution de sulfate de fer et d'ammonium utilisé pour l'essai à blanc.

T : titre en N de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.

V : volume en ml de la prise d'essai.

**III.4 Analyses bactériologiques :**

Le contrôle de la qualité microbiologique de l'eau est réalisée d'une part par le dénombrement des germes indicateurs de la contamination fécale, et d'autre part, par la recherche directe des germes pathogènes.

**III.4.1 Coliformes totaux :**

Les bactéries en bâtonnets, non sporogène, Gram négatif, oxydase négative, aérobies ou anaérobies facultative capables de croître en présence de sels biliaires ou autres agents de surface ayant des propriétés inhibitrices de croissance analogue et capable de fermenter le lactose avec production d'acide ou (d'aldéhyde) et de gaz en 48-3h à la température de 30 °C.

**III.4.2 Coliformes fécaux :**

Les coliformes fécaux dit «coliformes thermorésistants» sont capables de croître à 44° et ont une origine exclusivement fécale car leur habitat naturel est l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud ; leur présence indique une contamination fécale récente.

Le groupe des coliformes thermotolérants est constitué de quatre espèces : Escherichia coli, Klebsiella pneumoniae, Enterobacter cloacae et Citrobacter freundii. E -coli est considérée comme l'espèce type de coliformes ayant un habitat exclusivement fécal. Certaines souches appartenant à cette espèce sont très pathogènes ; elles provoquent des

diarrhées infectieuses chez les enfants, les adultes et les animaux. La contamination se fait par ingestion d'eaux ou d'aliments contaminés par les selles du malade.

### **III.4.3 Streptocoques fécaux :**

Les streptocoques ce sont des cocci, gram+ en chaînette, catalase négative, regroupées sous le terme de « streptocoques ». Ils ont une très résistance vis à vis des inhibiteurs, comme l'azide de sodium.

## **IV. QUALITE DES RESSOURCES EN EAUX :**

Les recommandations pour la qualité des eaux au Maroc fournissent de l'information scientifique de base portant sur les paramètres de qualité de l'eau et sur les valeurs seuils toxicologiques pertinentes au point de vue écologique afin de protéger les eaux consommées dans des conditions précises.

On détermine la qualité de l'eau d'après sa concentration de composés chimiques et de particules minérales et organiques. Aucun paramètre ne permet de déterminer à lui seul la qualité de l'eau. Pour la région de Guelmim, on s'intéresse plus particulièrement à des eaux destinées à la consommation humaine, l'irrigation et aussi à l'élevage, mais ces deux derniers ne respectent pas nécessairement les normes applicables à l'eau potable.

L'étude porte sur l'évaluation de la qualité des ressources en eaux dans la région ainsi que la détermination des points destinés à la consommation humaine, l'irrigation et aussi à l'élevage en se basant sur les normes marocaines de la qualité des eaux.

### **IV.1 Qualité des eaux de Surface :**

Afin de permettre le suivi de la qualité des eaux de surface du bassin de Guelmim, un réseau de 15 stations d'eau superficielles a été choisi (Fig.13), dont 9 sont des sources émergées et 6 sont des séguias, en raison du manque d'analyse des paramètres chimiques de ces eaux et pour évaluer le degré de la pollution, l'étude va être basée sur les résultats des paramètres physiques, de pollution et aussi bactériologiques.

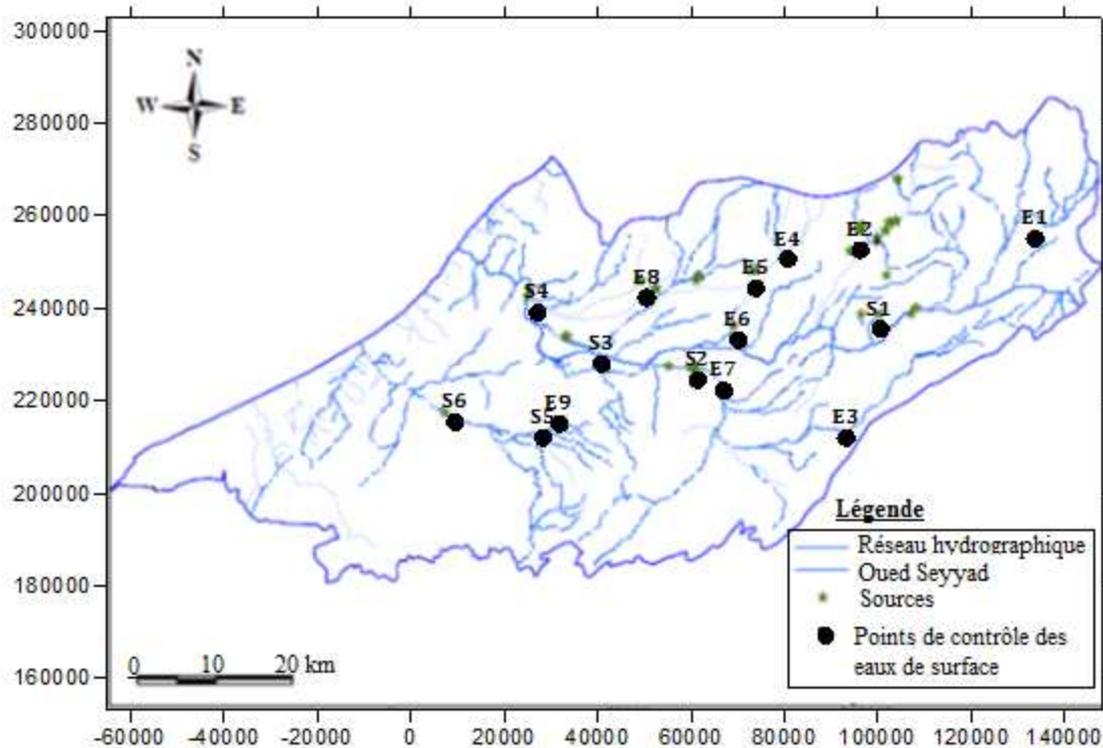


Figure 13 : Répartition des points de contrôle de la qualité des eaux de surface du bassin de Guelmim.

#### IV .2.1 Evolution de la qualité paramètres physiques :

##### ➤ TEMPERATURE :

Les valeurs des températures des eaux varient entre 12 et 35,5. Ces valeurs respectent bien les normes Marocaines. Cependant, ce ne sont pas des mesures journalières, elles sont liées aux moments de prélèvement donc elles ne peuvent pas donner une idée sur la variation à court terme ainsi que la variation à moyen terme.

##### ➤ POTENTIEL D'HYDROGENE (pH) :

Les pH des eaux sont neutres à légèrement alcalins et varient entre 6,99 enregistré en S3 et 7,83 enregistré en E1 (Fig. 14). Les pH sont, donc, conformes aux normes Marocaines.

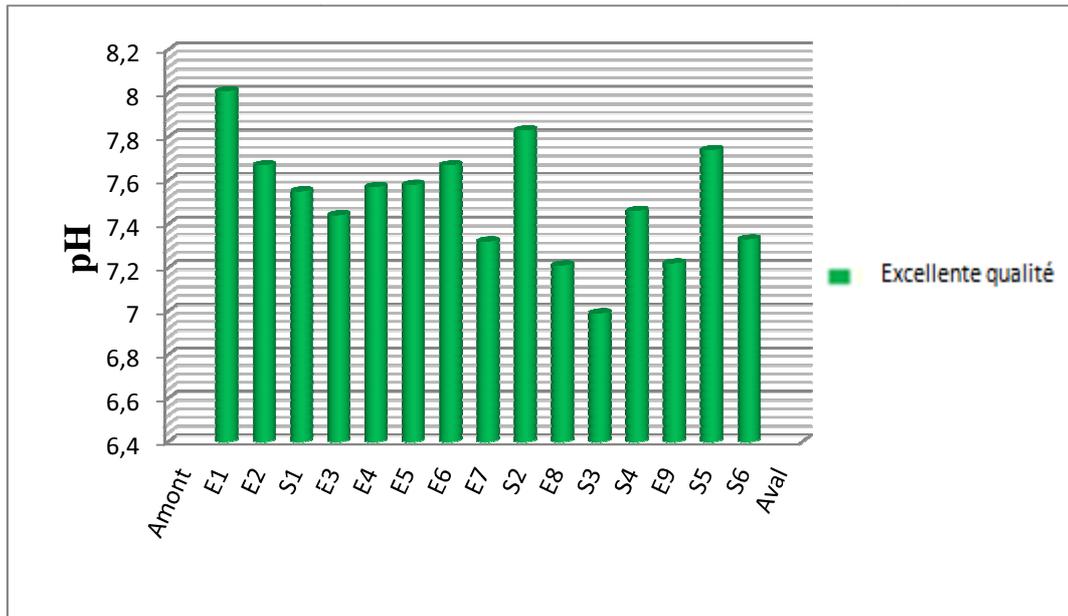


Figure 14 : Evolution des pH des eaux de surface dans la région de Guelmim en 2012.

➤ **TURBIDITE :**

Des eaux de surface sont généralement attribuées à des matières organiques et inorganiques. Sachant que, la turbidité d'un échantillon doit être inférieure à 5 NTU (unité de turbidité néphélométrie). Les anomalies rencontrées sont au niveau des points S1, E7, S2, S3 et S6 (Fig.15):

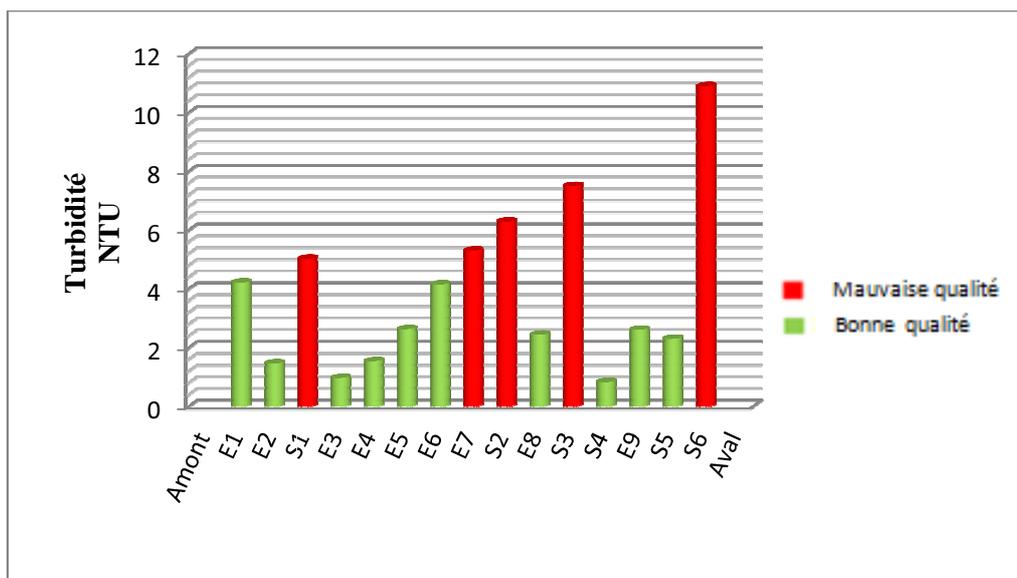
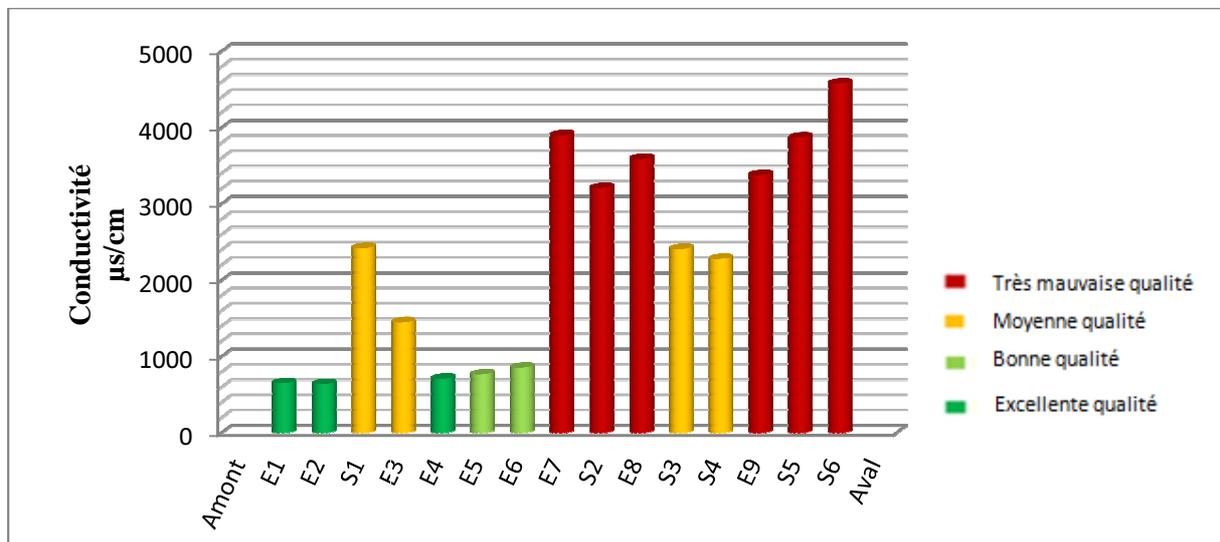


Figure 15 : Evolution des turbidités des eaux de surface dans la région de Guelmim en 2012.

➤ **CONDUCTIVITE ELECTRIQUE (CE) :**

L'examen de la qualité des eaux de surface du bassin de Guelmim vis-à-vis de la conductivité, selon la grille Marocaine de la qualité des eaux surface (voir Annexe) correspond aux différentes classes (Fig.16) :

- 20% des points ont une excellente qualité, avec des valeurs inférieure à 750  $\mu\text{s/cm}$  ;
- 13,3% des points ont une bonne qualité, avec des valeurs entre 750 et 1300  $\mu\text{s/cm}$  ;
- 26,7% des points ont une moyenne qualité, avec des valeurs entre 1300 et 2700  $\mu\text{s/cm}$  ;
- 40% des points ont une très mauvaise qualité, avec des valeurs dépassent 3000  $\mu\text{s/cm}$ .



**Figure 16 : Evolution de la conductivité des eaux de surface dans la région de Guelmim en 2012.**

Les points E7, S2, E8, E9, S5 et S6 sont caractérisés par des valeurs importantes en conductivité électrique, cela peut être expliqué comme suit :

Les puits E7 et S2 se répartissent à l'aval du sous bassin Seyyad, ce qui fait le long trajet des écoulements apporte des teneurs importantes de minéralisation. E8 est une source thermique émergée caractérisé par des fortes températures et des teneurs très élevés en soufre.

Les E9 et S5 et S6 elles se situent dans le sous bassin buissafen, ces puits datent de l'acadien formé des schistes vert et des schistes de Feijas internes (Fig.17) ce qui provoque une forte minéralisation à cause des minéraux libérés dans les eaux, En plus de cette formation géologique le puits S6 est localiser en aval de ce sous bassin il fait introduit

l'absorption d'une grande quantité de minéraux ce qui explique sa plus forte teneur en minéralisation.

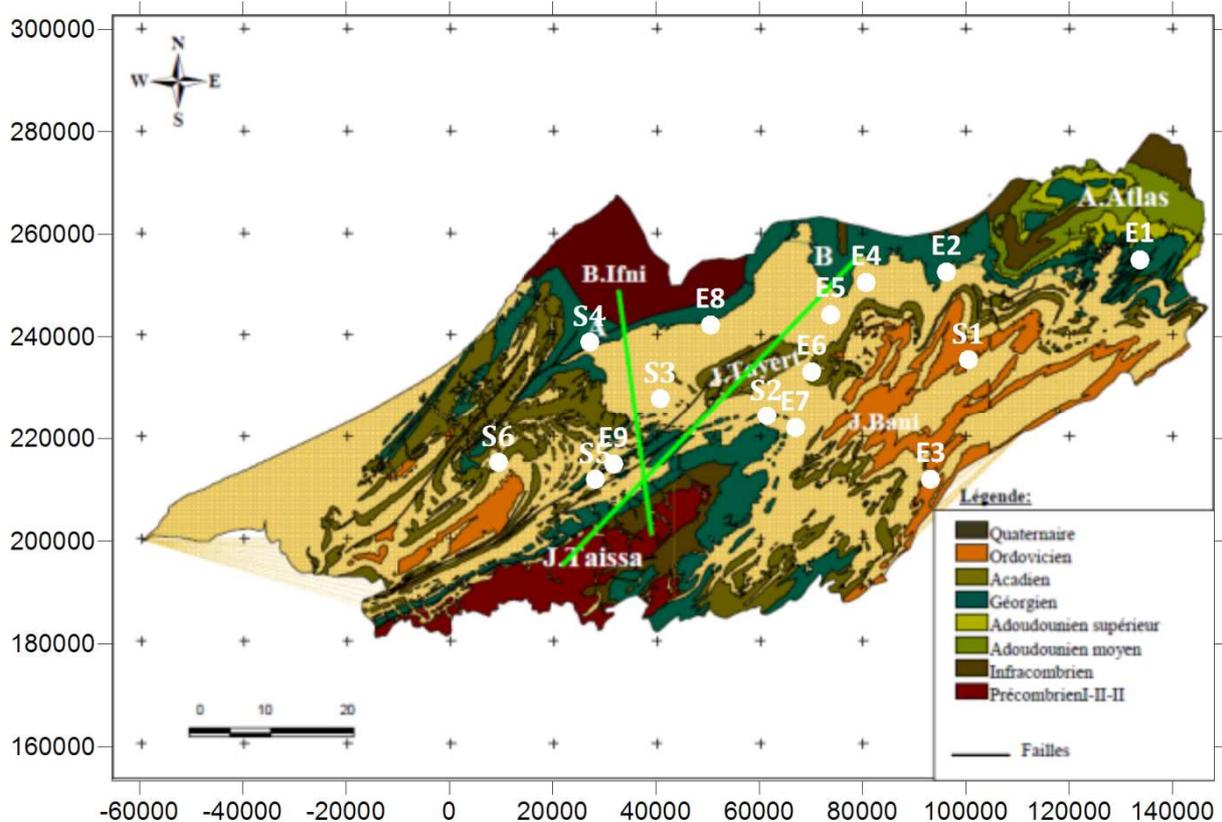


Figure 17 : Répartition des points d'eaux de surface dans la carte géologique du bassin.

### ➤ OXYGENE DISSOUS :

Généralement c'est un paramètre sous-estimé, mais il renseigne sur plusieurs processus hydrologique et hydro chimique. Il est influencé par la Température, la pression partielle dans l'atmosphère et la salinité et les activités de la faune et la flore aquatiques. Les teneurs de l'oxygène dissous des eaux sont élevées (supérieurs à 6 mg/l) qui une preuve d'une qualité bonne à excellente (Fig.18).

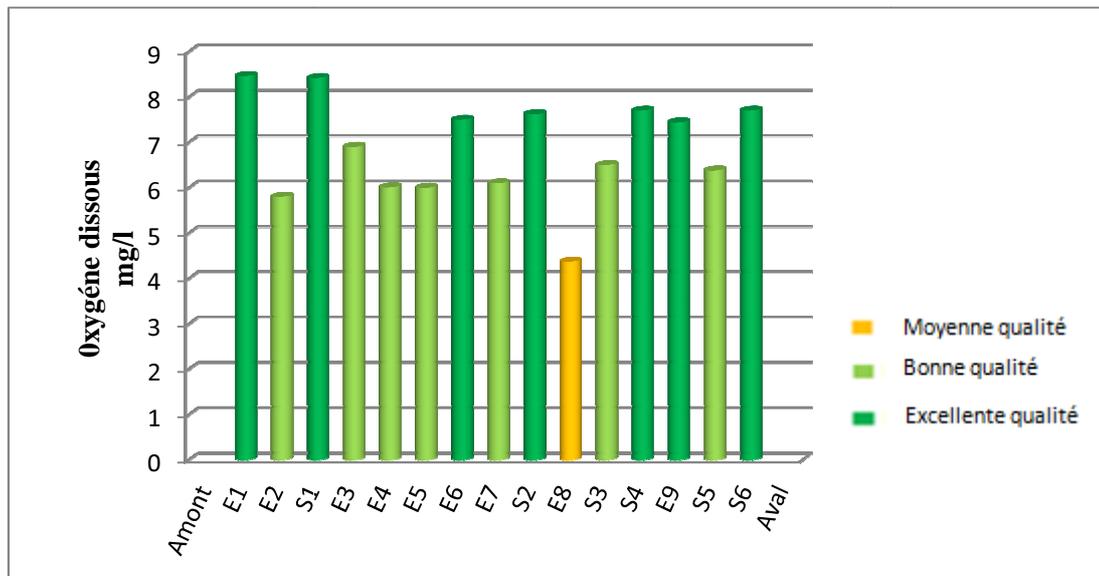


Figure 18 : Evolution de l'oxygène dissous des eaux de surface dans la région de Guelmim en 2012.

### VI.1.2 Evaluation des paramètres de pollution :

La qualité de ces eaux vis-à-vis des paramètres de pollution est bonne, elle se répartit comme suit :

#### ➤ **DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (DCO) :**

La demande chimique en oxygène(DCO) permet de estimer la consommation potentielle d'oxygène par des matières organiques ou oxydables contenues dans l'eau.

L'examen des résultats obtenus montre que les teneurs en (DCO) varient entre 5,8 et 29,6 mgO<sub>2</sub>/l. globalement, la qualité des eaux est excellente vis-à-vis la demande chimique en oxygène.

#### ➤ **DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE (DBO<sub>5</sub>) :**

La demande biochimique en oxygène est inférieure de 3 mgO<sub>2</sub>/l, est conforme aux normes donc la pollution de ces eaux est très faible en DBO<sub>5</sub>.

#### ➤ **MATIERE EN SUSPENSION (MES) :**

La teneur de la matière en suspension dans ces eaux est très faibles inférieure à 50 mg/l ce qu'il rend la qualité de ces eaux excellente en MES.

### **VI.1.3 Evaluation des paramètres bactériologique :**

Les échantillons des eaux de surface ne s'opposent à aucun risque de pollution bactériologique vue leurs teneurs faible en coliformes fécaux, coliformes totaux et les streptocoques fécaux ils sont classées de qualité bonne a excellente.

### **VI.1.4 Qualité eaux destinées à la consommation humaine :**

Une eau potable de bonne qualité ne contiendra pas d'organismes pathogènes (pouvant causer des maladies), de composés chimiques dangereux ni de substances radioactives. Elle aura bon goût et belle apparence, ne dégagera pas d'odeur et ne présentera pas une couleur désagréable. Les recommandations pour la qualité de l'eau potable au Maroc précisent les limites applicables aux différentes substances et décrivent dans quelles conditions la qualité de l'eau potable peut changer (Tab.5).

**Tableau 5 : Normes de Potabilité de l'eau et les échantillons correspondant**

Variables	Valeur Max Admissible	Echantillon aux normes
PH	6,5 à 8,5	tous les échantillons
CE $\mu\text{s/cm}$	2700	Tous à l'exception de: E7, S2, E8, E9, S5, S6
O <sub>2</sub> dissous	5	Tous les échantillons
NH <sup>4+</sup> mg/l	0,5	tous les échantillons
Turbidité NTU	5	Tous à l'exception de: S1, S2 , E7, S3, S6
Coliformes	0	S1 et E7

### **VI.2.5 Qualité des eaux destinées à l'irrigation :**

La salinisation est sans doute le principal risque encouru par les terrains irrigués, Plus précisément en climat aride. Il peut être apprécié par la conductivité électrique des eaux d'irrigation. En raison de manque des analyses des paramètres chimiques, toxiques de ces eaux l'estimation de les eaux destinée à l'irrigation va être basée sur les matières en suspension les coliformes fécaux et la conductivité électrique en premier lieu (Tab.6).

**Tableau 6 : Normes relatives à l'irrigation et les échantillons correspondants aux ces normes (DRPE)**

Variable	Valeurs limites	Echantillons dans la norme
PH	6,5 à 8,5	tous les échantillons
C.E ms/cm	12	tous les échantillons
M.E.S mg/l	100	tous les échantillons
C.F	1000/100ml	tous les échantillons

#### **IV.2.6 Qualité des eaux destinées à l'élevage :**

Les eaux destinées à l'élevage sont aussi concernées de la notion de normes, sauf que les animaux peuvent supporter des eaux à des minéralisations beaucoup plus élevées que celle destinée à la consommation humaine ou même à l'irrigation (Tab.7).

**Tableau 7 : Normes relatives à l'élevage et les échantillons correspondants aux ces normes (Mckenn and Wolf In Hem, 1985).**

Type d'élevage	Minéralisation max en mg/l	Echantillons dans la norme
Volailles	2860	tous sauf S6
Porcidés	4290	Tous les échantillons
Equidés	6435	Tous les échantillons
Bovidés (production de lait)	7150	Tous les échantillons
Bovidés (production de viande)	10100	Tous les échantillons
Ovidés	12900	Tous les échantillons

#### **IV.1.7 Conclusion :**

La qualité globale des eaux superficielles selon la grille simplifiée des eaux des oueds (voir annexe) est généralement bonne (Tab.8)

Tableau 8 : Qualité globale des eaux de surface dans le bassin de Guelmim

Label	Nom	conductivité	DBOs (mg/l)	DCO (mg/l)	O2 diss (mg/l)	PT (mg/l)	NH4+ (mg/l)	CF	Qualité des eaux
E1	AIN AMTOUDI	652	1	19,2	8,46	0,108	0,023	60/100ml	Bonne
E2	AIN LAHRIM	640	3	28,1	5,8	0,144	0,0175	850/100ml	Bonne
S1	AIN TAGHIJTE	2420	1	19,2	8,42	0,095	0,013	0/100ml	Bonne
E3	AIN TARGAMAIT	1450	2	19,2	6,9	0,125	0,037	120/100ml	Bonne
E4	BOUIZAKARENE	710	1	5,8	6,01	0,098	0,018	630/100ml	Bonne
E5	AIN TAGANT	767	1	19,8	6	0,118	0,021	110/100ml	Bonne
E6	AIN ZAKARIA FAS	856	2	28,8	7,5	0,118	0,009	30/100ml	Bonne
E7	TAISSA	3900	2	19,2	6,1	0,0403	0,0322	0/100ml	Bonne pour l'irrigation et l'élevage
S2	AIN TAOURIRT	3210	1	14,4	7,62	0,127	0,034	5/100ml	Bonne pour l'irrigation et l'élevage
E8	AYN ABAYNOU	3590	1	24	4,37	0,097	0,025	150/100ml	Bonne pour l'irrigation et l'élevage
S3	OUED SEYYAD	2410	2	25,6	6,5	0,129	0,0119	60/100ml	Bonne
S4	ASSAKA	2280	2	23,7	7,7	0,122	0,029	60/100ml	Bonne
E9	AIN OUAZAROUAI	3380	2	17,6	7,44	0,123	0,028	100/100ml	Bonne pour l'irrigation et l'élevage
S5	AIN ZRIOUILA	3870	1	29,6	6,38	0,096	0,024	280/100ml	Bonne pour l'irrigation et l'élevage
S6	AIN LABIAR	4580	1	14,4	7,7	0,112	0,015	260/100ml	acceptable pour l'irrigation

#### IV.2 Qualité des eaux souterraines :

La nature géologique du sol détermine la composition chimique des eaux souterraines. L'eau est constamment en contact avec la terre sur laquelle elle stagne ou circule, ainsi l'équilibre se développe entre la composition du sol et celle de l'eau: c.-à-d. Une eau qui circule dans les calcaires contient l'alcalinité des bicarbonates.

L'étude de la qualité des eaux souterraines du bassin de Guelmim va être basée sur un réseau de 16 stations d'eau répartis au long du bassin (Fig.19).

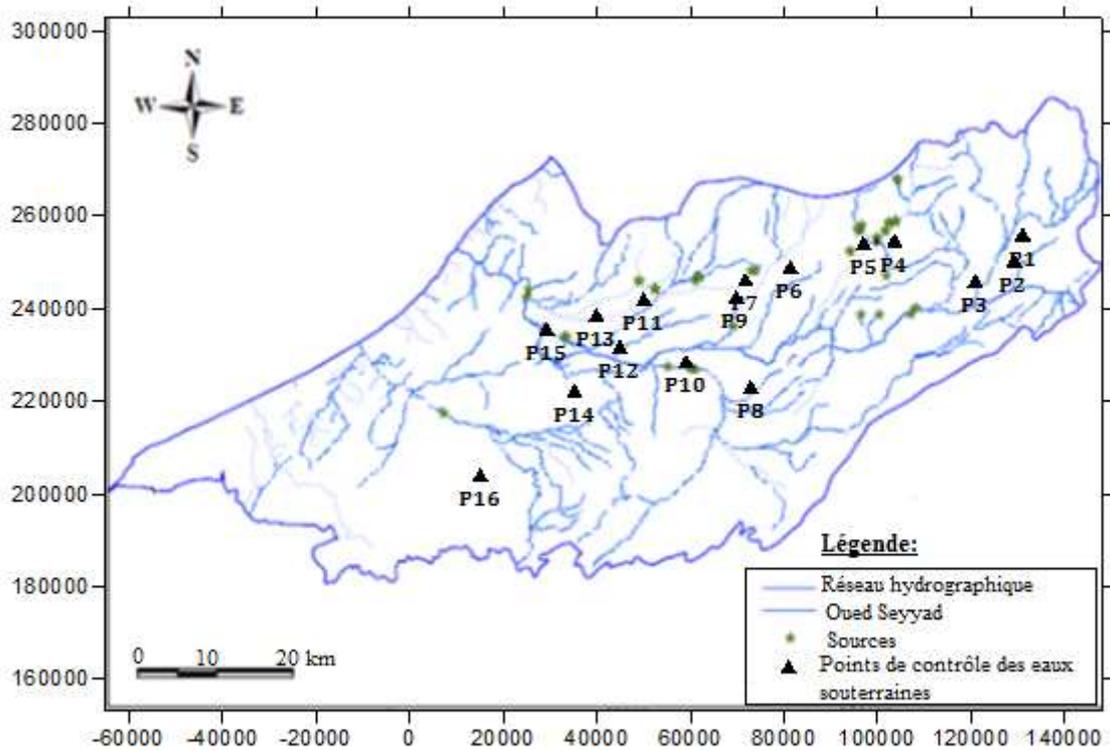


Figure 19: Répartition des points de contrôle de la qualité des eaux souterraines du bassin de Guelmim.

#### IV .2.1 Evolution des paramètres physique :

##### ➤ pH :

Le pH de ces puits est neutre à légèrement alcalin. Il varie entre 7,03 enregistré au niveau de P6 à 8,03 enregistré au niveau de P14 (Fig.20).

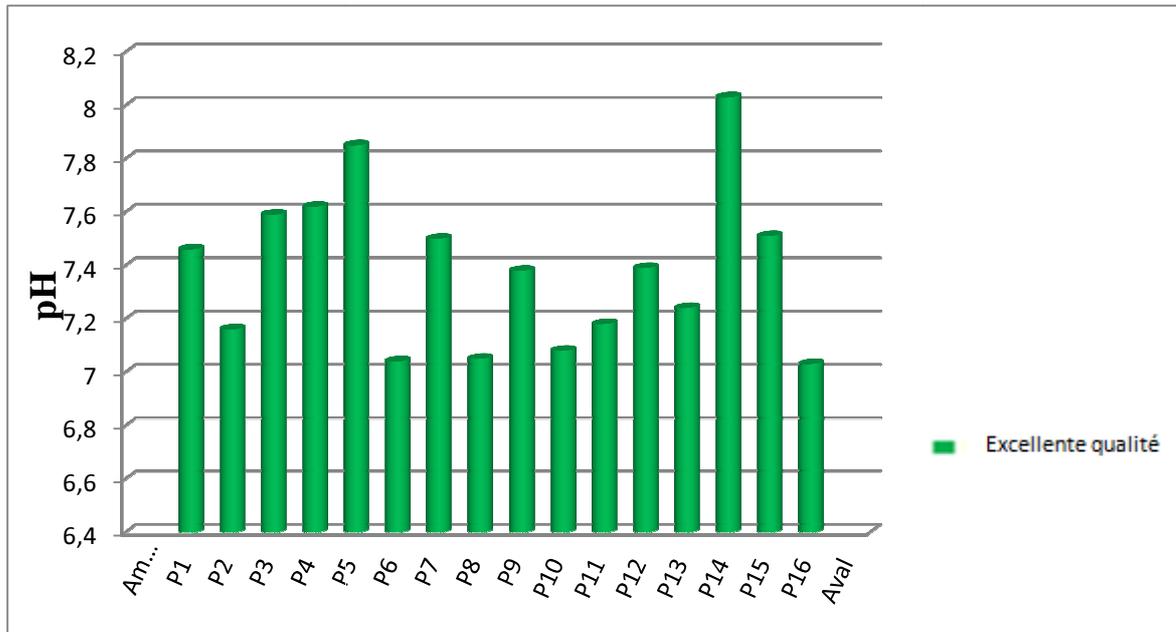


Figure 20 : Evolution de Ph dans les eaux souterraines du bassin de Guelmim en 2012.

➤ **Conductivité électrique :**

La conductivité électrique des eaux est modérée à l'exception des anomalies rencontrées au niveau des puits P13 et P15 qui sont situés en aval du bassin (Fig. 21).

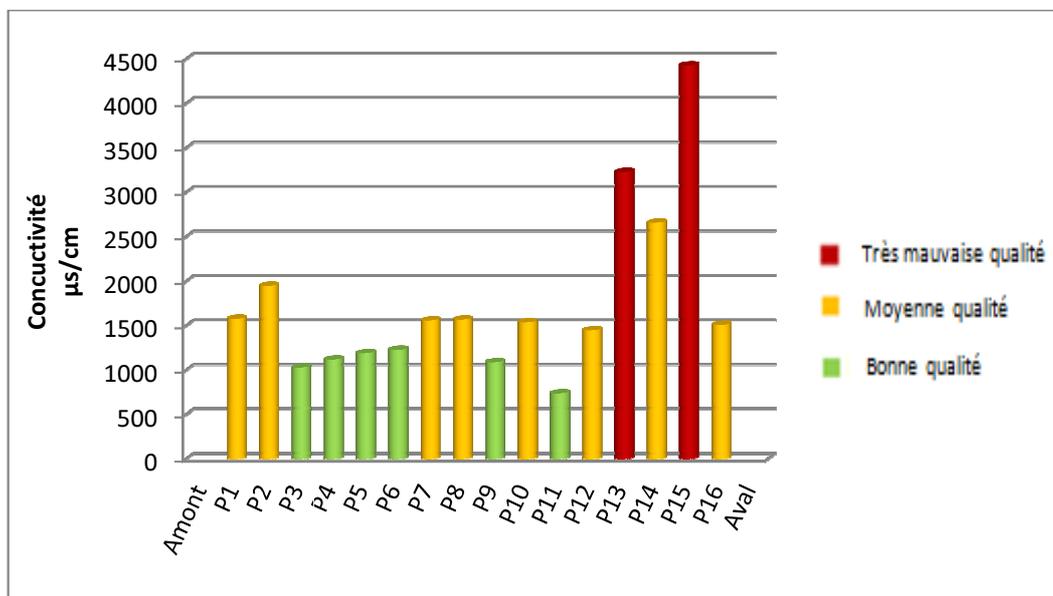


Figure 21 : Evolution de la conductivité des eaux souterraines dans la région de Guelmim en 2012.

Les eaux des puits 13 et 15 sont, également, caractérisés par des faciès chimique évolués (Fig.22). Les eaux du puits P13 ont un faciès chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne ce qui prouve son pourcentage élève en chlorure calcium et magnésium qui sont les facteurs de l'augmentation de la minéralisation. Alors, que les eaux du puits P15 sont projetées à la limite entre le faciès chlorurée sodique et potassique et le faciès chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne. C'est la conséquence des fortes concentrations en chlorure et donc en minéralisation.

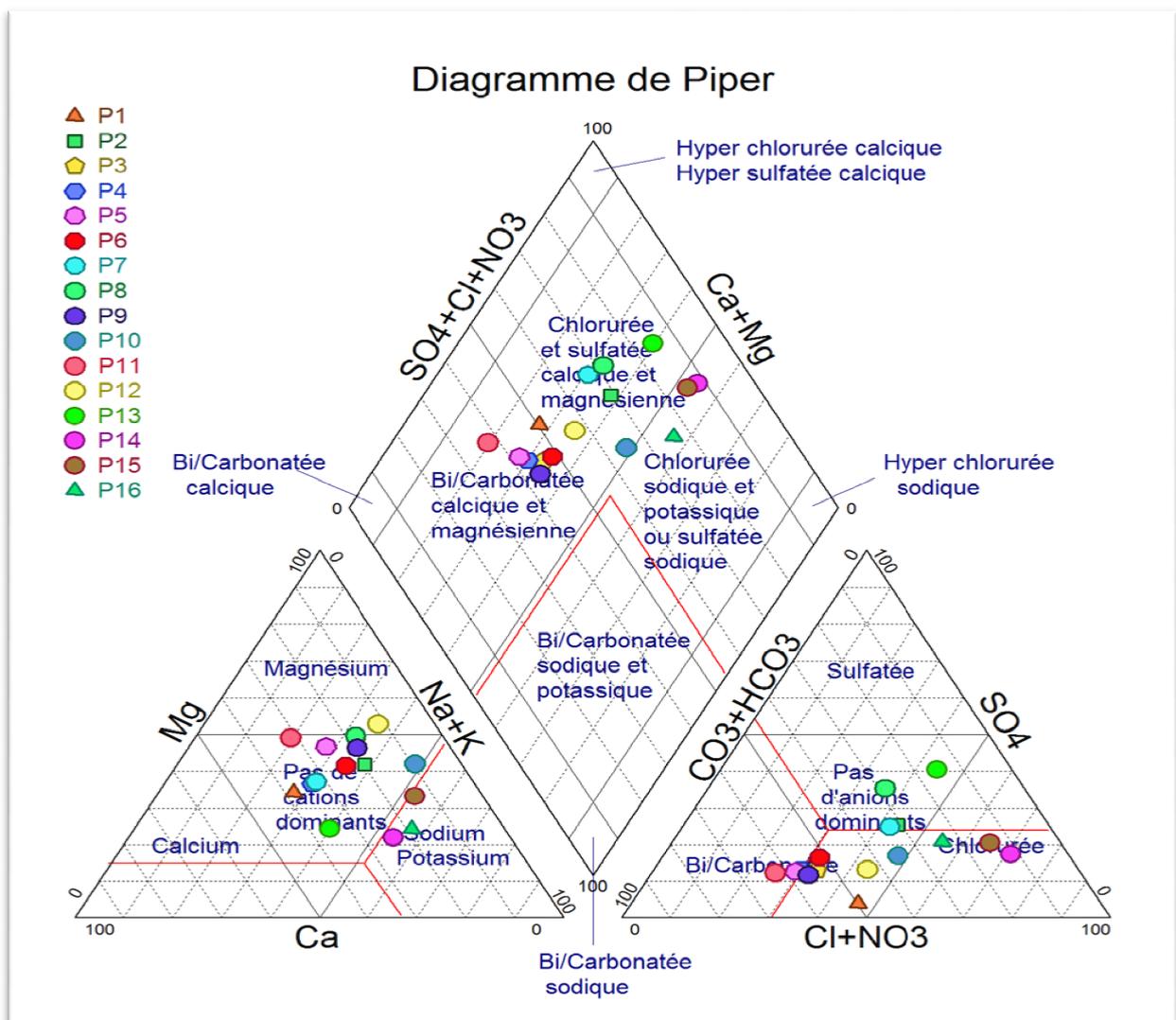


Figure 22: Projection des analyses chimiques des eaux souterraines sur le diagramme de Piper.

De point de vue géologique l'origine de la minéralisation de ces deux puits revient à leur formation géologique (Fig.23), ces points date du quaternaire qui est formé essentiellement des calcaires lacustres, limons et alluvions ce qui explique leur faciès cité précédemment.

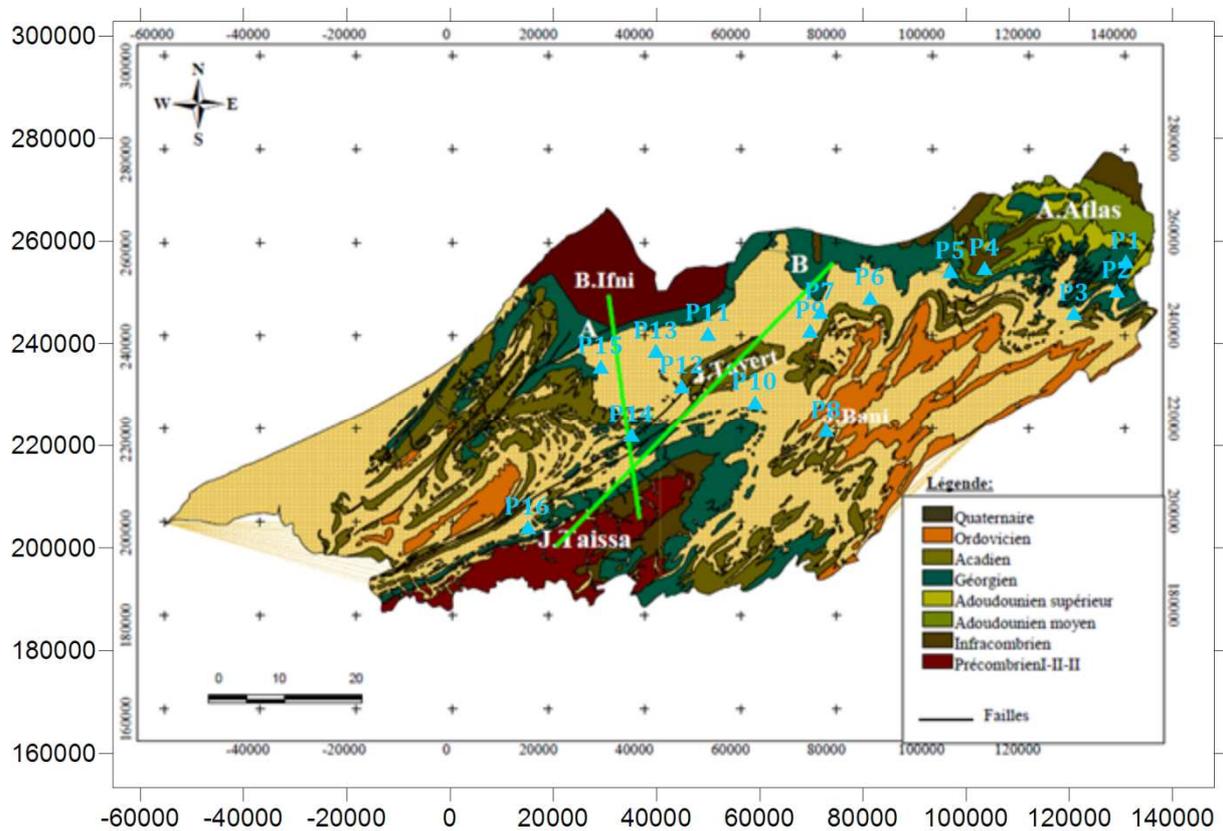


Figure 23 : Répartition des points d'eaux souterraines dans la carte géologique du bassin.

### ➤ Matières Oxydables :

Les teneurs des matières organiques sont généralement fiables ils varient entre 0,78 et 5,33 mg/l. C'est la preuve de l'absence de toute pollution d'origine organique (Fig.24).

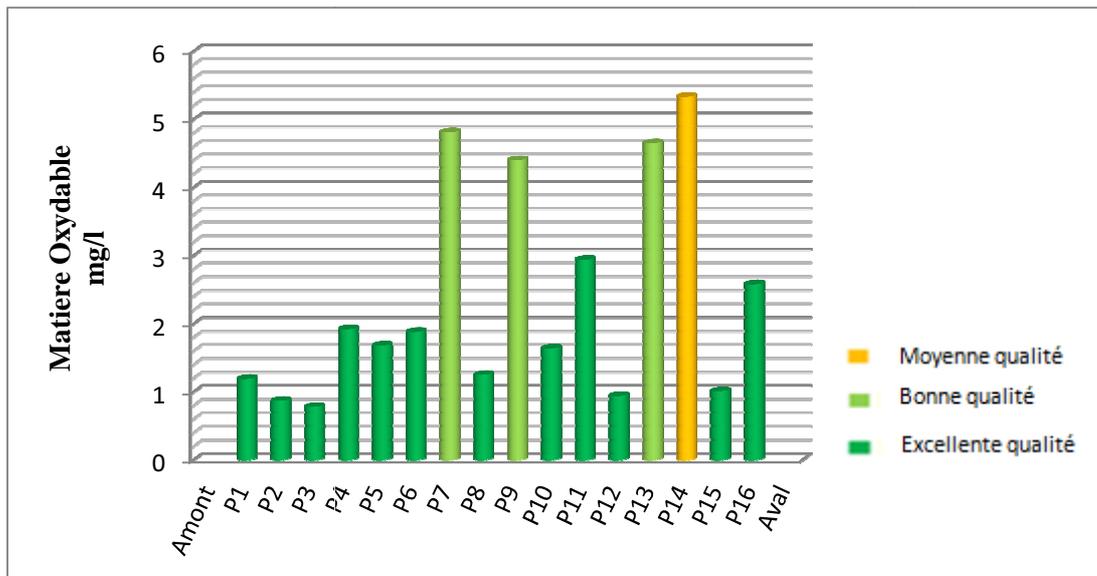


Figure 24 : Matières oxydables mesurer dans les points de contrôle de la qualité des eaux de souterraines de Guelmim en 2012.

#### IV .2.2 Evaluation des paramètres bactériologique :

La qualité de ces eaux vis-à-vis de la pollution bactériologique est bonne à excellente, les teneurs en coliformes fécaux varient entre 0 enregistré au niveau des puits P1, P3, P11 et P15 et 1900/100ml enregistré au niveau de P14, sachant que la valeur maximale admissible est de l'ordre de 20000/100ml.

#### IV.2.3 Les eaux destinées à la consommation humaine :

Les résultats sont basés sur la comparaison avec les normes Marocaine de la potabilité et aussi selon l'OMS (Tab.9).

**Tableau 9 : Normes de Potabilité de l'eau et les échantillons correspondant**

Variable	Valeur Max Admissible	Echantillons dans les normes
P.H	6,5 à 8,5	tous les échantillons
C.E $\mu\text{S}/\text{cm}$	2700	tous sauf: P13 et P15
M.O	8	tous sauf: P14
$\text{NH}_4^+$ mg/l	0,5	tous les échantillons
$\text{Na}^+$ mg/l	100	P1, P3, P4, P5, P6, P9, P11, P14
$\text{K}^+$ mg/l	12	tous sauf: P2, P13, P14, P15, P16
$\text{Ca}^{2+}$ mg/l	100	tous sauf: P1, P7, P13, P14, P15
$\text{Mg}^{2+}$ mg/l	100	tous sauf: P8, P13, P14, P15
$\text{Fe}^{2+}$ mg/l	0,3	tous les échantillons
$\text{Mn}^{2+}$ mg/l	0,5	tous les échantillons
$\text{Cl}^-$ mg/l	750	tous sauf: P14 et P15
$\text{No}_2^-$ mg/l	0,5	tous les échantillons
$\text{No}_3^-$ mg/l	50	tous les échantillons
$\text{So}_4^{2-}$ mg/l	400	tous sauf: P13 et P15
CT	0/100ml	P1, P3, P11, p15
CF	0/100ml	P1, P2, P3, P11, P15

#### **IV.2.5 Qualité des eaux destinée à l'irrigation :**

La classification de Richards utilisée dans les pays à climat aride prend en considération deux risques majeurs :

- Le risque de salinisation des eaux estimé par la conductivité des eaux d'irrigation exprimée en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ;
- Le risque d'alcalinisation des sols, qui reflète le degré d'échange cationique entre les eaux et les composantes du sol. Ce risque est quantifié à l'aide du rapport d'adsorption du sodium (SAR) exprimé ainsi

$$SAR = \frac{[Na]}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \text{ Les concentrations étant exprimées en méq/l}$$

Après avoir reporté tous les points d'eau sur le diagramme de RICHARDS (Fig.25), les classes suivantes sont été mises en évidence :

-La classe C3S1, (81% des puits) désigne des eaux médiocres, utilisables seulement pour l'irrigation de cultures tolérantes aux sels, sur des sols bien drainés ou de bonne perméabilité, avec une salinité qui doit être contrôlée. Cette classe caractérise les eaux situées à l'amont du bassin

-La classe C4S2, (un seul puits P13) indique des eaux de mauvaise qualité, fortement minéralisées, qui ne peuvent convenir qu'à des espèces bien tolérantes aux sels et sur des sols bien drainés et lessivés.

-La classe C4S3, (P14 et P15) caractérise des eaux de très mauvaise qualité, très fortement minéralisées, qui ne peuvent convenir à aucun genre des espèces ni des sols.

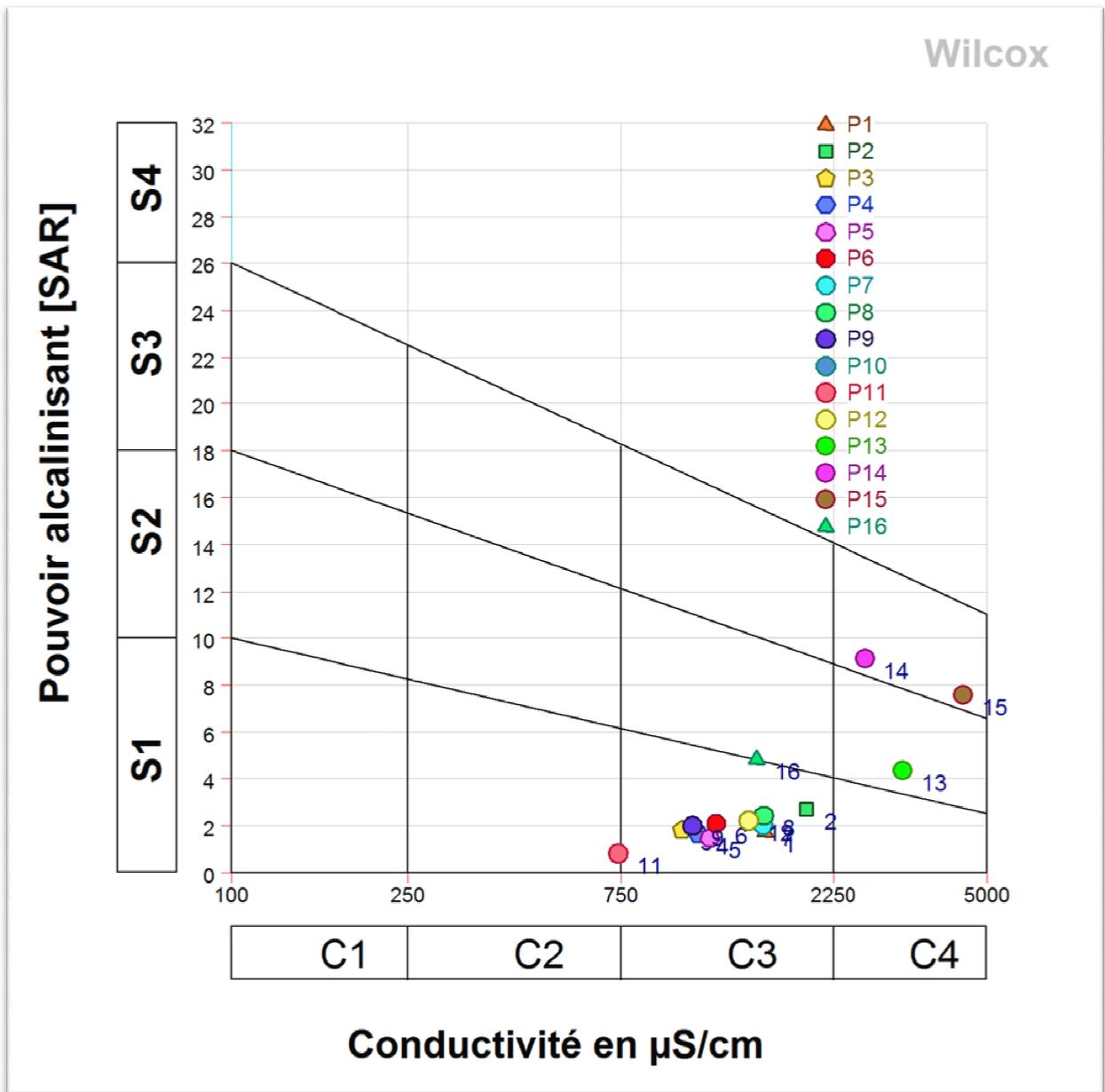


Figure 25: Diagramme de la classification de l'eau d'irrigation des eaux souterraines du bassin de Guelmim.

#### IV.2.6 Qualité des eaux destinée à l'élevage :

La minéralisation de ces eaux souterraines (conductivité en  $\mu\text{S/cm} \times 0,7$ ) est bonne vis-à-vis des normes destinés à l'élevage à l'exception de P15 qu'a une minéralisation de l'ordre de 3101 mg/l, cette teneur est déconseillé seulement pour les volailles, en conclusion les eaux souterraines du bassin de Guelmim sont de excellente qualité pour l'élevage.

**Tableau 10 : Normes relatives à l'élevage et les échantillons correspondants à ces normes  
(Mckenn and Wolf *In* Hem, 1985)**

Type d'élevage	Minéralisation max en mg/l	Echantillons dans la norme
Volailles	2860	tous sauf: P15
Porcidés	4290	tous les échantillons
Equidés	6435	tous les échantillons
Bovidés (production de lait)	7150	tous les échantillons
Bovidés (production de viande)	10100	tous les échantillons
Ovidés	12900	tous les échantillons

#### **IV.2.7 Conclusion :**

La qualité globale des eaux souterraines de Guelmim est généralement modérée à l'exception de quelques points qui sont fortement minéralisés (Tab.11).

**Tableau 11 : Qualité globale des eaux souterraines dans le bassin de Guelmim**

Label	Nom de la station	CE µs/cm	Cl- mg/l	NO3- mg/l	MO mg/l	CF /100ml	Qualité Globale
P1	PUITS AMTOUDI	1580	205,9	32,9	1,19	0/100ml	Moyenne
P2	AGUIMELOUK	1950	268,2	4,5	0,87	10/100ml	Moyenne
P3	ADAY	1030	87,7	23,3	0,78	0/100ml	Bonne
P4	SOUK OUFLA	1120	101,2	17,2	1,92	400/100ml	Bonne
P5	TEGHRDINE	1192	95,9	32,9	1,68	20/100ml	Moyenne
P6	PUITS BOUIZAKARNE	1230	149,1	18	1,88	80/100ml	Bonne
P7	PUITS TAGANT	1560	212,6	23,5	4,81	100/100ml	Moyenne
P8	TOUFLIT	1570	244,9	26,67	1,25	60/100ml	Moyenne
P9	TANDAFT	1090	108,9	11,6	4,4	350/100ml	Bonne
P10	TARMGUIST	1540	276,9	10,49	1,64	<b>160/100ml</b>	Moyenne
P11	ABAYNOU	740	47,9	40,3	2,94	0/100ml	Moyenne
P12	GUELMIM	1450	189,5	8,44	0,94	180/100ml	Moyenne
P13	FOUM FASK	3230	494,5	12,58	4,65	840/100ml	Très Mauvaise
P14	PUITS AVAL STEP	2660	796,3	23,7	5,33	1900/100ml	Mauvaise
P15	PUITS TILOUINE	4430	981,5	14,1	1,01	0/100ml	Très Mauvaise
P16	RASS AGOUIAME	1510	385,7	36,6	2,58	640/100ml	Moyenne

## **V. CONCLUSION GENERALE**

La qualité des eaux des sites de contrôle du bassin hydraulique de Guelmim, dans la limite des paramètres analysés et étudiés est acceptable. Il s'avère qu'elles ont une bonne qualité bactériologique. Cependant, le problème se pose au niveau des paramètres physico-chimique plus précisément la conductivité électrique.

Concernant les eaux de surface, au niveau du sous bassin Bouisaffen, ces conductivités seraient liées à la présence de formations géologiques (calcaires lacustres et grès) facilement altérables. Pour le sous bassin Seyyad, les eaux, sont généralement, de bonne qualité à l'exception de quelques points situés en aval d'Oued. Il faut signaler que malgré la bonne qualité de ces eaux (selon les normes de la grille marocaine des eaux de surface), elles ne peuvent être consommées qu'après un traitement des eaux effectuées par l'ONEE-BRANCHE EAU dont le but est de diminuer la minéralisation.

Les eaux souterraines sont caractérisées par une qualité moyenne, à l'exception des deux points appartenant à la nappe phréatique (Cambrien) qui circule dans les formations minéralisées.

Il faut noter que les origines des fortes salinisations des eaux rencontrées restent estimatives dans l'absence des analyses chimiques et isotopiques approfondies.

## **Références Bibliographiques :**

**ABHSMD (2004)** - Contribution des ressources en eau au développement socio-économique dans les bassins du sud. Rapport interne, 62 p..

**ABHSMD (2010)** - Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intègre des ressources en eau du bassin hydraulique de Guelmim.. Rapport interne, 56 p.

**AGENCE de SUD (2006)** - Etude pilote sur les potentialités de développement durable. Groupe d'étude et de recherche des écologistes Sahariens.

**AGOSSINE M. (1993)** - Contribution a l'étude hydrogéologique de la plaine de Guelmim (Anti-Atlas occidental Marocain) Modélisation et gestion des ressources en eau souterraines. Thésée d'études supérieures. Univ. Cadi Ayyad., 203p..

**CHUBERT G. (1952)** - Congrès géologique international n°10 XIX session. Algérie-livret guide de l'excursion A36, Anti-Atlas occidental.

**DIJON R. (1969)** -Reconnaitances hydrogéologiques et ressources en eau du bassin des Oueds Seyyad Ouerg Noun. Maroc Sud occidental. Notes et Mem. Serv. Géol. Maroc n°197 .154p..

**HEM J. (1985)** - Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters. US Geological Survey Water-Supply paper 2254. 264p..

**NACER N. (2006)** - Utilisation des systèmes d'information géographique en hydrogéologie en vue de l'élaboration d'un outil de gestion des ressources en eau du bassin de Guelmim. Mémoire de 3<sup>em</sup> cycle pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie rural. IAV Rabat.180p.

**NEHMADOU M. (2011)** ; Modélisation mathématique de la nappe de Guelmim. Mémoire de master hydro informatique et génie de l'eau. Univ. Ibn Tofail Kenitra. 146p.

**PDAIRE (2010)** ; Etude du plan directeur d'aménagement intègre des ressources en eau du bassin hydraulique de Guelmim. Rapport.40p..

**RESING (2008)** ; Evaluation des ressources en eau souterraine du bassin hydraulique de Guelmim.Rapport.81p..

**ROBERT-CHARRUE C (2006)** ; Géologie Structural de l'Anti Atlas oriental Maroc. Thèse de doctorat Univ. Neuchâtel. 224p..

**SAIRE (2006)** – Actualisation de l'étude du schéma aménagement intégré des ressources en eau du bassin de Guelmim.Rapport, 108p.

**SAKHO A(2010)** ; Caractérisation hydrogéologique des eaux de la nappe aquifère de tinzouline (Draa, Maroc). Mémoire de master Sciences et Techniques Eau et .Environnement. Univ. Cadi Ayyad (FSTG), 73p..

**SMAIJ Z (2010)** ; Typologie de la qualité des ressources en eaux du bassin de tensift al-Haouz et cadre juridique de protection et de préservation. Mémoire de master sciences et techniques Eau et .Environnement. Univ. Cadi Ayyad FSTG.93 p..