



وكالة النوض الماني لتانسيفت

Agence du Bassin Hydraulique du Tensift



Université Cadi Ayyad
Faculté des Sciences et Techniques
Département des Sciences de la Terre
Laboratoire Géoresources (URAC 42)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

LICENCE En SCIENCES ET TECHNIQUES

« Eau et Environnement »

Intitulé :

CARACTERISATION DE LA QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES DU BASSIN DE N'FIS

Réalisé par :
HAISSOUNE ALI
IDHSSAINE ABDELLAH

Encadrés par :

Mr. BENKADDOUR A. : Faculté des Sciences et Techniques - Marrakech

Mme. BENGHENAM M. : Agence Du Bassin Hydraulique de Tensift

Soutenu : Le 24 /06/2013

Devant le jury composé de :

Mr. BENKADDOUR A. : Faculté des Sciences et Techniques - Marrakech

Mr. AMARI. A : Faculté des Sciences et Techniques - Marrakech

2012-2013

Dédicace

A nos chers pères qui ont toujours été près de nous, pour nous écouter et nous soutenir. Puisse ce travail exprimer le respect et l'amour que nous leur portons.

A nos chères mères qui n'ont jamais épargné un effort pour nous aider et nous encourager. Veuillez trouver en ce travail la consolation et le témoin de la patience et de l'amour.

A nos sœurs, et nos frères, à qui nous souhaitons tout le bonheur du monde. Vous avez toujours été pour nous d'une aide très précieuse.

A toute nos familles.

A tous mes amis.

A tous ceux qui ont confiance en nous.

Remerciement

Avant de présenter notre travail, nous adressons notre remerciement les plus distingués à tous les Enseignants du Département des Sciences de la terre de la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech. Et plus particulièrement au Professeur A.BENKADDOUR, de nos avoir soutenue et appuyée tout le long de ce projet de fin d'études. Vous nos avez encouragée à surmonter les difficultés. Vos précieuses conseils, vos commentaires, et vos critiques ont été très utiles pour structurer ce travail. Monsieur, vous nous avez consacré de nombreuses heures de discussion, votre générosité nous a été un atout précieux. Un simple mot de merci n'est pas suffisant pour vous exprimer nos gratitude.

Nous tiens aussi à remercier très vivement tout ceux qui ont déployé beaucoup d'efforts afin de nous assurer une meilleure formation.

Un énorme merci à tout le Personnel de l'Agence du Bassin Hydraulique du Tensift. Et plus particulièrement Mme M.BENGHANEM, pour nous avoir apporté assistance tout le long de ce travail.

En fin, Je remercie tous ceux qui nos ont aidée de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	9
I. Présentation générale de la zone d'étude	10
1. Situation géographique et cadre administratif, social et économique.....	10
a. Situation géographique	10
b. Cadre administratif et social	10
c. Activités économiques	11
2. Morphologie de bassin	12
a. Indice de compacité	12
b. Relief et la courbe hypsométrique	13
3. Géologie et lithologie du bassin	14
4. climat et occupation des sols.....	15
a. Climat du bassin	14
b. Occupation des sols	16
5. Réseau hydrographique et ressources en eaux.....	16
a. Réseau hydrographique	16
b. Ressources en eau	18
6. Aménagements existants	19
a. Barrage de Lalla Takerkoust	19
b. Barrage Ouirgane	12
II. Méthodologie	21
1. Origine des données.....	21
2. Réseau de mesure de la qualité des eaux et les paramètres analysés	21
3. Qualité des analyses.....	23
a. Assurance qualité	23
b. Balance ionique.....	23
c. Qualité des analyses chimiques des eaux de surface	24
d. Qualité des analyses des eaux souterraines.....	25
4. Eléments et outils d'interprétation	26
5. Historique de l'Evolution des paramètres mesurés	26
6. Détermination des faciès chimiques	26
a. Diagramme de Piper	26
b. Diagramme de Schöeller-Berkaloff.....	28
c. Diagramme de Riverside	29

III. La géochimie des eaux du bassin de N'fis	30
1. L'évolution des paramètres mesurés <i>in situ</i>	30
a. La température	30
b. Conductivités.....	32
c. Oxygène dissous	34
2. Minéralisation	35
3. Analyse en Composantes Principales (ACP).....	39
IV. Qualités des eaux.....	43
1. Notion de pollution.....	43
2. Les normes marocaines	44
3. Qualités des eaux destinées à la consommation humaines.....	47
a. Les eaux souterraines	47
b. Qualité des eaux superficielles.....	48
4. Eaux destinées à l'irrigation	50
CONCLUSION GENERALE.....	52

Liste des abréviations :

ABHT : Agence du Bassin Hydraulique de Tensift

CREP : Centre d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement et la Pollution

MES: matières en suspension,

PT: Phosphor total.

DBO: Demande biologique en oxygène

DCO: demande chimique en oxygène.

CF: coliformes fécaux.

SF : streptocoques fécaux.

CT : coliformes totaux.

Chl A : chlorophylle A

MO: Matières oxydables

Liste des tableaux :

Tab.1 : communes situés sur le bassin de N° fis.....	11
Tab.2 : les activités agricoles et non agricoles dans le bassin du N° fis.....	11
Tab.3 : calcul de l'indice de compacité.....	12
Tab.4 : Répartition hypsométrique de bassin du N° fis.....	13
Tab.5 : Occupation des sols du bassin du N° Fis.....	16
Tab.6 : L'ensemble des sources hydriques présents dans le bassin du N° fis et leur débit.....	18
Tab.7 : Les caractéristiques du barrage de Lalla takerkoust.....	20
Tab.8 : Programme de surveillance de la qualité des eaux superficielles dans le bassin de N° fis.....	22
Tab.9 : Programme de surveillance de la qualité des eaux souterraines dans l'aval du bassin de N° fis.....	22
Tab.10 : qualité des analyses des eaux de surface.....	24
Tab.11 : qualité des analyses des eaux souterraines.....	25
Tab.12 : certains indices de saturation caractérisent les différents eaux de surface au Niveau du bassin de N° fis.....	37
Tab.13 : Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques des eaux du bassin de N° fis.....	41
Tab.14 : contributions des variables.....	41
Tab.15 : cosinus carrés des variables.....	41
Tab.16 : Grille de qualité des eaux de surface.....	45
Tab.17 : Grille simplifiée de la qualité des eaux des rivières.....	46
Tab.18 : Grille simplifiée de la qualité des eaux des lacs.....	46
Tab.19 : Grille simplifiée de la qualité des eaux souterraines.....	47
Tab.20 : Qualité globale des eaux souterraines du bassin dans le bassin de N° fis en période des hautes eaux 2010 et période des basses eaux 2011.....	47
Tab.21 : Qualité globale des eaux de la retenue du barrage Lalla Takerkoust en période des hautes et basses eaux (années 2010 et 2011).....	48
Tab.22 : Qualité globale des eaux des de surface du bassin dans le bassin de N° fis en période des hautes eaux 2010 et période des basses eaux 2011.....	49
Tab.23 : L'indice croisé de SAR/conductivité et leurs utilisations dans l'irrigation.....	52

Liste des figures :

Fig.1 : situation géographique du bassin hydraulique de N'fis.....	10
Fig.2 : carte hypsométrique du bassin du N'Fis.....	13
Fig.3 : la courbe hypsométrique de bassin du N'fis.....	14
Fig.4 : carte géologique du bassin hydraulique de N'fis.....	15
Fig.5 : carte de réseaux hydrographique du bassin de N'fis	17
Fig.6 : carte des eaux souterraines.....	19
Fig.7 : photo du barrage de Lalla takerkoust.....	20
Fig.8 : photo du barrage d'Ouirgane.....	20
Fig.9 : Réseau de contrôle de qualité dans le bassin du N'fis.....	21
Fig.10 : diagramme Piper.....	27
Fig.11 : Diagramme de Schöeller-Berkaloff.....	28
Fig.12 : Diagramme de Riverside.....	29
Fig.13 : évolution de la température de eaux de surface au niveau des stations du bassin de N'fis.....	30
Fig.14 : évolution de la température des eaux souterraines au niveau d un forage et un puits localisés sur le bassin de N'fis	31
Fig.15 : évolution de la conductivité des eaux de surface au niveau des stations du bassin de N'fis.....	32
Fig.16 : Conductivités des eaux souterraines dans le bassin N'fis.....	33
Fig.17 : Evolution de l'oxygène dissous des eaux de surface au niveau du bassin de N'fis.....	35
Fig.18 : Projection sur le diagramme de Piper des analyses des eaux de surface du bassin de N'fis.....	36
Fig.19 : Projection sur le diagramme de Schöeller des analyses des eaux de surface du bassin de N'fis.....	36
Fig.20 : Projection sur le diagramme de Piper des analyses des eaux souterraines de surface du bassin de N'fis.....	38
Fig.21 : Projection sur le diagramme de Piper des analyses des eaux souterraines de surface du bassin de N'fis.....	38
Fig.22 : Projection des variables dans le plan factoriel F1-F2 des eaux De surface du bassin de N'fis.....	41
Fig.23 : Projection des stations de mesure des eaux de surface du bassin de N'fis sur le plan factoriel F1-F2.....	42
Fig.21 : présentation de l'aptitude des eaux du bassin de N'fis à l'irrigation d'après le diagramme Riverside.....	51

Introduction générale:

Dans le cadre de notre formation en Licence Sciences et Techniques « Eau et Environnement » de la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech. Nous avons effectué au sein de l'Agence du Bassin hydraulique Tensift un stage de fin d'étude, sous un thème de caractérisation de la qualité des eaux superficielles et souterraines du bassin de N'fis. Ce bassin qui fait partie du Haut Atlas de Marrakech est un sous bassin de l'oued Tensift.

Le présent travail consiste à analyser l'évolution des différents paramètres physico-chimiques de ces eaux et élaborer une étude de la typologie de la qualité des ressources en eau dans le bassin de N'fis.

De ce fait nous avons divisé notre travail en quatre parties:

Dans la première partie, on commencera par une présentation générale du bassin et une analyse des facteurs influençant la qualité des eaux dans le bassin de N'fis, notamment la situation géographique du bassin, la géologie générale, la climatologie et la distribution des ressources en eau dans la région.

- Dans la deuxième partie on expliquera la méthodologie adoptée pour l'élaboration de ce travail.
- La troisième partie concernant l'évolution spatio-temporelle de certains paramètres physico-chimiques des eaux, et la détermination de leurs Facies chimiques ainsi qu'une ACP permettant de mettre en évidence les ressemblances chimiques entre les différentes eaux.
- la quatrième partie , consistera en une étude de la qualité actuelle des ressources en eaux dans le bassin pendant la période sèche et humide , en commençant par un diagnostic du réseau actuel de surveillance de la qualité des eaux puis une détermination de la qualité des eaux du bassin selon leurs usages (la consommation humaine et l'irrigation) on se basant sur les normes marocaine de la qualité.

I. Présentation générale de la zone d'étude :

1. Situation géographique et cadre administratif, social et économique

a. Situation géographique :

Le bassin de N'fis est localisé au flanc Nord du massif central à l'ouest de Toubkal entre les latitudes 30,5 et 31,2° Nord et entre les longitudes 7,55° et 8,40° W ce bassin versant de l'oued N'fis est un sous bassin de l'oued Tensift (Fig.1). Il draine une superficie de 1686 km² au niveau du barrage de Lalla Takerkoust C'est le bassin le plus étendu du Haut Atlas du Marrakech.

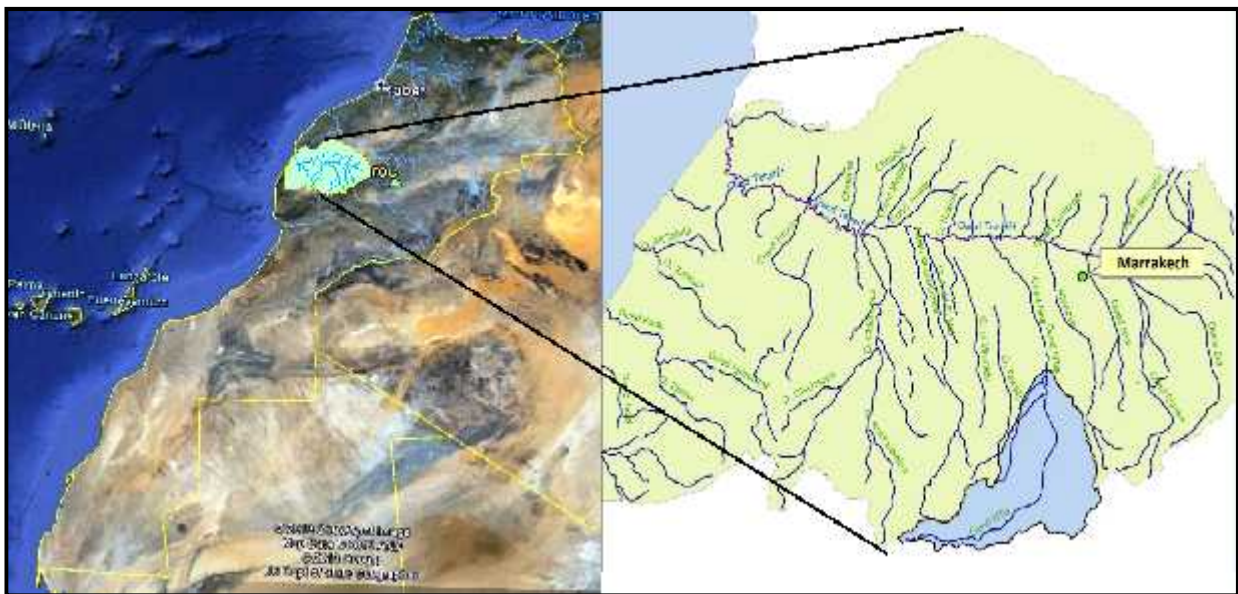


Fig.1 : Situation géographique du bassin hydraulique de N'fis

Le bassin versant du N'Fis se divise en trois sections :

- Une section aval entre le Haouz et les cuvettes des Goundafa.
- Une section moyenne comprenant les cuvettes Goundafa, Correspondant plus ou moins au synclinal permo-triasique du N'Fis.
- Une section amont qui abandonne le synclinal et se dirige vers l'ouest à travers le massif cambrien schisteux et calcaire jusqu'au massif granitique du Tichka. (El Wahidi, 2004).

b. Cadre administratif et social :

Le bassin de N'fis est caractérisé par une vaste extension géographique, il est divisée en 11 communes présentés dans le tableau 1 :

Tab.1 : communes du bassin de N'fis (ABHT, 2010)

Nom de commune	Superficie (km ²)	population	altitudes
Aghbar	161 km ²	4 843	2000 m à 3189 m
TALAT N'YAACOUB	214 km ²	8095	1160 m à 2780 m
CR IJOUKAK	349 km ²	6980	1020 m à 1000 m.
CR IGHIL	189 km ²	5906	1320 m à 3550 m
CR ANOUGAL	89 km ²	4386	1130 m à 3200
CR IMGDAL	278 km ²	5607	850 m à 3830 m
CR OUIRGANE	137 km ²	7269	880 m à 2700
CR AMAGHRAS	94 km ²	4275	700 m à 1780 m
CR OUZGUITA	121 km ²	5591	700 m à 1300
CR LALLA TAKERKOUST	74 km ²	6 793	600m et 800m.
MUNICIPALITE D'AMIZMIZ	47 km ²	14520	830 m à 1580 m

c. Les activités économiques:

Tab.2 : les activités économiques dans le bassin de N'fis (ABHT, 2010)

communs	Superficie (km ²)	Activité agricoles		Activités non agricoles
		SAU (ha)	Soles irrigables (ha)	
AGHBAR	161	151		Néant
TALAT N'YAACOUB	214	1137	967	- un carrière des pierres de construction. - Mine de Guemassa (Ba, Zn, Pb et Cu). - 20 Huileries traditionnelles. - 2 carrières de Gypse.
IJOUKAK	349	427	345	- Mine de Barytine à Amaslane exploitée par l'usine de Guemassa - 13 Mâasra traditionnelles.
IGHIL	189	597	569	- Mine de Cuivre et de Barytine à Azro exploitée par l'usine Scomis. - 30 Mâasra traditionnelles.
ANOUGALE	89	805	465	Néant
IMGDAL	287	326	281	- Mine de Barytine à Amaslane exploitée par l'usine de Guemassa - 13 Mâasras traditionnelles.
AMGHRAS	94	2165	657	Néant
OUIRGANE	137	881	616	- Mine de sel à Marigha. - Carrières de matières de construction à Ound N'fis et Azdane. - Marais salants à Marigha. - 13 Mâasra traditionnelles et 1 huilerie moderne.
OUZGUITA	121	3602	444	Néant
LALLA TAKERKOUST	74	1790	364	- 10 Mâasra traditionnelles
AMIZMIZ	47	1568	987	- carrières de sable et des pierres de construction. - une huilerie moderne et 13 Mâasras traditionnelles.

L'agriculture est l'une des activités les plus dominantes dans le bassin du N'fis, les sols utilisables pour l'agriculture présentent 7,7% de la superficie totale du bassin dont 42% de ces sols sont irrigables.

On remarque aussi la présence de certaines mines et carrières au niveau du bassin (tableau 2).

2. morphologie de bassin :

La superficie, le relief, les pentes sont des paramètres qui contrôlent La forme d'un bassin versant Ces caractéristiques purement géométriques du bassin s'obtiennent à l'aide d'une étude morphométrique et cartographique.

a. Indice de compacité Kc:

C'est un indice établi en comparant la forme d'un bassin à celui d'un cercle pour lequel Kc est égal à 1. Il permet l'évaluation globale du réseau de drainage: un bassin très allongé (Kc élevé) ne réagira pas de la même manière qu'un bassin de forme ramassée (Kc faible). Il est calculé par la formule suivante :

$$Kc = P/2(A)^{1/2} = 0,28 P/(A)^{1/2}$$

P: périmètre du bassin en km mesuré au curvimètre.

A : surface du bassin en km² mesurée au planimètre.

Les résultats des mesures pour le bassin versant du N'Fis au barrage Lalla Takerkoust sont représentés dans le tableau 3 :

Superficie du bassin en Km²	1705
Périmètre du bassin en Km	247
Indice de compacité	1.67

Tab.3 : l'indice de compacité du bassin de N'fis

D'après ces résultats, il ressort que le bassin versant du N'fis est à peu près 7 fois plus long que large. Cette forme allongée va permettre dans le bassin versant du N'fis un léger amortissement des écoulements.

b. Le relief et la courbe hypsométrique :

L'influence du relief est encore plus évidente sur la vitesse d'écoulement. Le relief est indiqué sur la carte topographique par la disposition et la valeur des courbes de niveau. Il est souvent caractérisé par la carte hypsométrique qui présente les différentes tranches d'altitude.

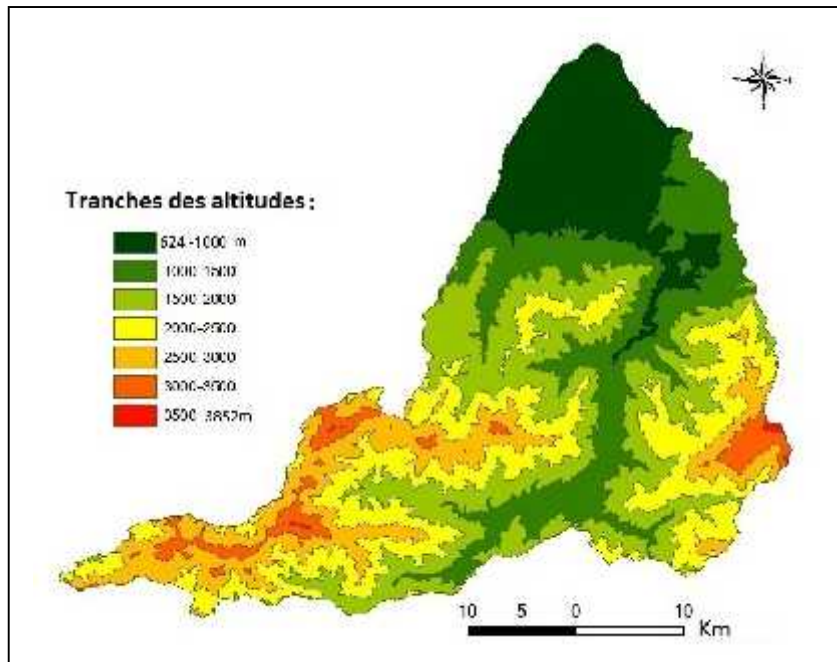


Fig.2 : carte hypsométrique du bassin de N'Fis

La courbe hypsométrique est obtenue en planimétrant les surfaces comprises entre les courbes de niveau et qui différencie les différentes tranches d'altitudes. Chaque tranche d'altitude correspond à une superficie et un pourcentage de la surface totale du bassin.

Les mesures sont résumées dans le tableau 4 :

Tranches altitudes (m)	surfaces élémentaires (km ²)	fractions de la surface en %
624-1000	250,28	16,33
1000-1500	281,63	18,37
1500-2000	388,22	25,33
2000-2500	334,86	21,85
2500-3000	213,37	13,92
3000-3500	61,80	4,03
3500-3852	2,33	0,15

Tab.4 : Répartition hypsométrique de bassin du N'fis.

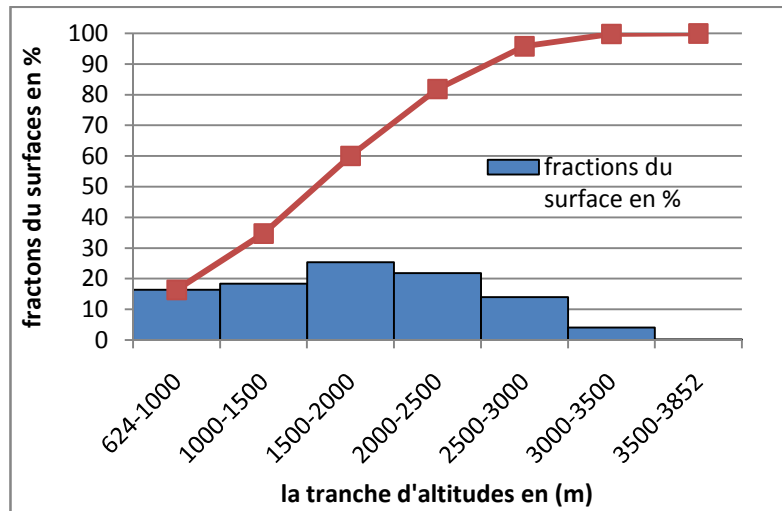


Fig.3 : la courbe hypsométrique de bassin de N'fis.

La courbe hypsométrique peut être établie à partir du tableau 4 en portant les tranches d'altitude (en m) en ordonnées et les fractions de surface (%) en abscisses ; elle est considérée comme une sorte de profil du bassin versant à partir duquel on peut tirer les informations suivantes :

- Un relief montagneux très élevé occupe 77,79 % alors que le piémont et la plaine occupent 22,1%,
- l'altitude moyenne : 1812m,
- l'altitude médiane : 2080m,
- L'altitude la plus fréquente du bassin se situe entre 1600 et 2000 m et représente 23,82 %.

On remarque que les altitudes de ce bassin versant sont relativement élevées, ce qui va favoriser des précipitations importantes dans ce milieu semi-aride.

3. Géologie et lithologie du bassin :

La grande partie du bassin et plus particulièrement la partie montagneuse est constituée essentiellement de schistes et de calcaires d'âge Primaire. Cette partie est parsemée par des petites formations permo-triasique caractérisées par la dominance de grés et d'argiles.

Au Sud-est comme au Sud-ouest du bassin; on remarque l'abondance des grandes massifs granitiques, tandis qu'au Nord de ce secteur on note l'existence des formations de plaine d'âge Tertiaire et Quaternaire, et sans inclure les formations secondaires marno-calcaires localisées en partie importante au Nord-est et en petite partie au Nord-ouest du bassin.

On peut dire que le bassin versant du N'Fis est essentiellement schisteux, le reste est répartie entre les grés permo-triasiques au niveau des cuvettes, des calcaires et le granite

qui domine le plateau de Tichka.

De point de vue pédologique, le N'Fis est caractérisé par la dominance des terrains imperméables avec une répartition de 20% de sols perméable, 9% de sols semi- perméable et 71% de sols imperméable. (El Wahidi , 2004).

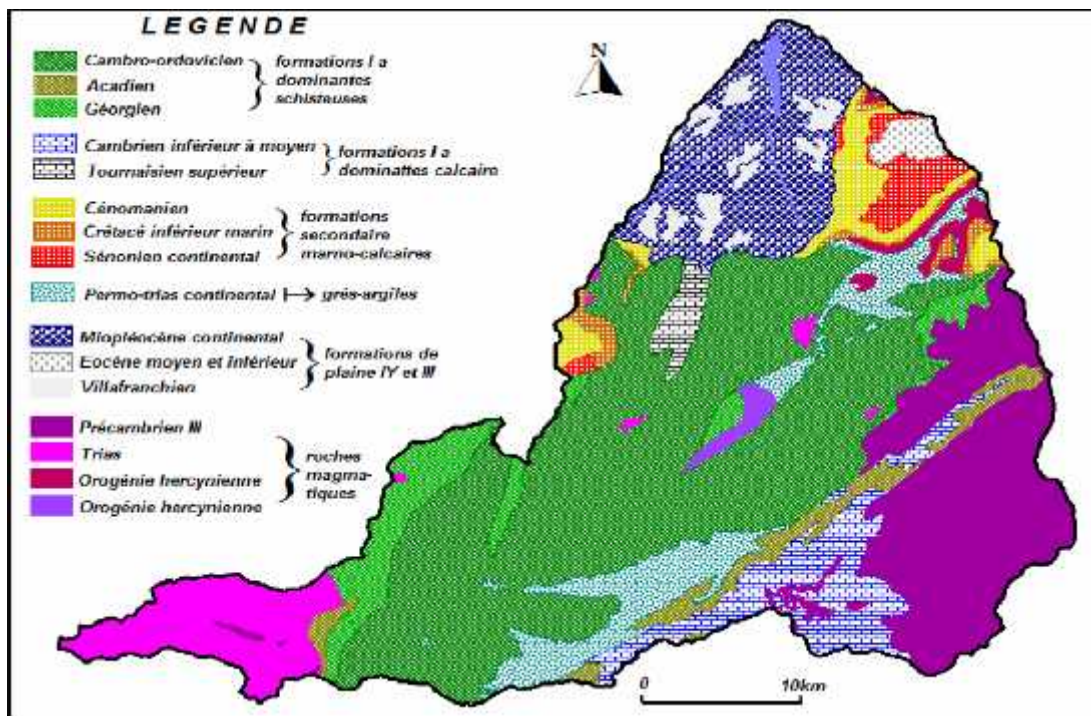


Fig.4 : carte géologique du bassin hydraulique de N'fis (El Younssi, 2011)

4. climat et occupation des sols:

a. climat du bassin :

Le bassin est caractérisé par une hétérogénéité climatique due à des contrastes entre les géomorphologies présentes. En effet les zones de basse altitudes, la plaine de Haouz (la partie aval de bassin) est caractérisée par un climat semi-aride avec des précipitations annuelles ne dépassant pas 300 mm.

Le Haut Atlas caractérisé par des conditions climatiques qui reflètent les effets de l'altitude. la zone pré-atlasique (moyenne altitudes) connaît des conditions relativement sèches. Les précipitations se caractérisent par des orages l'été et s'intensifient particulièrement en hiver lors des dépressions venant du nord. En fin aux zones de hautes altitudes, le climat est froid et les précipitations y sont les plus importantes de tout le bassin dépassant 700 mm par an.

A la station climatique du barrage Lala Takerkoust la température moyenne est de l'ordre de 18,6 °C, avec une température maximale absolue de 46°C et une température

minimale absolue de -7.5°C . Les mois les plus froids sont décembre et janvier et les plus chauds sont ceux de juillet et août.

b. L'occupation des sols :

Le type et la densité de végétation ont un rôle primordial dans la protection de sol contre l'érosion, ils permettent une bonne infiltration des eaux de pluies et ralentissent la vitesse de ruissèlement.

Le tableau 4 montre l'occupation du sol du bassin N'fis :

Occupation des sols	Superficie (km)
Forets	642
Vergers	30
Agricultures	509
Pâturages / terrains nus	483
Terrains rocheux	43
Total	1707

Tab.5 : Occupation des sols du bassin du N'Fis (El Younssi, 2011).

Les terrains nus et rocheux présentent une superficie de 526 km^2 , $31,81 \%$ de la surface totale du bassin. Les terres labourables d'une superficie de 509 km^2 (environ 30%) accentuent plus encore l'impact de l'érosion c'est ce qui va engendrer des conséquences imprévisibles (volume important des apports solides) sur la retenue de barrage lala Takerkoust en aval.

Le couvert végétal est constitué par :

- Des espaces steppiques et/ou herbacés s'adaptant à la chaleur du piémont (Jujubier, Doum...etc.)
- Des espaces steppiques et herbacés s'adaptant au froid des hautes altitudes (Buplèvres épineuxetc.)
- Des espaces à végétation ligneuse et arborée.

5. Réseau hydrographique et ressources en eaux :

a. Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique d'un bassin versant c'est l'ensemble des cours d'eau naturels et artificiels, permanents ou temporaires qui participent à l'écoulement au sein de ce bassin.

- Le réseau hydrographique de l'oued N'Fis qui constitue le principal affluent rive

gauche de Tensift mesure au total 3326 km jusqu'au barrage Takerkoust, son cours principal mesure 152 km jusqu'à le point de rencontre avec l'oued Tensift, le N'fis reçoit de nombreux affluents, plus ou moins courts avec des formes d'écoulement différentes.

Les principaux affluents (Fig.5) sont :

- **L'oued Amezmiz** : draine un bassin de 105 km² à la station hydrologique Sidi Hssain, il rejoint le N'fis en aval de notre exutoire d'Imin El Hammam.

- **Assif Ougdemot** : Affluent rive gauche, qui prend naissance aux environs d'Igdat à une altitude de 3616 m

- **Oued Ouirgane** : Affluent rive droite, il prend naissance dans la région de Tazaghant à une altitude de 3650 m environ.

- **Assif Imigdal** : Affluent rive droite, il prend naissance à une altitude de 3400 m environ.

- **Assif N'Augrandis** : Affluent rive droite il prend naissance dans la région de Ouanoukrim à une altitude 3600 m environ.

L'examen de ce réseau hydrographique nous a montré une forte densité de drainage de l'ordre de 1,97 km/km². Cette dernière, définie comme la moyenne du réseau par km², témoigne de la forme fortement arborescente et dendritique du réseau hydrographique du bassin du N'Fis. Ceci pourrait accentuer la brutalité des crues sur le cours principal, surtout en cas de pluies homogènes arrosant la quasi-totalité du bassin-versant.

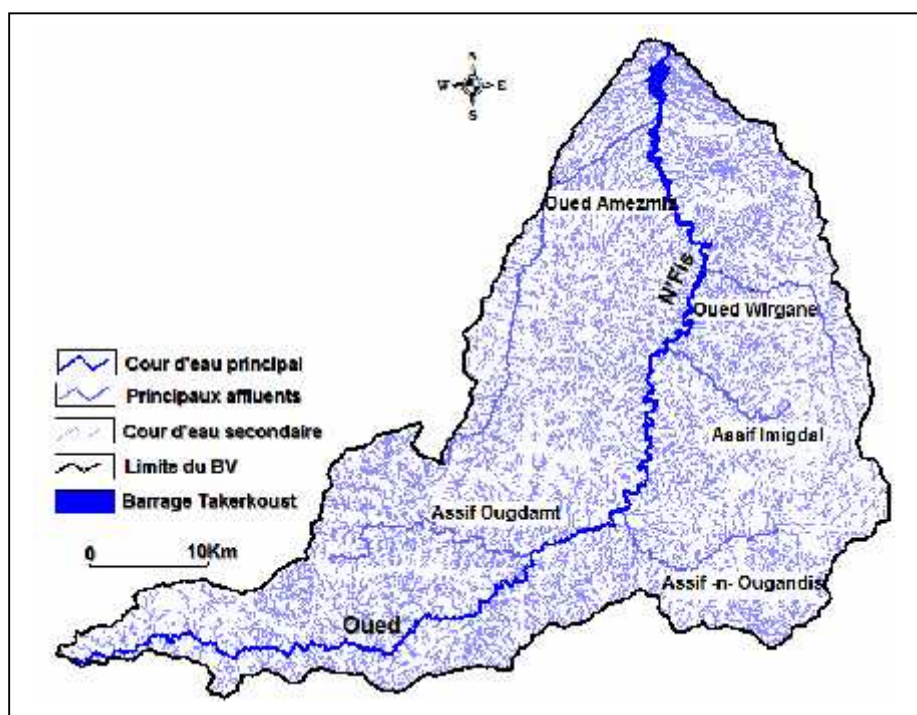


Fig.5 : carte de réseau hydrographique du bassin de N'fis

b. Les ressources en eau :

- Les eaux de surface :

Les sources dans les communes situées dans le bassin de N'fis émergent sous formes de résurgences auprès des berges des cours d'eau. Le tableau 6 montre les ressources hydrique du bassin et leur débit :

Nom de commune	Nombre de sources hydriques	Debit (l/s)
Aghbar	21	4,10
TLAT N'YAACOUB	14	3,56
CR IJOUKAK	55	9,20
CR IGHIL	20	2,98
CR ANOUGAL	25	28,90
CR IMGDAL	37	10,51
CR OUIRGANE	28	6,92
CR AMAGHRAS	25	9
CR OUAZGUITA	24	2,99
CR LALLA TAKERKOUST	6	2,05
MUNICIPALITE D'AMIZMIZ	3	0,86

Tab.6 : Ressources hydriques présents dans le bassin du N'fis et leurs débits (ABHT, 2010)

- Les eaux souterraines :

L'aquifère localisé en partie aval du bassin de N'fis est la nappe du Haouz et généralement on notera une absence de nappes généralisées en amont du bassin avec existence de nappes très locales sans importances correspondant aux sous écoulement alluviales et de nappes très locales associées parfois aux zones altérées et fracturées affectant le socle primaire.

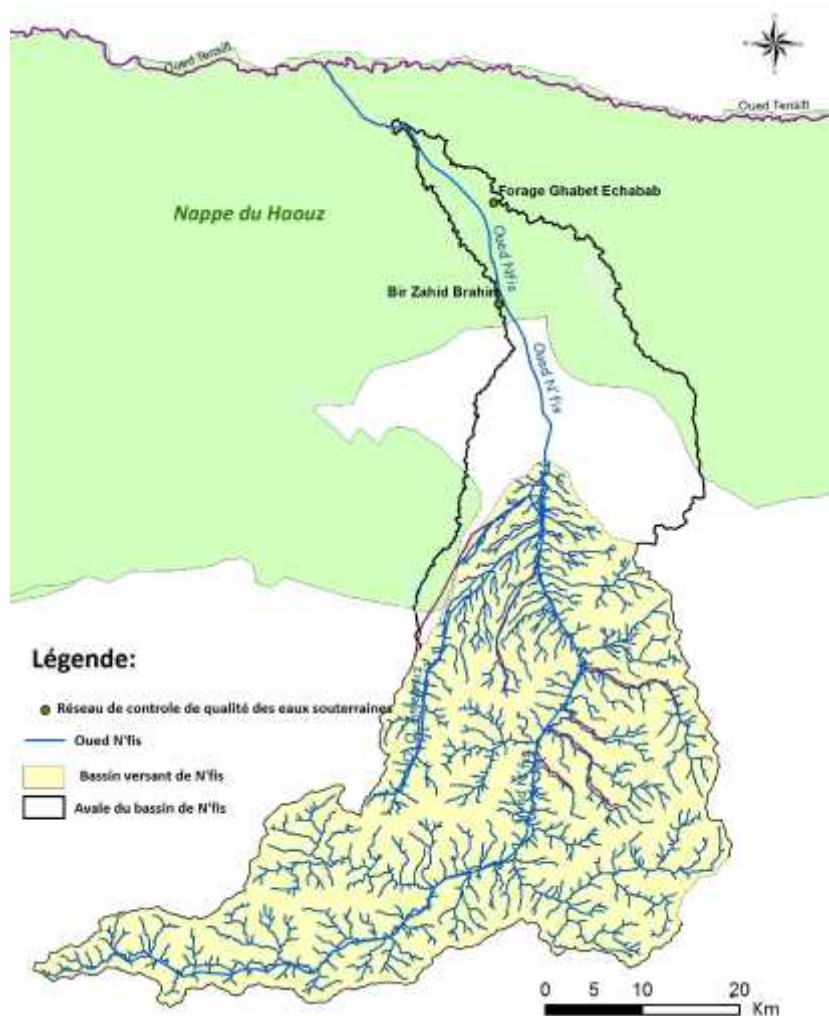


Fig.6 : carte de partie de la nappe du Haouz située à l'aval du bassin

6. les aménagements existants :

a. Barrage Lalla Takerkoust :

Le barrage Lalla Takerkoust est situé à environ 35 Km au Sud Ouest de Marrakech, il a été construit entre 1929 et 1935 pour l'irrigation et la production d'énergie électrique. Il est construit sur l'oued N'fis qui prend sa source dans la chaîne du haut Atlas et qui est un affluent de l'oued Tensift traversant d'Est en Ouest l'immense plaine alluviale du Haouz de Marrakech d'une superficie d'environ 6.000 Km².

Il s'agit d'un barrage poids en béton comprenant 28 plots qui créait à l'origine une accumulation de 53 millions de m³. Du fait de l'envasement important, le volume en Mars 1975 n'était plus que de 34 millions de m³. Aussi, et pour accompagner les extensions et la modernisation de l'ensemble du périmètre du Haouz, le barrage de Lalla Takerkoust a été

surélevé de 9 m entre 1978 et 1980 afin de porter la superficie irriguée à 9.800 ha et la production moyenne annuelle d'énergie électrique à 15 millions de KWh. (www.water.gov.ma)

	Avant la surélévation	Après la surélévation
Côte de retenue normale	655.60 NGM	664.60 NGM
Longueur	5.6 km	7.00 km
Largeur	0.8 km	1.00 km
Superficie de la retenue normale	3.6 km ²	6 km ²
Volume de la retenue normale	34.4 M m ³	78.7 M m ³



Fig.7 : photo du barrage de Lalla takerkoust

b. barrage Ouirgane :

Le barrage Ouirgane est situé sur l'Oued N'fis à 65 km environ au sud-est de la ville de Marrakech, à 20 km environ à l'amont du barrage Lalla Takerkoust et à 1,5 km au nord du village du même nom.

Avec une retenue de 70 Mm³, le barrage permettra d'améliorer la capacité de régularisation de l'oued N'fis au niveau du barrage Lalla Takerkoust et de diminuer les pertes d'eau vers l'aval. (www.water.gov.ma)



Fig.8 : Photo du barrage Ouirgane

II. Méthodologie :

1. Origine des données :

Les données des analyses utilisées dans ce travail proviennent de L'Agence du Bassin Hydraulique de Tensift (ABHT). C'est un organisme gouvernementale crée en application de la loi 10-95 sur l'eau conformément à l'article 20, et instauré par le décret N° 2-00-479 du 14 Novembre 2000. Cette Agence du bassin hydraulique du Tensift a démarré effectivement son action en Avril 2002.

2. Réseau de mesure de la qualité des eaux et les paramètres analysés :

Le réseau de surveillance des eaux dans le bassin de N'fis est composé de :
Quatre points d'échantillonnage pour les eaux de surface, deux points d'échantillonnages pour les eaux souterraines et un point d'échantillonnage pour les retenues des barrages. Les différents sites d'échantillonnage sont représentés sur la figure 9.

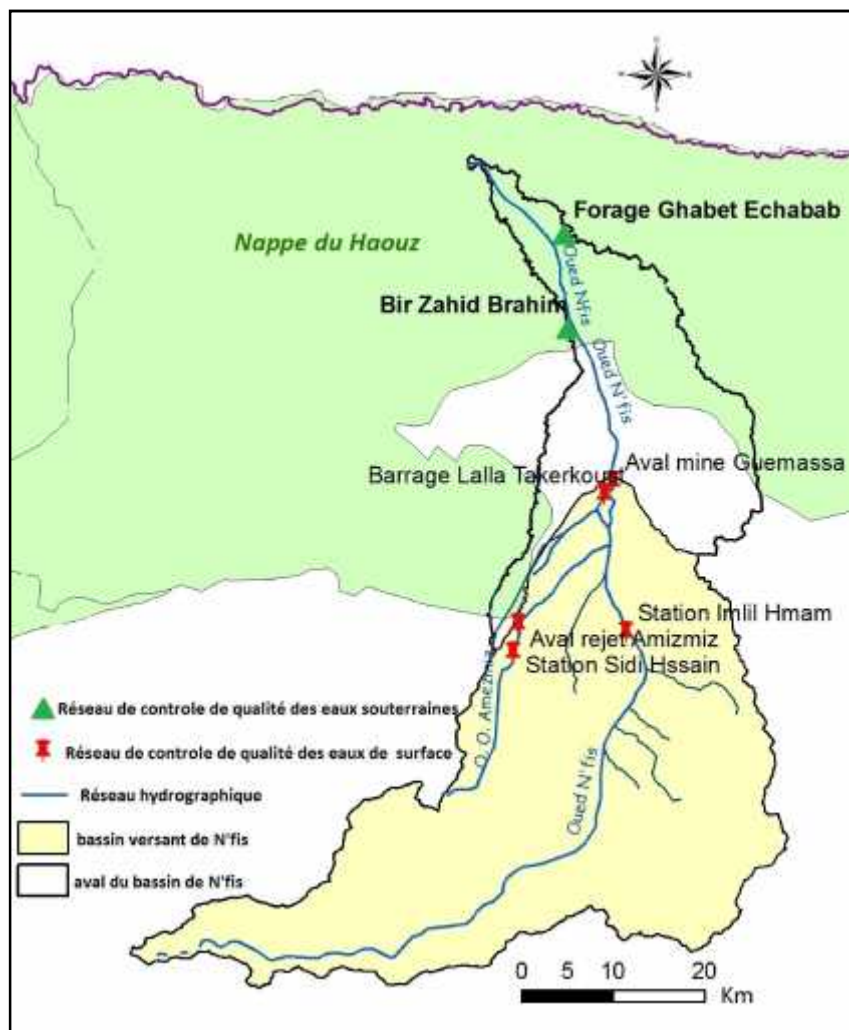


Fig.9 : Réseau de contrôle de qualité dans le bassin du N'fis

Les points de prélèvements et les analyses réalisées sont répertoriés au niveau des tableaux 8 et 9 :

Tab.8: Programme de surveillance de la qualité des -eaux superficielles dans le bassin de N'fis

	Nom de la station	X	Y	OUED	Paramètres a analyser
Les eaux superficielles	Station Imil Hammam	241 400	72 400	N'fis	A+B+C+D+J
	Station sidi Hssain	229 100	70 170	amezmiz	A+B+C+D+J
	Aval rejet Amezmiz	229 600	73 300	amezmiz	A+B+C+D+J
	Aval mine Guemassa	240 000	88 900	N'fis	A+B+C+D+F'+J
Retenue de barrage	Barrage LallaTakerkoust	239 000	87 500	N'fis	E

A = pH, T°, Conductivité, O₂dissous, Turbidité.

B = MES, DBO₅, DCO, NH₄⁺, NTK, NO₂⁻, NO₃⁻, PT, PO₄³⁻, SO₄²⁻

C = Na⁺, Cl⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻, CO₃²⁻.

D = CF, SF, CT.

E = pH, T°, Conductivité, O₂ dissous, MES, NH₄⁺, NO₃⁻, PT, PO₄³⁻, SO₄²⁻, Fe²⁺, Mn²⁺, Chl a,

F = FeT, Phénols, HCT.

F' = Zn, Cu, Pb.

J = IBD

Tab.9: Programme de surveillance de la qualité des eaux souterraines dans l'aval du bassin de N'fis

Nom de la station	X	Y	NAPPE	PARAMETRE A ANALYSER
puits ZAHID BRAHIM	235 880,00	105 750,00	Haouz	G+H+I
FORAGE GHABET ECHABAB	253 030,00	116 150,00	Haouz	G+H+I

G = pH, T°, Conductivité, RS.

H = MO, Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻, CO₃²⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, FeT, Mn⁺⁺.

I = CF, SF, CT

3. Qualité des analyses

a. assurance qualité :

Le CEREP (Centre d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement et la Pollution) est accrédité pour l'exécution des essais dans le domaine des eaux, par le Ministère du Commerce, de l'Industrie et des Nouvelles Technologies du Maroc.

Ainsi, les différentes analyses ont été réalisées dans le cadre d'un système ASSURANCE QUALITE.

En effet, le laboratoire du CEREP dispose d'un système ASSURANCE QUALITE garantissant la qualité des essais et analyses pratiquées, et la fiabilité des résultats produits.

Dans le cadre de ce système, toutes les méthodes d'analyses des différents paramètres sont validées et soumises régulièrement à un contrôle qualité en routine consistant en l'introduction d'éléments de contrôle dans toutes séries d'analyse.

Il s'agit de l'insertion automatique, à une fréquence bien définie, d'un Blanc de méthode, d'un Matériau de Référence et d'un *Duplicata*.

Aussi, pour chaque méthode d'analyse d'un paramètre donné, une carte de contrôle est établie et tenue à jour permettant ainsi le contrôle statistique de sa performance et la prévention de toute anomalie pouvant affecter le processus analytique.

b. balance ionique :

Concernant la qualité chimique des eaux, et avant de traiter et d'interpréter les analyses des eaux prélevées au niveau des différentes stations (eaux souterraines et eaux de surfaces), il faut analyser la fiabilité des résultats des ces analyses. La méthode utilisée est la Balance Ionique (BI). Il faut rappeler qu'en théorie, une eau naturelle est électriquement neutre. De ce fait, la somme (en équivalents chimiques) des cations devrait être égale à celle des anions (en équivalents chimiques).

En réalité, cette égalité est rarement obtenue. De façon générale, la différence est attribuée aux incertitudes, à la présence de certains ions non dosés ou à d'éventuelles erreurs d'analyse. Ainsi, une certaine marge de déséquilibre entre anions et cations est admise. Elle est exprimée sous forme d'un écart relatif par la formule :

$$BI = \frac{\sum(cations) - \sum(anions)}{\sum(cations) + \sum(anions)} \times 100$$

Le calcul de la balance ionique permet généralement de vérifier la fiabilité des résultats des analyses chimiques. Cependant, les incertitudes sur les résultats, variables selon les techniques d'analyse, peuvent expliquer les erreurs parfois élevées sur les balances ioniques, à cause de la présence éventuelle d'anions organiques non pris en compte dans les calculs.

D'une manière générale, les analyses chimiques sont considérées :

- Excellentes lorsque $BI < 5\%$;
- Acceptable lorsque $5\% < BI < 10\%$;
- Douteuse lorsque $BI > 10\%$;

c. Qualité des analyses chimiques des eaux de surface :

En ce qui concerne les données des eaux de surface traitées dans le cadre de cette étude, on a effectué le traitement pour 5 points répartis le long Du bassin de N'fis. Au total, 83 analyses ont été traitées. Les résultats obtenus sont résumés ainsi (tab.10)

- 68% des analyses sont de bonne qualité ($BI < 5\%$),
- 20% ont une qualité acceptable ($5\% \leq BI < 10\%$),
- 12 % des analyses sont douteuses ($BI \geq 10\%$).

Stations	X	Y	Balance ionique %		
			Analyses de bonne qualité	Analyses acceptables	Analyses douteuses
Aval mine Guemassa	240000	889000	67	33	0
Aval rejet Amzmiz	229600	73300	61	13	26
Station Imlil Hmam	241400	72400	88	11	11
Station Sidi Hssain	229100	70170	61	36	5

Tab .10 : Qualité des analyses des eaux de surface

Toutes les analyses qui présentent des BI dont les valeurs $> 10\%$ ont été systématiquement éliminées de cette étude, seules les analyses dont la $BI < 10\%$ ont été retenues.

La balance ionique présente un maximum de déséquilibre ($BI > 10$) dans la station avale de la mine de Guemassa où 26% des analyses ont une qualité douteuse, et un minimum de déséquilibre de 5% dans la station Sidi Hssain.

Les analyses douteuses concernent, généralement, les eaux moins minéralisées. Environ 65% des analyses douteuses sont enregistrées au niveau de la station Aval rejet Amezmiz qui présente une conductivité moyenne de 842,7. Les conductivités des eaux de cet affluent sont toutes inférieures à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. L'opposé, pour la station Aval mine de Guemassa les analyses sont de bonne et acceptable qualités, Les eaux de cette station montrent une conductivité relativement importante 1123 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (supérieur à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

Alors plus les eaux sont minéralisées plus les analyses sont de bonne qualité ($BI < 10\%$). Ceci peut s'expliquer par l'effet amplificateur des incertitudes pour les eaux moins minéralisées. Ainsi, l'erreur s'exprime plus facilement dans une eau qui présente une minéralisation faible et elle est moins importante quand l'eau est d'une minéralisation élevée. Le calcul de la balance ionique en pourcentage met donc en relief les erreurs.

d. Qualité des analyses des eaux souterraines

On a fait l'étude de la balance ionique pour 2 points situé à l'aval du bassin dans la période des hautes eaux.

Au total, 16 analyses ont été traitées. Les résultats obtenus sont:

- 87,5 % des analyses sont de bonne qualité ($BI < 5\%$).
- 12,5 % des analyses ont une qualité acceptable ($5\% < BI < 10\%$).

Le tableau 11 montre les résultats obtenus :

Stations	X	Y	Balance ionique %		
			Analyses de bonne qualité	Analyses acceptables	Analyses douteuses
Bir Zahid Brahim	235880	105750	89	11	0
Forage de Ghabet Echabab	253030	116150	86	14	0

Tab.11 : Qualité des analyses des eaux souterraines

4. Eléments et outils d'interprétation :

La caractérisation de la typologie de la qualité des eaux concerne essentiellement l'étude de l'historique des paramètres mesurés in situ (pH, et conductivité, oxygène dissout) et puis une étude de la qualité actuelle des eaux durant la période des basses eaux et des hautes eaux, en ce qui concerne sa destination à l'irrigation et à la consommation humains selon les normes marocaines.

5. Historique de l'évolution des paramètres mesurés :

L'étude de ces paramètres se fait avec un logiciel Tableur (Excel). Ses graphiques nous ont permis d'avoir une idée sur la qualité des eaux.

6. Détermination des faciès chimiques :

Pour faire la description de la composition des eaux naturelles on doit analyser les faciès chimiques. La nécessité d'une comparaison aisée voire une classification des eaux naturelles nécessite l'utilisation des représentations graphiques.

De ce fait, plusieurs représentations sont utilisées parmi lesquelles on peut citer :

- le diagramme de Piper,
- le diagramme semi-logarithmique de Schöeller-Berkaloff,
- le diagramme de Stiff,
- le diagramme à coordonnées rayonnante,
- diagramme d Riverside,
- diagramme de wilcox,

Dans notre étude, on va utiliser 4 représentations graphiques. Il s'agit de : diagramme semi-logarithmique de Schöeller-Berkaloff, le diagramme de Piper et le diagramme de Riverside.

a. Diagramme de Piper :

Le Diagramme de Piper est l'une des représentations les plus classiques pour comparer les compositions chimiques des eaux naturelles. Il permet une représentation des cations et anions sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives de chacun des ions majeurs par rapport au total des ions. La position relative d'un résultat analytique sur chacun de ces triangles permet de préciser en premier lieu la dominance cationique et anionique. A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection

des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle. Ce point d'intersection représente l'analyse globale de l'échantillon. Cette position permet de préciser le faciès de l'eau naturelle concernée. Le diagramme de Piper permet également :

- D'illustrer l'évolution chimique d'une eau dans un aquifère ainsi que les mélanges d'eaux de minéralisations différentes,
- d'avoir une idée sur la lithologie à partir des analyses chimiques,
- d'avoir une relation entre le chimisme de l'eau et la nature lithologique de l'encaissant,
- la projection de plusieurs échantillons en même temps :
- Pour suivre leurs évolutions dans le temps et dans l'espace,
- Pour les comparer,
- Pour avoir une idée sur la notion de mélange,
- de suivre les propriétés physico-chimiques au cours de leur évolution spatiotemporelle.

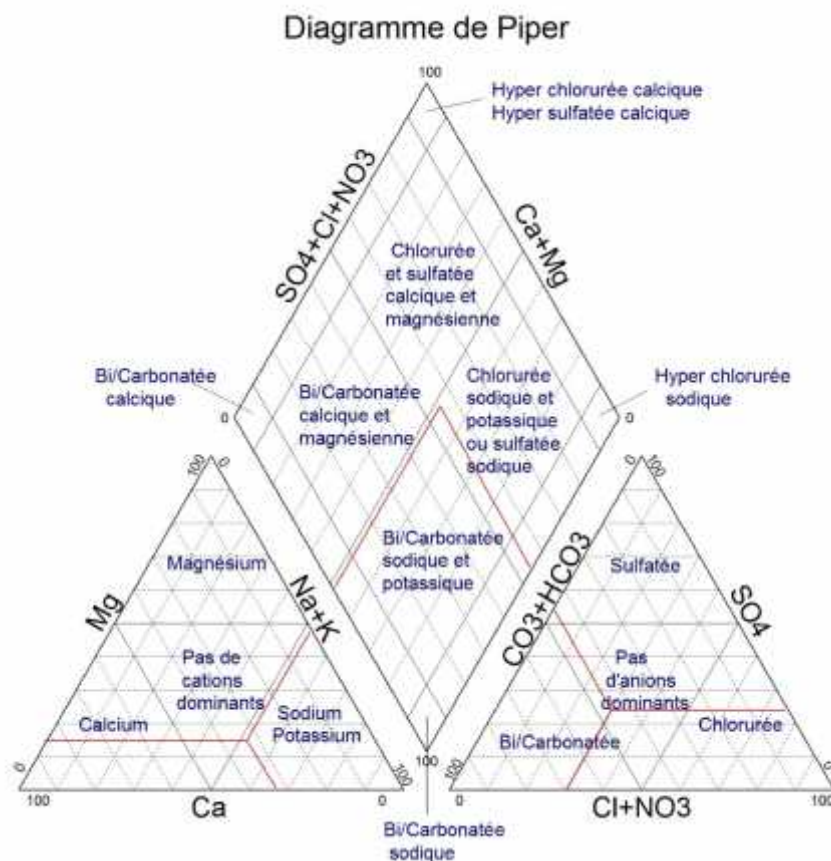


Fig.10 : Diagramme de Piper

b. Diagramme de Schöeller-Berkaloff

Le diagramme de Schöeller-Berkaloff est une représentation graphique semi-logarithmique sur laquelle les différents ions sont représentés sur l'axe des abscisses et la teneur réelle en mg/l sur l'axe des ordonnées. Les points obtenus sont reliés par des droites.

L'allure du graphique permet de visualiser le faciès des eaux analysées. Cette représentation permet aussi la détermination du faciès d'une eau. En effet, le diagramme de Schöeller-Berkaloff indique pour chaque eau analysée la teneur moyenne (mg/l) en éléments majeurs de ces eaux, de comparer des éléments en traces et d'établir les faibles variations entre les éléments chimiques.

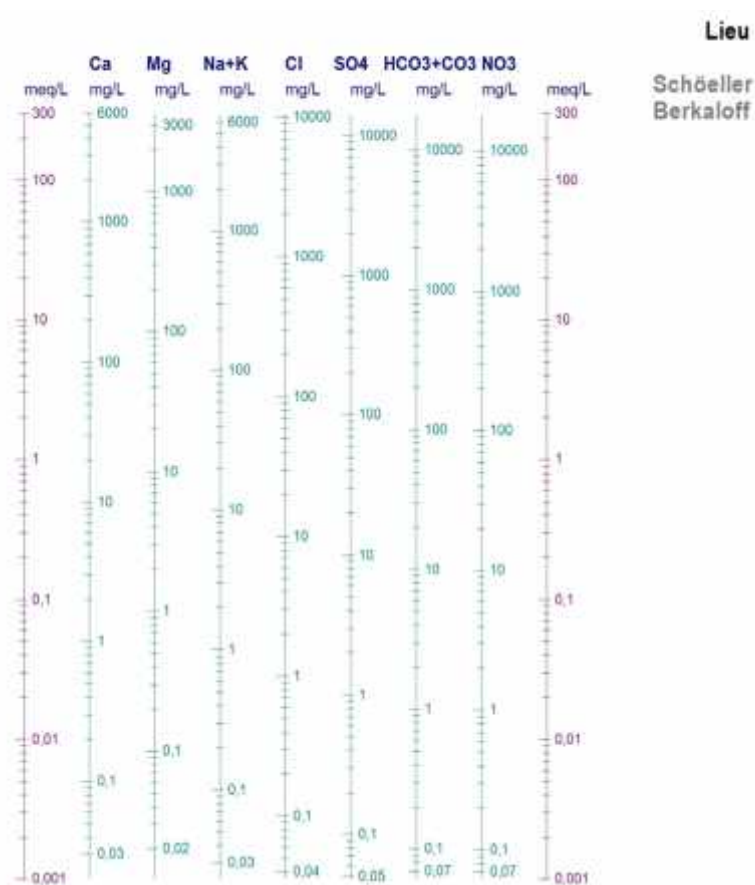


Fig.11 : Diagramme de Schöeller-Berkaloff

c. Diagramme de Riverside :

La salinisation est sans doute le principal risque encouru par les terrains irrigués, principalement en climat aride. Il peut être apprécié par la conductivité électrique des eaux d'irrigation. Un autre risque majeur est celui de l'alcalinisation des sols par suite d'échanges ioniques, concernant surtout le sodium, le calcium et le magnésium, entre l'eau et les argiles du sol. De fortes teneurs en sodium modifient la structure des sols et leur perméabilité. Ce risque peut être apprécié par le coefficient d'absorption du sodium, les risques de salinisation et d'alcalinisation ne sont pas indépendants. Ce dernier est d'autant plus grand que la salinité est importante

Le diagramme de Riverside permet de faire une première classification des eaux selon leur aptitude à l'irrigation. Si les eaux de la catégorie 1 peuvent être utilisées sur presque n'importe quel sol et pour n'importe quelle culture, celles des catégories 2 et 3 doivent être utilisées avec précaution, et celles de la catégorie 4 doivent pratiquement toujours être rejetées.

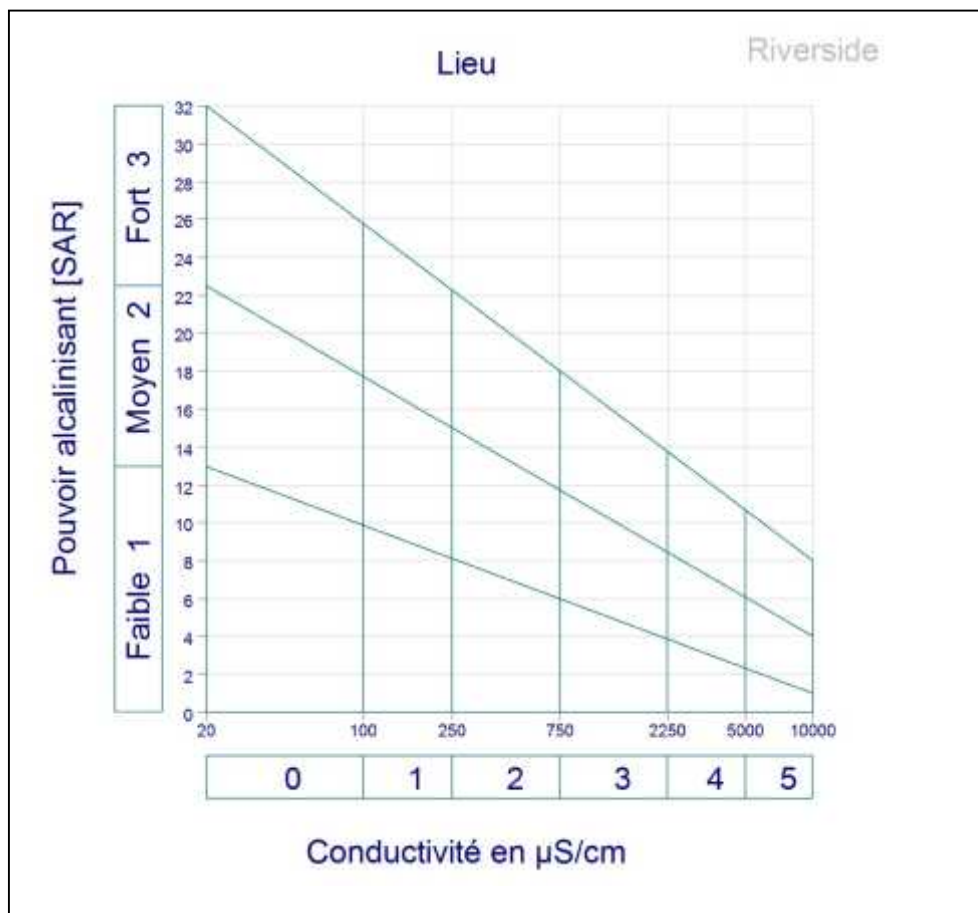


Fig.12 : Diagramme de Riverside

III. La géochimie des eaux du bassin de N'fis :

1. L'évolution des paramètres mesurés *in situ* :

a. La température :

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau.

La température doit être mesurée *in situ*. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement un thermomètre intégré.

- Eaux de surface :

La figure 13 nous montre l'évolution de la température de l'eau au niveau des quatre stations des eaux de surface situées sur notre bassin dans la période allant de 2008 à 2011 :

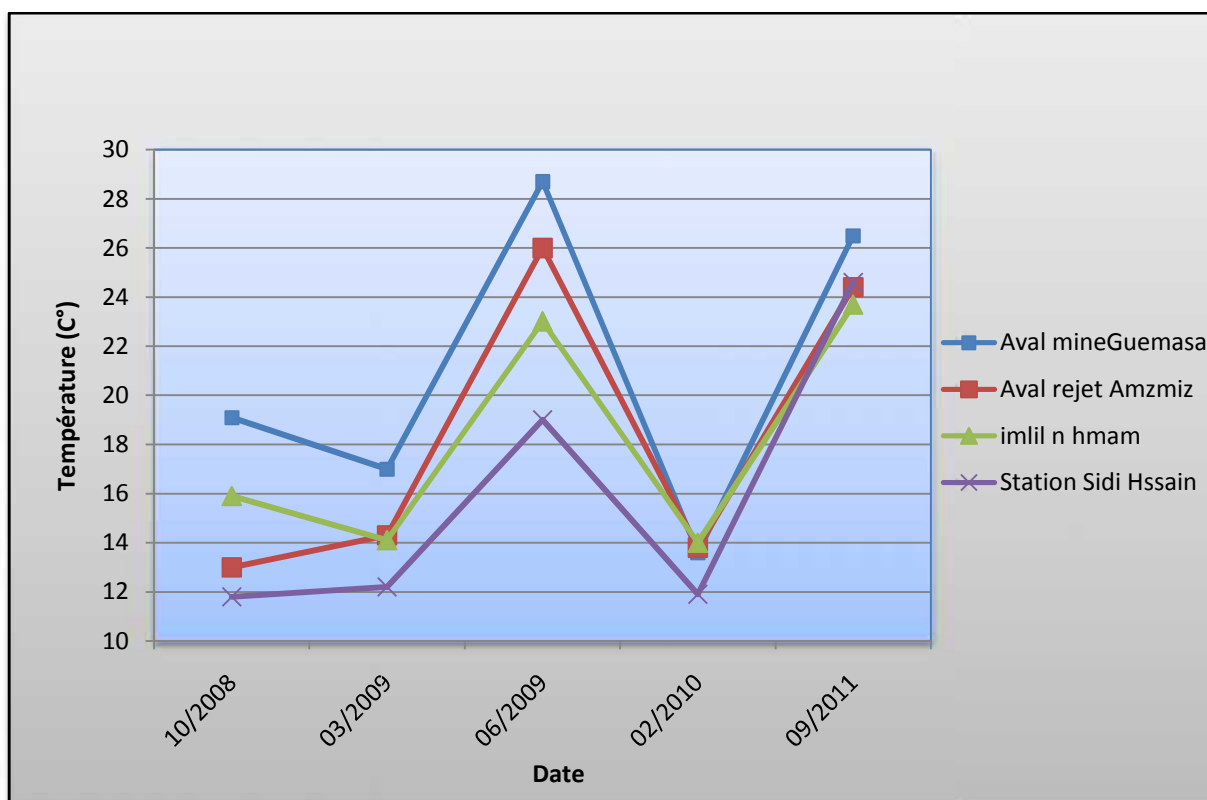


Fig.13 : évolution de la température de eaux de surface au niveau des stations du bassin de N'fis

On remarque une variation spatio-temporelle :

Pendant la période hivernale, les températures sont relativement basses. En effet, la température varie entre 11,8 au niveau de la station Sidi Hssain et 13,6°C enregistrée au niveau de la station Aval mine Guemassa. Alors qu'en été : la température minimale est de l'ordre de 19 observée au niveau de la station sidi Hssain avec un maximal de 28,7 °C enregistré au niveau de la station Aval mine Guemassa.

De même, les températures enregistrées en aval du bassin sont relativement plus élevées que celles de l'amont. Cette distribution de température est totalement normale elle est contrôlée par la température d'atmosphère qui augmente de l'amont vers l'aval et aussi par l'altitude (station sidi Hssain se situe en amont et station aval mine Guemassa en aval du bassin)

- Eaux souterraines :

La figure 14 donne l'évolution de la température des eaux au niveau d'un forage et d'un puits, situés en aval du bassin, durant la période allant de 2008 à 2011 :

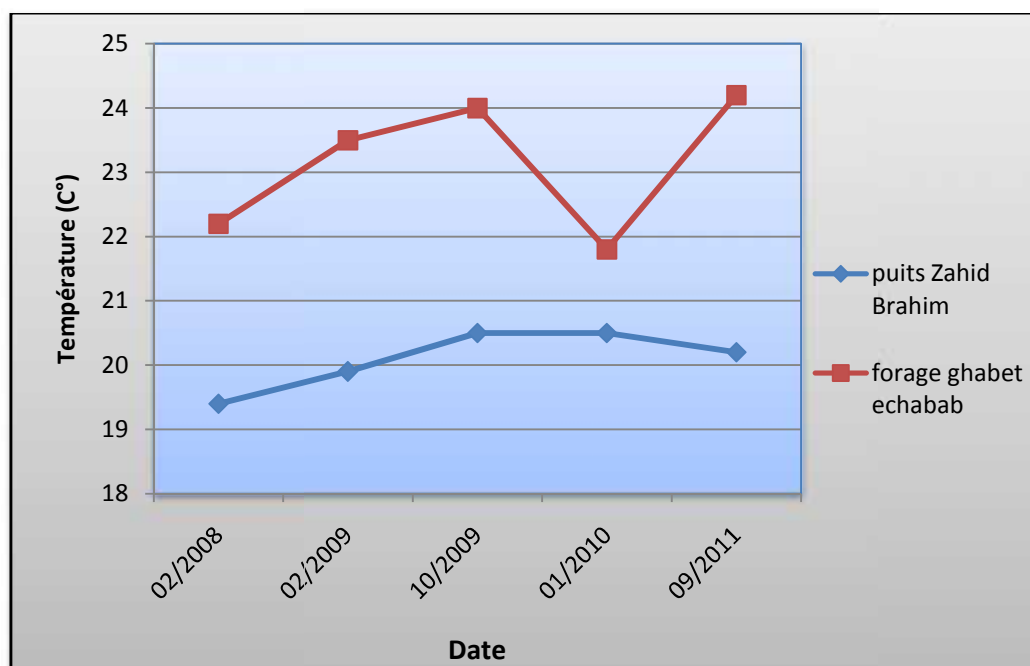


Fig.14 : évolution de la température des eaux souterraines au niveau d un forage et un puits localisés sur le bassin de N'fis

Les températures des deux eaux sont généralement constantes. Au niveau du forage Ghabet Chebab avec une moyenne de 23,4°C. Alors qu'au niveau du puits Zahid Brahim la

température moyenne est de l'ordre de 20,1°C. Cette différence de température est due à la profondeur (le forage était plus profond que le puits). Les températures de l'eau du forage sont contrôlées par celle de l'encaissant (effet de la profondeur et de l'isolement), alors que les températures au niveau du puits sont affectées par celles de l'atmosphère.

b. Conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats doivent donc être présentés pour une conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Les appareils de mesure utilisés sur le terrain font généralement la conversion automatiquement.

- Eaux de surface :

La figure 15 montre l'évolution de la conductivité, des eaux de surface, enregistrée au niveau des 4 stations au cours de la période allant de 2008 à 2011.

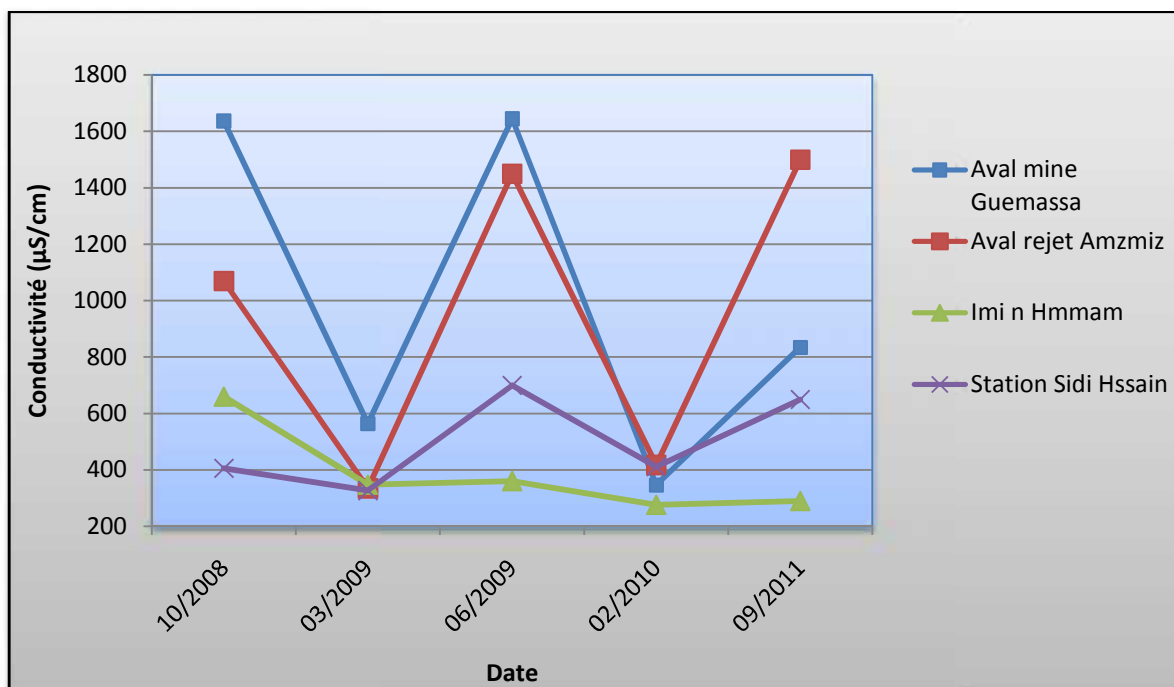


Fig.15 : Evolution de la conductivité des eaux de surface au niveau des stations du bassin de N'fis.

En générale, la conductivité des eaux de surface au niveau du bassin de N fis est relativement faible à moyenne. Elle varie entre 277 et 1645 μ S/cm. Les conductivités montrent également une variabilité spatio-temporelle.

Variabilité temporelle : La conductivité augmente au niveau des périodes des basses eaux et diminue hors des périodes des hautes eaux cette variation est due à la concentration des ions dissous qui augmente avec l'évaporation et la diminution des apports d'eau météorique peu minéralisée. Cette différence de conductivité est très bien représentée au niveau de la station aval mine Guemassa située en aval sur la plaine de Haouz. En effet, la conductivité maximale de l'ordre de 1645 μ S/cm, alors que la conductivité minimale de 347 μ S/cm.

variabilité spatiale : On observe des conductivité faibles au niveau de l'amont du bassin (stations sidi Hssain et Imin lhamam) avec des moyennes interannuelles de l'ordre de 500 μ S/cm et 387 μ S/cm respectivement. Ces faibles valeurs sont liés essentiellement a la lithologie dominée par des affleurement de Schistes carbonifères.

En allant vers l'aval du bassin (stations aval rejet Amezmiz et Aval mine Guemassa), la conductivité augmente et devient relativement moyenne, 954 μ S/cm pour la station aval rejet d'Amezmiz et 1005 μ S/cm pour la station aval mine Guemassa. Cette augmentation de la conductivité est liée à la fois à l'écoulement et au temps de contact ainsi qu'à la nature lithologique des terrains qui dominée par des marnes et des conglomérats miopléocenes, qui sont facilement altérables.

- **Eaux souterraines :**

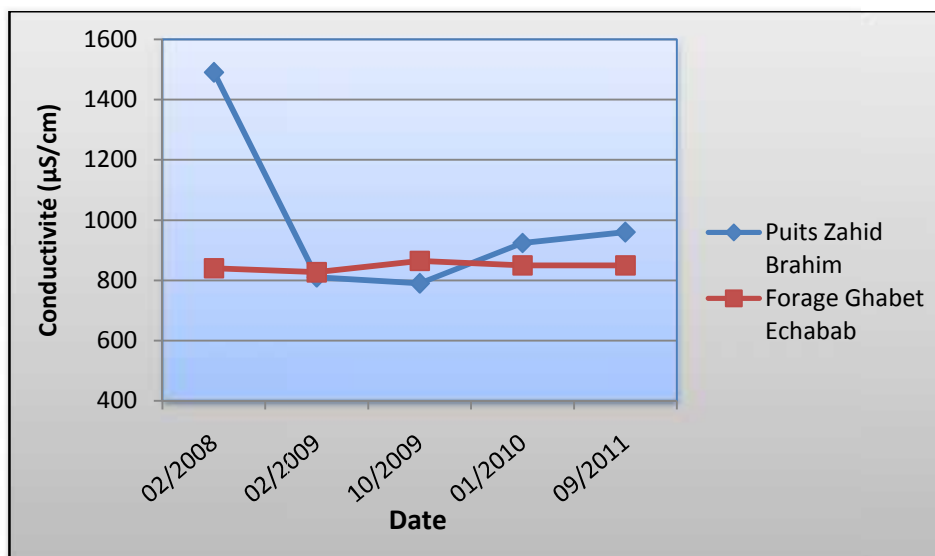


Fig.16 : Conductivités des eaux souterraines dans le bassin N'fis.

L'évolution de la conductivité (Fig. 16) au niveau du forage et du puits en aval du bassin durant la période allant de 2008 à 2011, révèle que :

- Les conductivité sont généralement stables au niveau du forage Ghabet Chabab , avec une moyenne interannuelle de l'ordre de 846 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Au niveau de Puits Zahid Brahim on a une conductivité moyenne de 994 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et on remarque des petites différences entre la conductivité annuelle enregistrés qui est probablement lié à la surexploitation.

c. Oxygène dissous :

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que la pression partielle d'oxygène dans le liquide et l'air soit en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau. La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse.

Une eau aérée est généralement saturée en oxygène (torrent), alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous saturée. En effet, la forte présence de matières organiques dans un plan d'eau par exemple, permet aux microorganismes de se développer tout en consommant de l'oxygène.

L'oxygène dissous est donc un paramètre utile dans le diagnostic biologique du "milieu eau".

La figure17 montre l'évolution de l'oxygène dissous enregistré au niveau des 4 stations des eaux de surface dans la période allant de 2008 à 2011

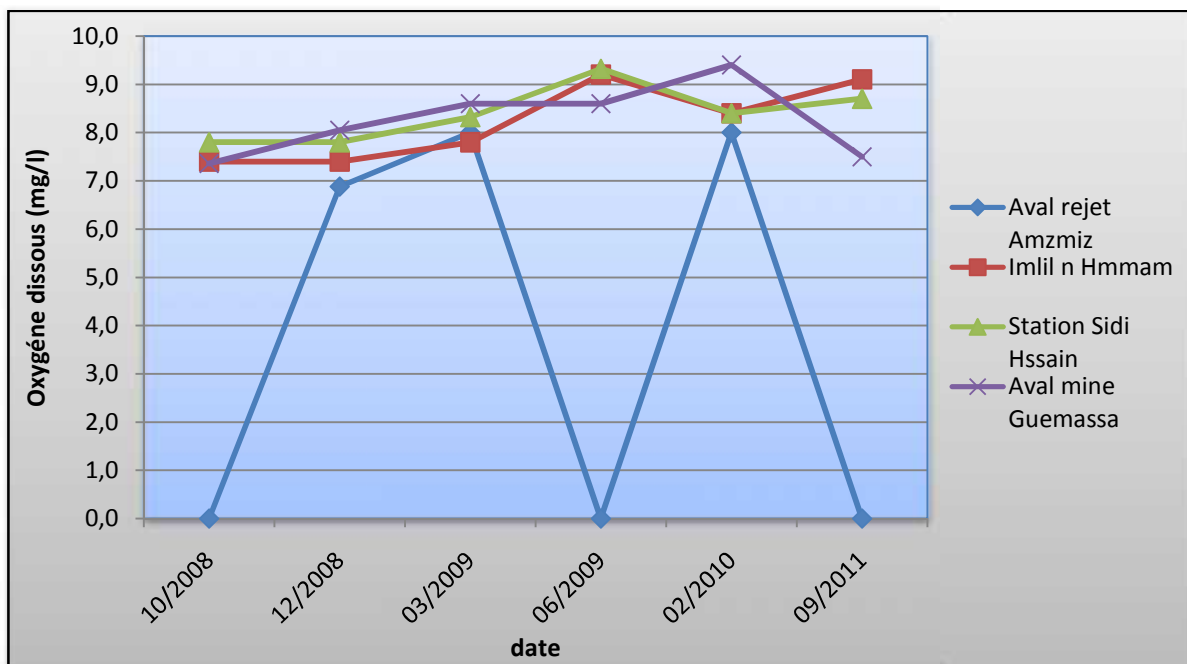


Fig.17 : Evolution de l'oxygène dissous des eaux de surface au niveau du bassin de N'fis

La figure 17 montre que les concentrations en oxygène dissous des eaux de surface des stations Sidi Hssain, Imin lhmam et aval mine Guemassa sont élevées et varient entre 7,4 et 9,4 mg/l. Au niveau de la station aval rejet Amezmiz les valeurs sont très contrastées et oscillent entre 8 mg/l (périodes des hautes eaux) et 0 mg/l lors des périodes des basses eaux. Cette valeur critique de l'oxygène dissous est liée à une forte présence de matière organique. Les teneurs en O₂ dissous des périodes de hautes eaux, seraient le résultat d'apport en O₂ par les eaux météoriques.

2. Minéralisation :

- Les eaux de surface :

La projection des analysé des eaux de surface sur le diagramme de Piper montre que les eaux du bassin de N'fis présentent un faciès carbonatée calcique et magnésien.

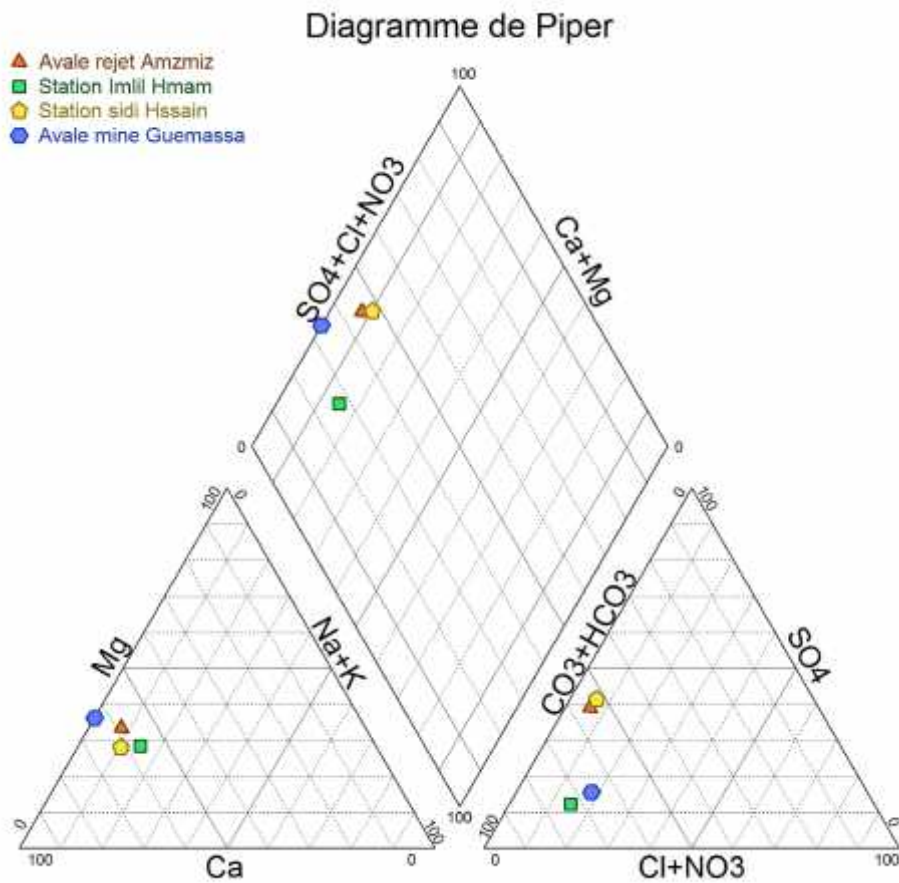


Fig.18 : Projection sur le diagramme de Piper des analyses des eaux de surface du bassin de N'fis

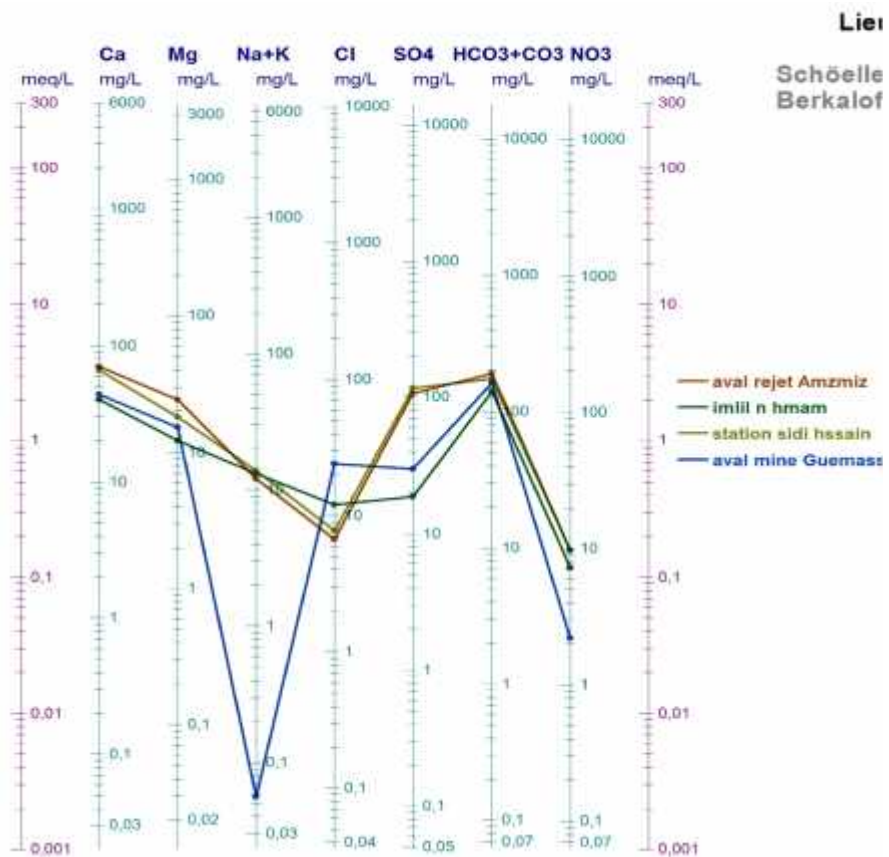


Fig.19 : Projection sur le diagramme de Schöeller des analyses des eaux de surface du bassin de N'fis

Le faciès bicarbonaté calcique et magnésien représente la totalité des analyses. Ce faciès représente en général, les eaux faiblement minéralisées. Les conductivités des eaux varient entre 418 μ S/cm (Aval rejet Amizmiz) et 277 μ S/cm (Station Imlil Hmam). Les teneurs des ions bicarbonatés sont de l'ordre de 189,1 mg/l au niveau de la station Aval rejet Amizmiz et 140,3 mg/l à la station Imlil Hmam. Les teneurs du calcium sont de 70,1 mg/l à l'aval rejet Amezmiz et 40,1 mg/l à la station Imlil Hmam.

Station	Is-calcite	Is-dolomite	Is-gypse
Aval rejet Amizmiz	1,03	1,95	-1,43
Station Imlil Hmam	0,66	1,15	-2,36
Station Sidi Hssain	0,99	1,78	-1,41
Aval mine Guemassa	0,55	0,99	-2,13

Tab.12. : certains indices de saturation caractérisent les différents eaux de surface au niveau du bassin de N'fis

Les indices de saturations (IS) vis-à-vis de ces trois minéraux montrent une sous saturation vis-à-vis le gypse pour toutes les stations et vis-à-vis la calcite à l'exception de la station Aval rejet Amezmiz (Fig.12).

Une sur saturation vis-à-vis la dolomite est remarquée généralement pour toutes les eaux.

- Eaux souterraines

Les deux points d'eaux souterraines du bassin sont reportées sur le diagramme de piper (fig. 20). Ils appartiennent au faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien.

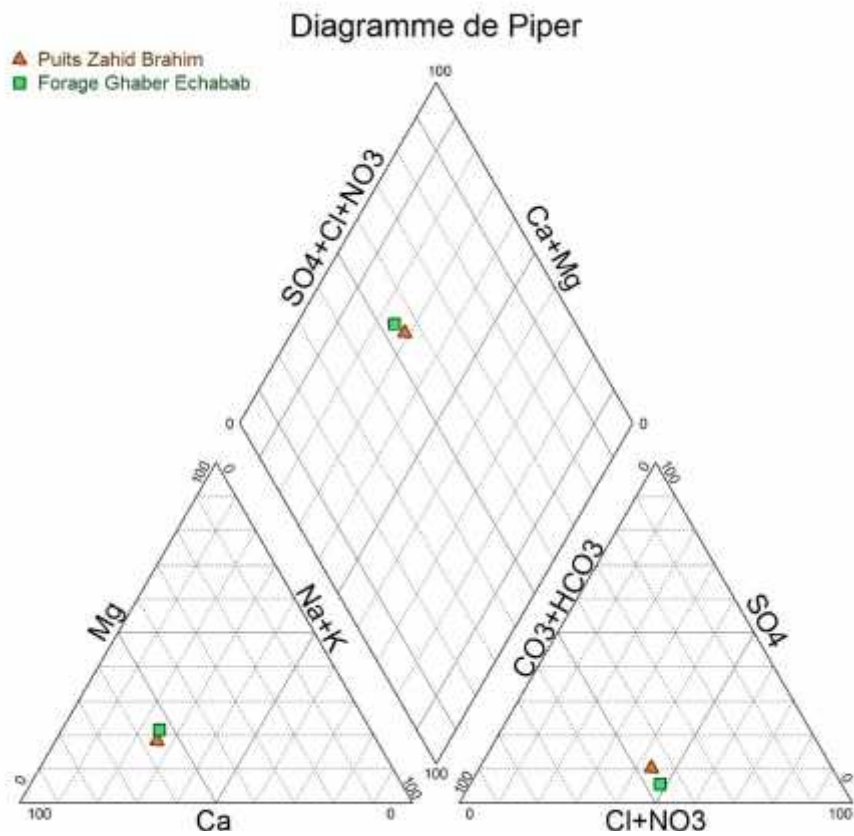


Fig.20 : Projection sur le diagramme de Piper des analyses des eaux souterraines de surface du bassin de N'fis



Fig.21 : Projection sur le diagramme de Schöeller des analyses des eaux souterraines de surface du bassin de N'fis

Les eaux du faciès chloruré sulfaté calcique et magnésien sont moyennement minéralisées. La conductivité électrique variée entre 924 au niveau du puits et 850 au niveau du forage. L'anion le plus dominant est le chlorure, 157mg/l au niveau du forage Ghabet chebab et 164mg/l au puits zahid brahim. Les eaux présentent aussi des teneurs relativement élevées en calcium 119 mg/l au niveau du puits zahid brahim et 100 mg/l au forage ghabet chabab.

Les indices de saturation montrent une sous saturation vis-à-vis de la calcite, la dolomite et du gypse.

3. Analyse en Composantes Principales (ACP)

Cette analyse multidimensionnelle des données est une méthode factorielle et linéaire qui traite des caractères numériques (dans notre cas, les résultats des analyses chimiques). Elle permet de mettre en évidence les ressemblances chimiques entre les différentes eaux et/ou les différents pôles d'acquisition de la minéralisation.

Au cours de ce travail, une analyse statistique (ACP) a été réalisée sur des variables centrées réduites à l'aide du logiciel XLSTAT. Les données portent sur l'ensemble des analyses relatives aux quatre stations des eaux de surface et des deux stations des eaux souterraines. L'ACP est effectuée sur les moyennes interannuels des analyses physico-chimiques. Les 12 variables traitées, concernent les paramètres physico-chimiques suivants : la conductivité, les ions majeurs (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , HCO_3^- , et CO_3^{2-}) ainsi que NO_3^- , PO_4^{3-} et NO_2^- .

L'utilisation de l'analyse en composantes principales (ACP) pour l'étude globale des eaux de surface permet une différenciation sur leurs particularités chimiques, une détermination de leurs variations d'ensemble facteurs suivant les axes principaux et surtout une caractérisation des différents pôles d'acquisition de la minéralisation. Les coefficients de corrélation entre les éléments sont reportés dans le tableau 12.

Variables	Cond (µs/cm)	Ca2+	Mg2+	Na+	K+	HCO3-	CO32-	Cl-	SO42-	PO43-	NO2-	NO3-
Cond(µs/Lit)	1											
Ca2+	0,982	1										
Mg2+	0,811	0,830	1									
Na+	0,971	0,982	0,918	1								
K+	0,857	0,887	0,855	0,859	1							
HCO3-	0,972	0,911	0,764	0,925	0,987	1						
CO32-	-0,686	-0,686	-0,151	-0,540	-0,721	-0,630	1					
Cl-	0,819	0,862	0,898	0,912	0,706	0,806	-0,225	1				
SO42-	-0,140	-0,322	-0,228	-0,263	0,132	0,035	0,210	-0,210	1			
PO43-	0,435	0,332	-0,132	0,207	0,646	0,519	-0,805	-0,083	0,357	1		
NO2-	0,707	0,674	0,344	0,301	0,620	0,733	0,023	0,236	0,034	-0,156	1	
NO3-	-0,115	-0,245	-0,509	-0,348	0,173	0,037	-0,383	-0,557	0,635	0,828	-0,493	1

Tab.13 : Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques des eaux du bassin de N'fis

L'analyse de cette matrice montre une bonne corrélation positive (supérieur à 0,7) entre :

- La conductivité avec le calcium, le sodium, le magnésium, le potassium, les bicarbonates, les nitrites et les chlorures.
- Le calcium avec le magnésium, le sodium, le potassium, les bicarbonates et les nitrites et les chlorures.
- Le magnésium avec les bicarbonates, le sodium, les chlorures et les nitrites
- Le sodium avec le potassium, les bicarbonates, les chlorures et les nitrites
- Le potassium avec les bicarbonates et les chlorures.
- Les bicarbonates avec les chlorures et les nitrites.

Une bonne corrélation négative (inferieur à -0,7) entre :

- Le potassium et les carbonates,
- Les carbonates et les phosphates.

On se base que sur les deux premiers axes principaux puisqu'ils expriment 88,52 % de la variance totale.

	F1	F2
Cond (µs/cm)	13,087	0,698
Ca ²⁺	12,812	0,046
Mg ²⁺	10,735	5,811
Na ⁺	13,248	0,268
K ⁺	11,128	5,048
HCO ₃ ⁻	12,262	2,048
CO ₃ ²⁻	4,309	13,160
Cl ⁻	11,438	4,223
SO ₄ ²⁻	0,338	6,642
PO ₄ ³⁻	1,163	28,691
NO ₂ ⁻	8,647	4,881
NO ₃ ⁻	0,834	28,482
moyenne	8,333	8,333

Tab.14 : Contributions des variables

	F1	F2
Cond (µs/cm)	0,974	0,022
Ca ²⁺	0,954	0,001
Mg ²⁺	0,799	0,185
Na ⁺	0,986	0,009
K ⁺	0,828	0,160
HCO ₃ ⁻	0,913	0,065
CO ₃ ²⁻	0,321	0,418
Cl ⁻	0,852	0,134
SO ₄ ²⁻	0,025	0,211
PO ₄ ³⁻	0,087	0,912
NO ₂ ⁻	0,644	0,155
NO ₃ ⁻	0,062	0,905

Tab.15 : Cosinus carrés des variables

L'analyse des variables montre que (fig.22) :

Le facteur 1, est principalement bien corrélé ($\cos^2 > 0,5$ et contribution > contribution moyenne) avec les variables : conductivité, calcium, magnésium, bicarbonates, sodium, potassium, chlorure, et les nitrites. C'est le pôle des minéralisations. Ce facteur exprime 62,04 % de l'inertie totale

Le facteur 2 représente 26,4% de l'inertie totale du nuage, il est bien corrélé avec les nitrates et les phosphates c'est le pôle de pollution.

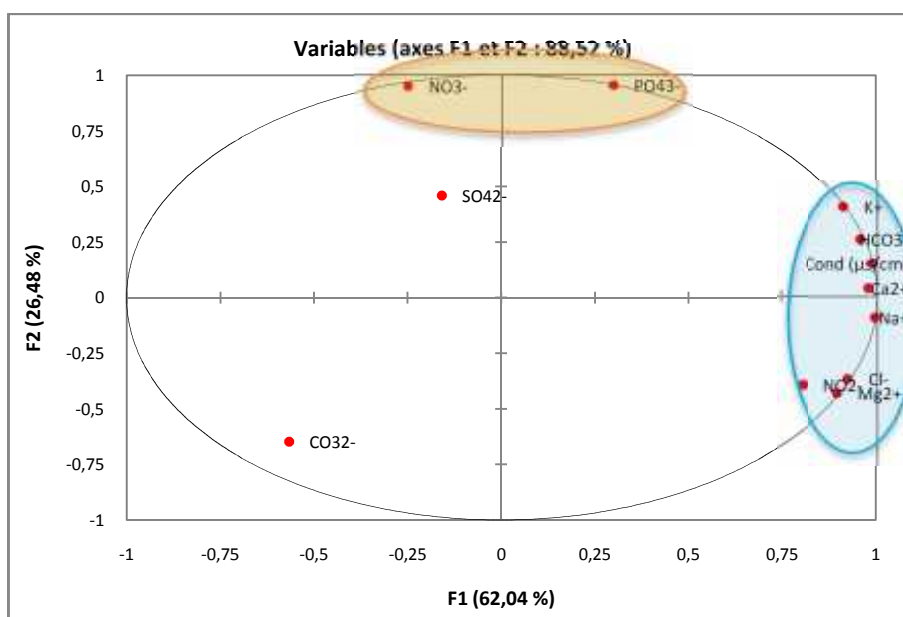


Fig.22 : Projection des variables dans le plan factoriel F1-F2 des eaux de surface du bassin de N'fis

L'analyse de la projection pour les stations des eaux de surface dans le plan factoriel F1-F2 montre qu'on peut subdiviser les points de mesure en trois groupes (fig. 23) :

-Premier groupe (stations : Sidi Hssain et Imin lhamam)

Ce sont les eaux les moins minéralisés par rapport aux autres. Ils sont caractérisés par des teneurs moyennes en nitrates et phosphates

-Deuxième Groupe (station : Aval rejet Amezmiz)

C'est la station la plus polluée représente des teneurs élevées de nitrates et phosphates, avec une minéralisation relativement moyenne

- Troisième Groupe (station : Aval mine Guemassa)

Caractérisé par une minéralisation élevée par rapport aux autres groupes, et c'est la station la moins polluée qui présente des teneurs faibles en nitrates et phosphates.

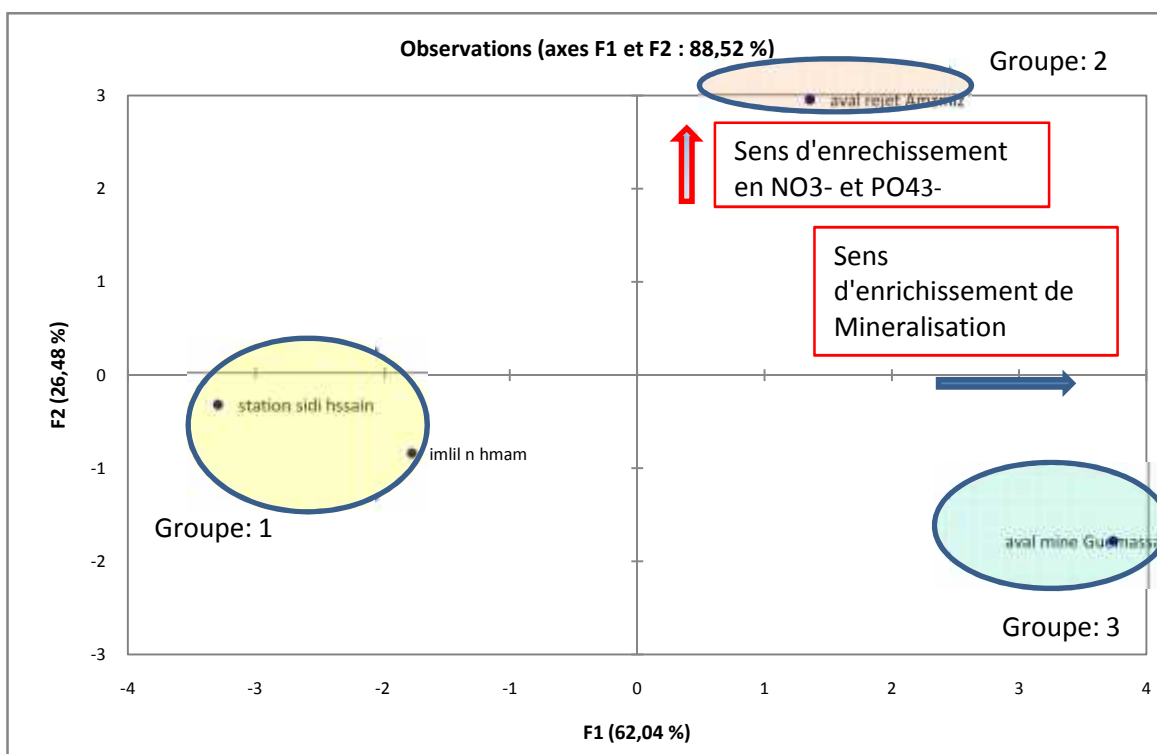


Fig.23 : Projection des stations de mesure des eaux de surface du bassin de N'fis sur le plan factoriel F1-F2

V. Qualités des eaux

La qualité d'une eau est définie par des paramètres physico-chimiques et biologiques, mais également par son usage. Ainsi, une eau impropre à la consommation peut être adaptée à l'irrigation ou à la pisciculture. La question de la qualité de l'eau au sein des programmes humanitaires se pose essentiellement en termes de consommation humaine et d'irrigation. (LHRPS, 2004).

5. Notion de pollution.

La mauvaise qualité de l'eau peut être induite par des activités anthropiques ou par des phénomènes naturels. Dans la plupart des cas, la pollution s'entend comme un dépassement aux normes, définies en fonction des usages de l'eau. Cette définition est cependant restrictive car elle ne tient pas compte de la notion de flux polluants (quantité de pollution), ni des phénomènes non liés à un rejet mais qui créent un potentiel de pollution (construction de latrines dans un environnement de nappe phréatique, par exemple). Une définition globale de la pollution intègre ainsi toutes les actions directes ou indirectes susceptibles d'apporter une dégradation des paramètres caractéristiques de l'eau.

On distingue différentes natures de polluants: les polluants chimiques minéraux (tous les éléments solubles) ou organiques (matière organique, hydrocarbures, organochlorés les polluants biologiques (bactéries, virus et champignons) ; et les polluants physiques (matières en suspension, température, radioactivité...).

La pollution se définit également en fonction de sa répartition spatiale et temporelle. Elle peut être diffuse, c'est à dire de faible intensité mais qui concerne une grande surface (pollution d'une nappe peu profonde par des latrines noyées), ou à l'inverse localisée (pollution de l'eau d'un puits par le puisage). De plus, elle peut être chronique (apport de polluant en continue), occasionnelle ou cyclique (flux de pollutions au moment des pluies, par exemple) (LHRPS, 2004).

6. Les normes marocaines :

La grille de qualité des eaux de surface est fixé par l'Arrêté conjoint du Ministre de l'Équipement et du Ministre chargé de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement n° 1275-01 (17 octobre 2002). Cette grille est définie par les quatre paramètres suivants :

- paramètres organoleptiques.
- paramètres physico-chimiques.
- substances indésirables.
- substances toxiques.
- Paramètres bactériologiques.

Au sens du présent arrêté, les eaux superficielles utilisées pour la consommation humaine sont subdivisées en trois catégories A1, A2 et A3 selon les procédés de traitement approprié :

- **La catégorie A1** pour les eaux nécessitant, pour être potables, un traitement physique simple et une désinfection notamment par filtration.
- **La catégorie A2** pour les eaux nécessitant, pour être potables, un traitement normal physique, chimique et désinfection notamment par pré chloration, coagulation, floculation, décantation, filtration et désinfection (chloration finale).
- **La catégorie A3** pour les eaux nécessitant, pour être potables, un traitement physique, chimique poussé, un affinage et désinfection notamment par chloration, coagulation, floculation, décantation, filtration, affinage (charbon actif), et désinfection comprenant ozonation et chloration finale (RESING, 2002.)

Catégorie			A1		A2		A3	
			G	I	G	I	G	I
PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES								
1	Couleur	mg pt/l	<10	20	50	100	50	200
2	Odeur à 25° C		< 3	-	10	-	20	-
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES								
3	Température	°C	20	30	20	30	20	30
4	pH	pH	6.5-8.5	-	6.5-9.2	-	6.5-9.2	-
5	Conductivité à 20° C	µs/cm	1300	2700	1300	2700	1300	2700
6	Chlorures (Cl-)	mg/l	300	750	300	750	300	750
7	Sulfates (SO ₄)	mg/l	200	-	200	-	200	-
8	MES	mg/l	50	-	1000	-	2000	-
9	O ₂ dissous	mg/l	7(90%)	-	5(70%)	-	3(50%)	-
10	DBO ₅	mg/l	3	-	7	-	10	-
11	DCO	mg/l	-	-	25	-	40	-
12	Oxydabilité	mg/l	2	-	5	-	10	-
SUBSTANCES INDESIRABLES								
13	Bore	mg/l	-	1	-	1	-	1
14	Ammonium	mg/l	0,05	0,5	1	1,5	2	4
15	NTK	mg/l	1	-	2	-	3	-
16	Nitrates (NO ₃)	mg/l	0,4	50	-	50	-	50
17	Phosphores	mg/l	-	-	0,7	-	0,7	-
18	Baryum	mg/l	-	1	-	1	-	1
19	Cuivre (Cu)	mg/l	-	1	-	2	-	2
20	Zinc (Zn)	mg/l	-	5	-	5	-	5
21	Manganèse (Mn)	mg/l	-	0,1	0,1	0,1	1	-
22	Fer dissous (Fe)	mg/l	-	0,3	1	2	1	3
23	Fluorures (F)	mg/l	0,7	1,5	0,7	1,5	0,7	1,5
24	Hydrocarbures dissous	mg/l	-	0,05	-	0,2	0,5	1
25	Phénols	mg/l	-	0,001	-	0,005	-	0,01
26	Détergents anioniques	mg/l	-	0,5	-	0,5	-	0,5
SUBSTANCES TOXIQUES								
27	Arsenic (As)	µg/l	-	50	-	50	-	100
28	Cadmium (Cd)	µg/l	1	5	1	5	1	5
29	Chrome total (Cr)	µg/l	-	50	-	50	-	50
30	Plomb (Pb)	µg/l	-	50	-	50	-	50
31	Mercure (Hg)	µg/l	-	1	-	1	-	1
32	Sélénium (Se)	µg/l	-	10	-	10	-	10
33	Nickel (Ni)	µg/l	-	50	-	50	-	50
34	Cyanures (CN-)	µg/l	-	50	-	50	-	50
35	Pesticides par subst.	µg/l	-	0,1	-	0,1	-	0,1
36	Pesticides au total	µg/l	-	0,5	-	0,5	-	0,5
37	HPA	µg/l	-	0,2	-	0,2	-	0,2
PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES								
38	Coliformes fécaux	/100ml	20	-	2000	-	20000	-
39	Coliformes totaux	/100ml	50	-	5000	-	50000	-
40	Streptocoques fécaux	/100ml	20	-	1000	-	10000	-

Tab.16 : Grille de qualité des eaux de surface.

Pour des raisons de disponibilité de données, seules les grilles simplifiées ont été adoptées (Tab. 17, 18 et 19).

Grille simplifiée de qualité des eaux

Les résultats des analyses des eaux superficielles sont comparés par rapport à la grille simplifiée du tableau 16 (arrêté n° 1275-01 du 17-10-02). Les paramètres de cette grille sont ceux relatifs aux indicateurs d'une pollution organique, azotée, phosphorée, et bactérienne. Cette grille est divisée en 5 classes allant d'Excellente (classe1) à Très mauvaise (classe5).

Paramètres de qualité	O ₂ dissous (mgO ₂ /l)	DBO5 (mgO ₂ /l)	DCO (mgO ₂ /l)	NH ₄ ⁺ (mgNH ₄ ⁺ /l)	PT (mgP/l)	CF (UFC/100ml)
Excellente	>7	<3	<20	<0,1	<0,1	<20
bonne	7-5	3-5	20-25	0,1-0,5	0,1-0,3	20-2000
Moyenne	5-3	5-10	25-40	0,5-2	0,3-0,5	2000-20000
Mauvaise	3-1	10-25	40-80	2-8	0,5-3	>20000
Très mauvaise	<1	>25	>80	>8	>3	–

Tab.17 : Grille simplifiée de la qualité des eaux des rivières. (ABHT, 2011)

Grille simplifiée de qualité des eaux des lacs :

Cette grille est utilisée pour caractériser la qualité des eaux du lac du barrage Lalla Takerkoust :

Paramètres de qualité	O ₂ dissous (mgO ₂ /l)	PT (mgP/l)	PO ₄ ³⁻ (mgP/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Chl a (µg/l)
Excellente	>7	<0.1	<0,2	<10	<2,5
Bonne	7-5	0,1-0,3	0,2-0,5	10-25	2,5-10
Moyenne	5-3	0,3-0,5	0,5-1	25-50	10-30
Mauvaise	3-1	0,5-3	1-5	>50	30-110
Très mauvaise	<1	>3	>5	–	>110

Tab.18 : Grille simplifiée de la qualité des eaux des lacs (ABHT, 2011)

Grille simplifiée de qualité des eaux souterraines.

La qualité des eaux souterraines est basée sur cinq paramètres indicateurs de pollution physico-chimique, organique, azotée et bactérienne ces paramètres Sont :

- La conductivité et les ions chlorures qui renseignent sur la qualité minéralogique des eaux.
- Les nitrates, principal indicateur d'une pollution d'eau souterraine
- NH_4^+ : forme réduite de l'azote.
- Matières oxydables : déterminées par oxydabilité au KMnO_4 .
- Les coliformes fécaux comme indicateurs de pollution bactériologique.

Paramètres de qualité	Cond. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Cl^- (mg/l)	NO_3 (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	MO (mgO_2/l)	CF (UFC/100ml)
Excellente	<400	<200	<5	$\leq 0,1$	<3	≤ 20
Bonne	400-1300	200-300	5-25	0,1-0,5	3-5	20-2000
Moyenne	1300-2700	300-750	25-50	0,5-2	5-8	2000-20000
Mauvaise	2700-3000	750-1000	50-100	2-8	>8	>20000
Très mauvaise	>3000	>1000	>100	>8	-	-

Tab.19 : Grille simplifiée de la qualité des eaux souterraines. (ABHT, 2011)

7. Qualités des eaux destinées à la consommation humaines.

c. Les eaux souterraines :

	Paramètres de qualité	Cond. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Cl^- (mg/l)	NO_3 (mg/l)	NH_4^+ (mgNH_4^+/l)	MO (mgO_2/l)	CF (UFC/100ml)	Qualité globale
Période des basses eaux 09/2011	Puits de Zahid Brahim	560	83,3	12,0	<0,006	0,64	0	Bonne
	Forage Ghabet Echababe	850	157	26,4	0,006	1,9	0	Moyenne
Période des hautes eaux	Puits de Zahid Brahim	924	164	4,42	0,062	0,73	12	Bonne
	Forage Ghabet Echababe	850	157	16,7	0,018	1,3	28	Bonne

Tab.20 : Qualité globale des eaux souterraines du bassin dans le bassin de N'fis en période des hautes eaux 2010 et période des basses eaux 2011.

Les résultats obtenus montre que les eaux souterraines sont généralement de bonne qualité à l'exception des eaux du forage durant la période des basses eaux. Elles présentent une qualité moyenne qui est liée au nitrate provenant probablement des engrais.

L'analyse des résultats du tableau (19) montre que :

- Les teneurs en ammonium, en chlorures et en coliformes fécaux sont généralement faibles.
- La contamination bactérienne des eaux de cette nappe est très faible à absente,
- Les teneurs en Nitrates sont généralement faibles sauf pour la période des basses eaux pour le forage Ghabet echababe qui présente des teneurs moyennes.
- La conductivité est bonne, les valeurs enregistrées au niveau du puits Zahid Brahim varient généralement entre un minimum de 560 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et un maximum de 924 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et reste constante au niveau du forage Ghabet Echabab.

d. Qualité des eaux superficielles :

Les retenus du barrage :

Les analyses des eaux de la retenue du barrage Lalla Takerkoust sont effectuées sur trois niveaux :

- La surface du barrage.
- Le milieu.
- Le fond.

	Paramètres de qualité	O ₂ dissous (mgO ₂ /l)	PT (mgP/l)	PO ₄ ³⁻ (mgP/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Chlorophylle a (µg/l)	Qualité globale
Période des basses eaux 09/2011	Barrage Lalla Takerkoust (surface)	9,00	<0,061	0,005	1,59	9,99	Bonne
	Barrage Lalla Takerkoust (milieu)	8,20	<0,061	<0,003	1,52	11,2	Moyenne
	Barrage Lalla Takerkoust (fond)	5,20	<0,061	0,027	1,97	3,51	Bonne
Période des hautes eaux 02/2010	Barrage Lalla Takerkoust (surface)	8,84	0,061	0,014	4,72	1,89	Excellente
	Barrage Lalla Takerkoust (milieu)	8,00	0,061	0,019	5,34	1,89	Excellente
	Barrage Lalla Takerkoust (fond)	7,40	0,331	0,046	4,97	4,59	Moyenne

Tab.21 : Qualité globale des eaux de la retenue du barrage Lalla Takerkoust en période des hautes et basses eaux (années 2010 et 2011).

Les résultats obtenus pour la période de basses eaux montrent que la qualité est :

- Bonne en surface et au fond du barrage
- Moyenne au milieu en raison des teneurs relativement élevés de la chlorophylle A, ce paramètre nous donne une idée sur la quantité moyenne d'organismes photosynthétiques et d'algues et, en ce sens, du degré d'eutrophisation moyen de l'eau.

Pour la période des hautes eaux :

- A la surface et au milieu les eaux sont de qualité excellente.
- Au fond, les eaux sont de qualité moyennes grâce à des teneurs relativement élevées de phosphore totale.

En effet, le fond du lac qui est considéré comme la zone aphotique (absence de lumière), l'activité photosynthétique est réduite ce qui conduit à un enrichissement en nutriments et en particulier le phosphore. A la surface le phosphore est consommé par l'activité photosynthétique (Zone photique).

Les eaux des rivières :

L'évaluation de la qualité des eaux des oueds du bassin N'fis est résumée dans le tableau 22.

	Paramètres de qualité	O ₂ dissous (mgO ₂ /l)	DBO5 (mgO ₂ /l)	DCO (mgO ₂ /l)	NH ₄ ⁺ (mgNH ₄ ⁺ /l)	PT (mgP/l)	CF (UFC/100ml)	Qualité globale
Période des basses eaux	Station Sidi Hssain	8,70	0,36	12,0	0,006	0,028	0	Excellente
	Aval rejet Amzmiz	0,00	704	1316	67,7	14,4	1,6 ^E +06	Très mauvaise
	Station Imlil n Hmam	9,10	3,00	14,0	0,017	0,033	0	Bonne
	Aval mine Guemassa	7,50	0,94	25,0	<0,006	0,082	4,00 ^E +03	Moyenne
Période des hautes eaux 02/2010	Station Sidi Hssain	8,4	1,7	18	0,067	0,341	30	Moyenne
	Aval rejet Amzmiz	8,0	0,25	25	0,2	0,3	40	Moyenne
	Station Imlil n Hmam	8,4	2,5	23	0,6	0,1	76	Moyenne
	Aval mine Guemassa	9,4	1,5	27	0,083	0,061	10	Moyenne

Tab.22 : Qualité globale des eaux de surface du bassin dans le bassin de N'fis en période des hautes eaux 2010 et période des basses eaux 2011.

Pendant la période des basses eaux, les eaux superficielles du bassin de N'fis montrent une variabilité remarquable au niveau de leurs qualités. La qualité des eaux est excellente au niveau de la station Sidi Hssain, bonne à la station Imlil hamam, Moyennes à la station Aval mine Guemassa et très mauvaises au niveau de la station Aval rejet Amezmiz. Cette dernière présente des teneurs très élevées en NH_4^+ , en phosphore total et en coliformes fécaux. Elle est, également, caractérisée par des fortes valeurs de DBO5 et de DCO et l'absence totale d' O_2 dissous.

Durant la période des hautes eaux la qualité est moyenne sur la totalité des stations du bassin. Cette amélioration de la qualité est due au renouvellement des eaux des oueds pendant cette période.

✓ **Station Aval rejet Amezmiz :**

Durant la période des basses eaux, cette station présente une qualité très mauvaise due principalement aux déchets liquides de la ville d'amezmiz qui sont rejetés directement dans l'oued Amezmiz sans être traités,

8. Eaux destinées à l'irrigation :

L'agriculture est l'activité la plus dominante sur le bassin de N'fis, la salinisation et l'alcalinisation des eaux sont les principaux risques qui peuvent encourir les eaux destinées à l'irrigation. Dans le but d'évaluer ces deux risques, les résultats des analyses physicochimiques ont été projetés sur le digramme Riversids (U.S salinity Laboratory staff, 1954 InHem, 1985). Sur cette représentation graphique, le risque de salinité est estimé par la conductivité exprimée en $\mu\text{s}/\text{cm}$. Alors que le risque d'alcalinisation des sols est quantifié par le S.A.R (sodium Adsorption Ratio).

- La conductivité :

La mesure de la conductivité de l'eau permet d'estimer sa minéralisation, et donc la quantité de sels dissous apportés au sol, on distingue 6 classes (C0 à C5).

- SAR :

Le SAR (Sodium Adsorption Ratio) ou capacité d'absorption du sodium permet d'appréhender les risques d'alcalinisation en sel NaCl induit par l'irrigation, tel que $\text{SAR} = \text{Na} / \sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg})}$ (concentrations en mmol/l). On définit différentes classes d'eau en fonction de leur SAR (S1 à S4).

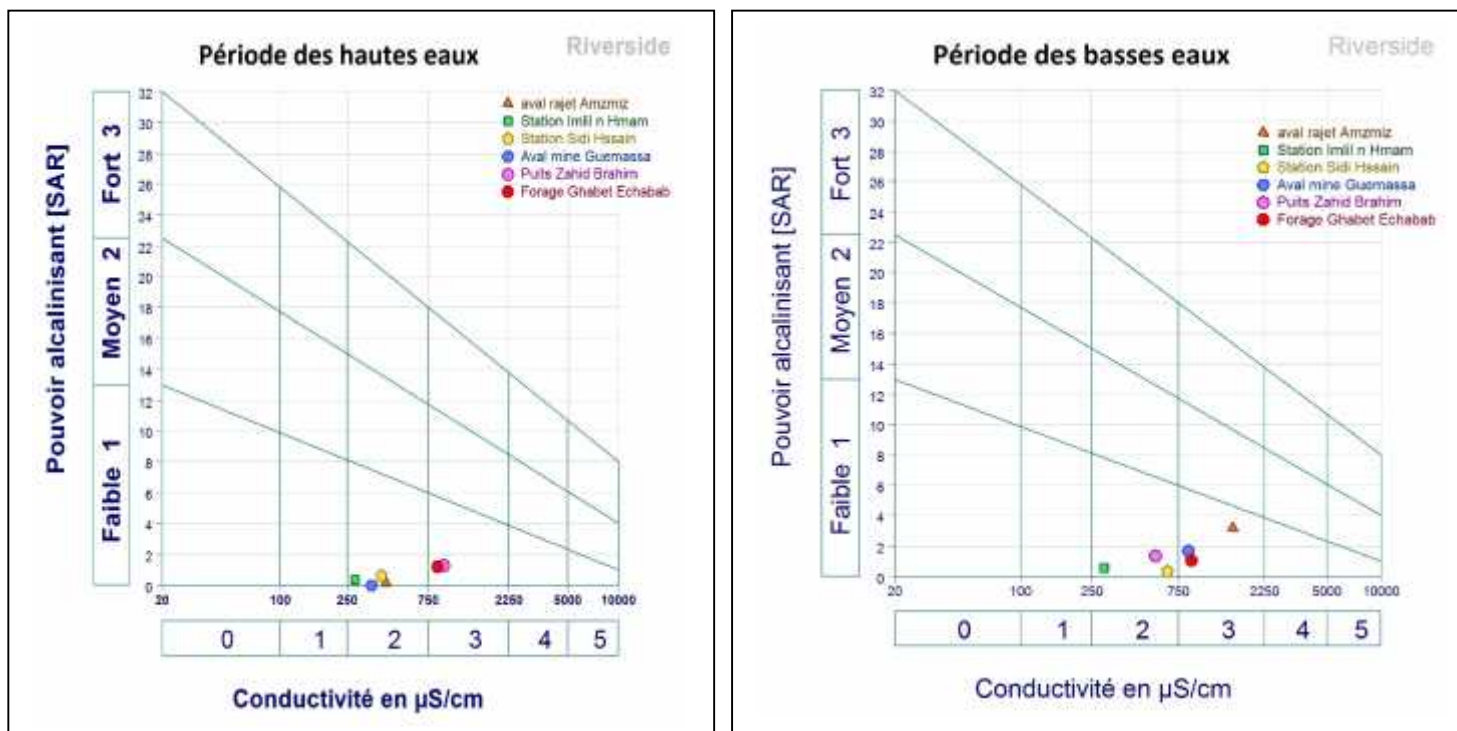


Fig.21 : présentation de l'aptitude des eaux du bassin de N'fis à l'irrigation d'après le diagramme Riverside

La fig.21 montre que la qualité des eaux du bassin reste généralement stable pendant toute l'année (C2-S1 pour les stations des eaux de surfaces Imin Lhamam, Sidi Hssain et aval mine Guemassa) et (C3-S1 pour les eaux souterraines) sauf au niveau de la station des eaux de surface Aval rejet Amezmiz qui est caractérisé par une détérioration de sa qualité pendant les périodes des basses eaux.

L'augmentation de la conductivité de ces eaux est liée d'une part aux rejets liquides de la ville d'Amezmiz et d'autre part à l'augmentation de la concentration des ions sous effet d'évaporation.

	Indice croisé SAR/Conductivité	Stations	Indications
Période des hautes eaux 02/2010	C2-S1	- aval mine Guemassa -aval rejet Amzmiz - Sidi Hssain - Imlil Hmam	- eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel.
	C3-S1	- forage Ghabet Echabab - Puits Zahid Brahim	- eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel. - sol bien aménagé (bon drainage) - contrôle périodique de l'évolution de la salinité.
Période des basses eaux 09/2011	C2-S1	- Sidi Hssain - Imlil Hmam - Puits Zahid Brahim	- eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel
	C3-S1	-aval rejet Amzmiz - forage Ghabet Echabab - aval mine Guemassa	- eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel. - sol bien aménagé (bon drainage). - contrôle périodique de l'évolution de la salinité.

Tab.23 : L'indice croisé de SAR/conductivité et leurs utilisations dans l'irrigation

Conclusion générale :

Dans la limite des paramètres étudiés, la situation de la qualité des ressources en eaux dans le bassin de N'fis est caractérisée par une qualité généralement bonne pour les eaux souterraines et les eaux de la retenue du barrage Lalla Takerkoust pendant toute l'année.

Les eaux des oueds présentent généralement une qualité moyenne. Une qualité très mauvaise est remarquée au niveau de la station aval rejet Amezmiz situé à l'aval de la ville d'Amezmiz

La mauvaise qualité de l'eau au niveau de cette station est due aux déchets liquides rejetés directement dans l'oued Amezmiz sans être traités. Les paramètres de déclassement de la qualité de ces eaux sont la forte minéralisation, des teneurs élevées de composés azotés et phosphatés et l'absence totale de l'oxygène dissous. Ces eaux représentent une grande menace pour toute utilisation humaine surtout alimentaire.

Pour remédier à cette situation il est nécessaire de construire une station de d'épurations des eaux usées pour le traitement de ces eaux avant d'être rejetés dans l'oued.

Références Bibliographiques :

- **ABHT,2010** .étude de monographies des ressources en eau des communes des provinces d'Essaouira et d'al Haouz, mission 2 : conception et élaboration des monographies ressources en eau.
- **ABHT, 2011**. Etude de la qualité d'eau : réalisation des analyses de l'eau dans la zone d'action de l'ABH TENSIFT, 43ème campagne.
- **El Wahidi F., 2004**. Le cyprès de l'Atlas, in « Les espèces de cyprès », publication supmed, l'Italie ; division de Recherches et d'Exploitations Forestières; Centre régional de la recherche forestière, Marrakech, Maroc ;19 P ;Edizioni Centro Promozione Pubblicità- Firenze
- **El Younssi Y., 2011**. «caractéristiques hydrologiques et géomorphologiques du bassin versant du n'fis : conséquences sur l'envasement du barrage Lalla Takerkoust», Mémoire de fin d'étude, Licence science et technique en eau et environnement, Université Cadi Ayyad Faculté des sciences et techniques. Marrakech. 76 p.
- **LHRSP, 2004**. La qualité et les analyses de l'eau, Rapport d'étude, Centre International de l'eau de Nancy, Agence de l'eau Rhin Meuse 56 p.
- **RESING, 2002**. Inventaire du degré de pollution des eaux superficielles, mission II : Diagnostic de surveillance de la qualité.
- Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement- Département de l'Eau (page consultée le 17/06/2013), les grands barrages du Maroc. Disponible sur : http://www.water.gov.ma/index.cfm?gen=true&Id=80&ID_PAGE=193.