

Université Cadi Ayyad

Agence de Bassin Hydraulique

Faculté des Sciences et Techniques Marrakech

du Tensift



Département des Sciences de la Terre

ABHT

Mémoire de Stage de Fin d'Etudes

*Master Sciences et Techniques Eau et
Environnement*



*Typologie de la qualité des ressources en eaux du bassin de
Tensift Al-Haouz et cadre juridique de protection et de
préservation*

Par :

Zakaria SMAIJ

Sous la direction de :

M. BENGHANEM

S. BOUALLAM

M. SAIDI

Soutenu le 30 juin 2011 devant la commission d'examen composée de :

Président : D. CHAFIKI

Examineurs : A. BENKADDOUR

Encadrants : M. BENGHANEM

S. BOUALLAM

M. SAIDI

Année universitaire

2010/2011

Dédicace

L'accomplissement du présent travail n'a été possible qu'avec le soutien de dieu et de certaines personnes :

Je tiens tout d'abord à remercier mes encadrant L'Ingénieur Mme M BENGHANEM , et les Professeurs. Mme S. BOUALLAM et Mr M. SAIDI.

Merci pour votre patience, votre soutien, votre gentillesse, et votre grande humanité, merci pour m'avoir supporté, dans tous les sens du terme, et merci pour ce travail d'équipe qui m'a tant apporté. , j'en suis très flatté et amplement gâté de vous avoir comme encadrants.

Ensuite, tout mot et toute expression, suave qu'il soit ou meilleure qu'elle soit, ne peut exprimer mes sincères et vifs sensations de remerciement à Mr A. BENKADOUR, pour sympathie sans égale, ses conseils pertinents et son savoir érudit très bénéfique à mon égard.

Mes vifs remerciements et ma profonde gratitude aux professeurs qui ont accepté d'examiner ce travail. Veuillez trouver ici les expressions de mon profond respect.

Un grand merci aux personnellles de l'agence du bassin hydraulique de Tensift (ABHT) pour leurs soutiens.

Merci à mes chers amis, mes collègues de travail, mes élèves. Merci pour l'efficacité et pour leur compréhension.

Je présente mes sincères et vifs remerciements a mes parents, que ce travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, de vos prières et le fruit de vos innombrables sacrifices.

Je remercie vivement mes biens aimés sœurs et frères, pour leur encouragement.

Pour toutes les personnes dont je n'ai pas cité les noms, qu'elles soient toutes assurées de mes profondes gratitudes.

RESUME

La pollution des eaux constitue une menace importante pour tout développement des ressources hydrauliques dans le bassin de Tensift Al-Haouz. Ce bassin situé dans le centre Est du Maroc caractérisé par l'affleurement des différents temps géologique et un climat aride à semi aride avec des Température moyennes, des précipitations faibles et une forte évaporation en été.

Dans le cadre de la protection et la préservation de ces ressources en eau, l'objectif de cette étude consiste à avoir une idée claire aussi bien sur l'état et la typologie la qualité des ressources en eaux du bassin hydraulique de Tensift et sur le support juridique qui cadre les objectifs de protection et de préservation de ces ressources.

En se basant sur les normes marocaines de qualité des eaux, dans la limite des paramètres et des points étudiés (réseau de la surveillance de la qualité des eaux gérés par l'Agence du Bassin Hydraulique de Tensift). Le présent travail montre que la qualité des eaux pendant l'année agricole 2009/ 2010 est généralement de moyenne à mauvaise qualité pour les eaux de surface et les eaux souterraines à l'exception des eaux de barrage qui sont de bonne à moyenne qualité. Les types de pollution les plus détériorant la qualité des eaux sont surtout la minéralisation et la matière azotée pour les eaux souterraine, et la matière phosphatée pour les eaux de superficielles.

Dans la deuxième partie on a pu définir à la fois les objectifs de protection et de préservation des eaux et les textes juridiques qui réglementent toute action correctifs et préventifs visant le développement les ressources hydrique. Les objectifs de protection consistent à :

- Définir et les normes de qualité des eaux pour différent usage et les actualiser périodiquement chaque dix (10) ans ;
- Assurer la réalisation des inventaires de degrés de pollution d'une manière méthodique et périodique chaque cinq (5) ans, pour avoir une idée claire sur l'évolution de la pollution et pouvoir définir les zones exposées à une potentielle pollution ;
- fixer des valeurs limites de rejets pour chaque type de déversement autorisés par le législateur.

Mots clés : Bassin, Tensift, ressources en eau, Typologie, qualité, normes, protection, préservation

Sommaire

RESUME	3
INTRODUCTION	6
I. PRESENTATION DE LA ZONE DE L'ETUDE	7
I.1 Situation géographique	7
I.2 Géologie	9
I.3 Climatologie.....	10
I.4 Ressources en eau	13
I.4.1 Eaux de surface.....	13
I.4.2 Aménagements existants	14
I.4.3 Aménagements programmés.....	16
I.4.4 Eaux souterraines	16
II. METHODOLOGIE	19
II.1 Réseau de contrôle de la qualité des eaux.....	20
II.1.1 Historique et fréquence des analyses.....	23
II.2 Méthodes de prélèvements et d'analyses	23
II.3 Qualité des analyses	24
II.4 Eléments et outils d'interprétation.....	25
II.4.1 Evolution des paramètres mesurés in situ	25
II.4.2 Minéralisation.....	25
II.4.3 Qualité de l'eau.....	26
II.4.4 Cartographie des résultats des études de la qualité des ressources en eau dans le bassin hydraulique de Tensift	26
III. QUALITE DES RESSOURCES EN EAU	27
III.1 Normes de qualité des eaux.....	27
III.1.1 Normes marocaines de la qualité des eaux	27
III.2 Qualité des eaux des Oueds du bassin de Tensift Al-Haouz.....	30
III.2.1 Evolution des paramètres mesurés in situ	30
III.2.2 La minéralisation	32
III.2.3 Qualité des eaux	36
III.3 Qualité des eaux de retenues de barrages du bassin de Tensift Al-Haouz.....	38
III.3.1 Evolution des paramètres mesurés in situ	38
III.3.2 Qualité des eaux	39
III.4 Qualité des eaux souterraines du bassin de Tensift Al-Haouz	41
III.4.1 Nappe du Haouz.....	41
III.4.2 Nappe de la Bahira.....	48
III.4.3 Nappe d'Essaouira	54
III.5 Discussion et résultats	62
III.5.1 Eaux des Oueds.....	62
III.5.2 Retenues de barrage	64
III.5.3 Eaux souterraines.....	64
III.6 Cartographie des résultats de l'étude de la qualité des ressources en eau dans le bassin hydraulique de Tensift.	67
III.7 Conclusion	83

IV. CADRE JURIDIQUE DE LA PROTECTION ET LA PRESERVATION DES RESSOURCES EN EAU.....	84
IV.1 Les objectifs de protection et de préservation de la qualité des eaux	85
IV.1.1 Les normes de la qualité des eaux.....	85
IV.1.2 L'inventaire du degré de pollution des eaux	86
IV.1.3 Les valeurs limites de rejets	87
IV.2 La loi 10-95 sur l'eau	87
IV.3 La loi 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination	88
IV.4 La loi 11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement.....	89
IV.5 La loi 12-03 relative aux études d'impact sur l'environnement	90
IV.6 Le décret relatif aux déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects dans les eaux superficielles	91
IV.7 Le décret relatif aux normes de qualité des eaux et à l'inventaire du degré de pollution des eaux	92
IV.8 Le décret relatif aux eaux à usage alimentaire	92
CONCLUSION GENERALE	93
PERSPECTIVES	94
Sources bibliographiques.....	95

INTRODUCTION

La région du bassin de Tensift Al-Haouz est caractérisée par un climat aride à semi aride, une irrégularité importante des précipitations et du régime de l'oued et une grande variabilité de recharge de la nappe. Les ressources en eaux sont caractérisées par une pénurie, qui s'accroît avec la croissance démographique.

A ce facteur quantitatif handicapant le développement des ressources hydriques s'ajoute la détérioration de la qualité de l'eau. Cette dernière constitue une menace aussi importante que celle de la limitation des équilibres quantitatifs. Les bilans des ressources hydrauliques se fondent sur l'hypothèse que l'eau disponible sera de qualité satisfaisante, ce qui n'est toujours pas le cas.

En effet, dans le cadre de la protection et la préservation de ces ressources en eau, on doit parvenir à une connaissance précise de la qualité des eaux : comme l'identification des eaux les plus polluées, la détermination de l'origine de cette pollution, et les pollutions potentielles, qui peuvent affecter les ressources en eau. En implantant à leur niveau des points de surveillance, pour assurer un contrôle efficace de la qualité de l'eau.

A cet effet, mon stage de fin d'études consiste à élaborer une étude de la typologie de la qualité des ressources en eau dans la région de Tensift Al-Haouz et à analyser le cadre juridique de protection et de préservation de ces ressources. De ce fait nous avons divisé notre travail en cinq parties:

- Dans une première partie, on commencera par une présentation générale du milieu et une analyse des facteurs influençant la qualité des eaux dans le bassin de Tensift Al-Haouz, 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, qui sera la base de notre étude, consistera en une étude de la qualité actuelle des ressources en eaux dans la région, en commençant par un diagnostic du réseau actuel de surveillance de la qualité des eaux, puis par une étude de la qualité des ressources en eau. Ceci pour pouvoir déterminer pour chaque point d'eau le type de pollution qui détériore la qualité de l'eau ainsi que les paramètres responsables.
- Dans la quatrième partie on mettra en évidence les objectifs du Secrétariat d'Etat chargée de l'Eau et de l'Environnement en matière de protection des ressources en eau et de l'environnement, ainsi que le cadre législatif et réglementaire existant en matière de protection des ressources hydriques.

I. PRESENTATION DE LA ZONE DE L'ETUDE

I.1 Situation géographique

L'aire d'étude correspond à la zone d'action de l'Agence du Bassin Hydraulique de Tensift (ABHT), située au centre Ouest du Maroc. Elle s'étend de la ligne de partage des eaux de surface de l'Oum ER Rbia au Nord et à l'Est, aux crêtes du haut Atlas au Sud, l'Est et de l'Océan Atlantique à l'Ouest (Fig. 1).



Figure 1: situation géographique du bassin hydraulique de Tensift

Le bassin hydraulique du Tensift est constitué des bassins de l'oued Tensift et des oueds Ksob et Igouzoulen. Il s'étend sur une superficie de 24 800 Km², soit près de 3 % de la superficie totale du pays. L'espace de cette région est fort varié dans ses aspects géographiques et climatiques : écarts d'altitudes de reliefs importants sur des courtes distances et une sévérité du climat de la latitude présaharienne entre 31° et 32° Nord légèrement sensible à l'influence maritime et à celle de haut relief. (Sahili. E , 1996)

- Le bassin de Tensift s'étend sur le Haouz de Marrakech et une partie des montagnes du Haut Atlas, sur une superficie de 19 800 Km². L'oued Tensift s'écoule d'Est en Ouest de sa source, à une altitude de 550 NGM, à l'embouchure dans l'Océan Atlantique, sur une longueur de 260 km.
 - ✚ La partie Sud du bassin correspond au flanc Nord du Haut Atlas et est occupée par une succession de bassins d'orientation Nord-Sud, de superficie moyenne (200 à 1500 km²) bien arrosés et très pentus (15 à 22 %) qui constituent les affluents rive gauche de l'oued Tensift.

- ✚ La partie médiane du bassin, alignée suivant un axe Est-Ouest (sillon du Haouz et du bassin de Mejjat), correspond au cours aval de ses affluents et au cours de l'oued Tensift proprement dit.
 - ✚ La partie Nord (flanc Sud des Jbilet), peu pentue et peu arrosée, correspond aux petits bassins affluents de la rive droite de l'oued Tensift.
- Les bassins côtiers atlantiques du Ksob et de l'Igouzoulen s'étendent sur une superficie de l'ordre de 5 000 Km².

Les précipitations annuelles sont faibles en moyenne dans tout le bassin. Elles sont de 250 mm à 300 mm en plaines et le long de la côte et atteignent 400 à 800 mm en haute montagne.

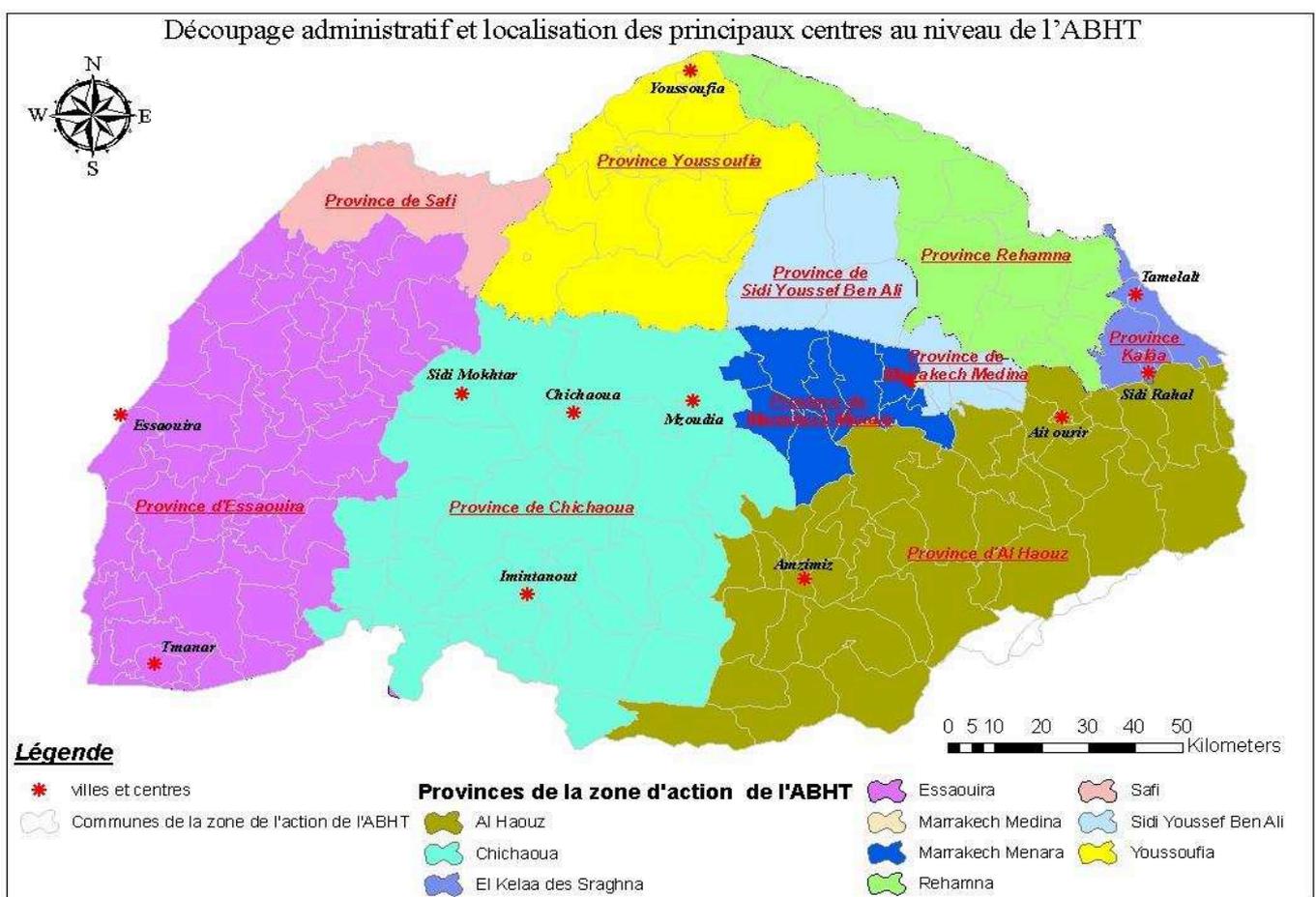


Figure 2: Découpage administratif et principaux centres et villes de la zone d'action de l'ABHT

Administrativement, la zone d'action de l'ABHT couvre totalement la préfecture de Marrakech et les provinces d'Al-Haouz, de Chichaoua et d'Essaouira, et partiellement les provinces de Kelaâ des Sraghna, Youssoufia, Safi et Rahamna. La figure (2) présente le découpage administratif des provinces, et la localisation des principaux centres.

I.2 Géologie

Le cadre géologique du bassin du Tensift s'articule sur l'organisation du socle primaire, affleurant dans le Haut Atlas, les Jbilet et les Rehamna, qui se sont structurés au cours des temps géologiques sous l'effet de l'évolution des champs de contraintes, des phases de surrections et d'effondrements, et des époques d'érosion et de sédimentation. La zone d'action de l'ABHT s'étend sur les unités géographiques suivantes (Fig.3) :

- Plateau des Gantour et plaine de la Bahira occidentale : la zone des Gantour se présente sous forme d'un plateau monoclinale à pendage sud plongeant des Rehamna vers les Jbilet. La Bahira occidentale se présente sous forme d'une dépression synclinale enserrée entre les Rehamna au Nord et les Jbilet au Sud. Le socle primaire est recouvert par des formations de couvertures triasiques, crétacées et éocènes, antérieures aux premiers mouvements atlasiques ; ces formations affleurent au Nord, s'enfoncent sous la plaine vers le Sud et se terminent en biseau au Sud contre le socle paléozoïque (Khalil, N. 1989) ;
- Jbilet et Mouissate : les Jbilet sont des formations paléozoïques comportant de puissantes séries de calcaires, schistes et grès. Les Jbilet s'étirent à l'affleurement selon une direction Est-Ouest, perpendiculaire aux orientations hercyniennes dont les effets se matérialisent par une segmentation de cette structure. Les Mouissate sont complètement formés par les formations du jurassique supérieur, transgressif sur le paléozoïque ou le stéphano-trias de l'extrémité occidentale des Jbilet ;
- Bassin du Haouz et plaine de Mejjat : le Haouz correspond à un bassin de subsidence d'origine tectonique dans lequel se sont accumulées au Néogène et au Quaternaire d'importantes formations détritiques issues du démantèlement de la chaîne atlasique au cours de son soulèvement. La plaine de Mejjat, comparable dans sa genèse à celle du Haouz, se distingue par la présence de terrains anté-néogènes plissés (Sinan. M, 2000);
- Bassin d'Essaouira – Chichaoua et zone Côtière d'Essaouira : fait partie du grand bassin côtier du Sud-Ouest marocain, s'étendant entre El Jadida au Nord et Agadir au Sud. La partie Sud de ce bassin, comprise entre l'oued Tensift et la plaine du Souss, correspond au Haut Atlas occidental. Les terrains à l'affleurement sont dominés par les formations du Crétacé dont les structures de surface reflètent l'empreinte de l'orogénèse atlasique (Bahir. M et al. 2007) ; la zone côtière et la partie orientale du bassin sont couvertes par des dépôts du Néogène et du Pléistocène. Le socle paléozoïque, profondément enfoui sous une épaisse série mésozoïque, affleure largement à l'est du bassin, au niveau du Jbilet et du massif ancien du Haut Atlas.

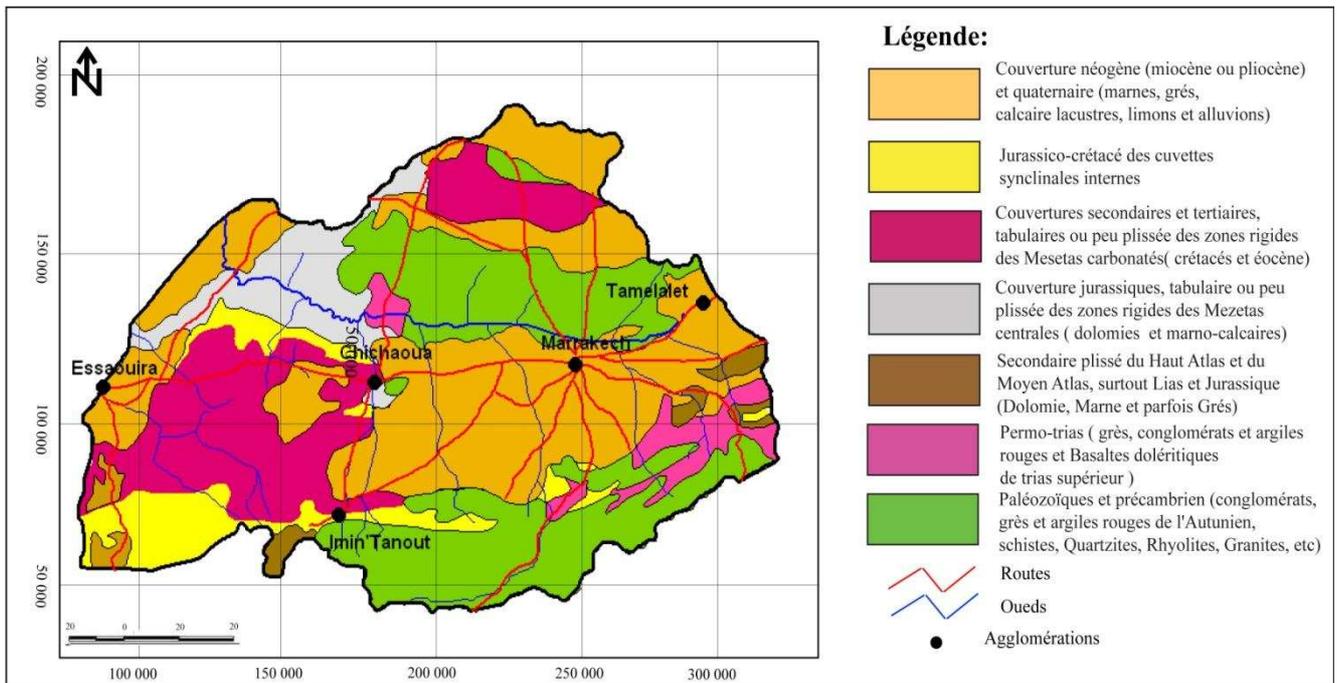


Figure 3: Carte géologique de la zone d'action de l'agence du bassin hydraulique de Tensift

I.3 Climatologie

Le climat régnant sur l'ensemble du bassin est de type aride à semi-aride à influence océanique près des côtes. En raison de son étendue et de son relief, la région se caractérise par un climat très différencié d'une zone à l'autre, ainsi, le climat est semi-aride influencé par le courant froid des Canaries dans la zone côtière, semi-aride chaud dans les Jbilet, continental de type aride dans le Haouz et le Mejjat et semi humide en montagne.

◆ *Température*

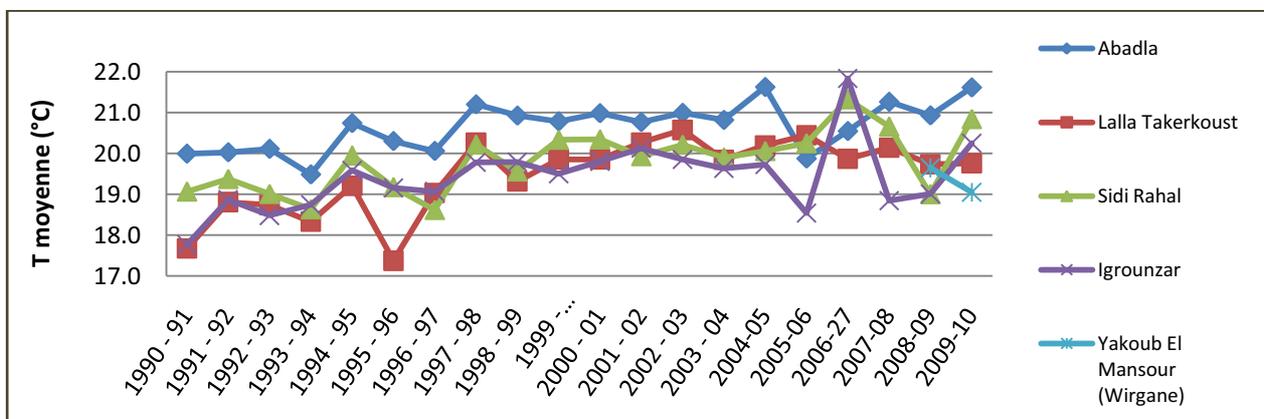


Figure 4: Evolution de la température moyenne annuelle dans cinq stations climatologiques de 1990 à 2010

Les températures moyennes annuelles varient entre 17°C et 22°C. La figure montre que les températures varient dans le temps et dans l'espace avec une légère tendance à l'augmentation et ce, dès la fin des années 1990 (Fig. 4).

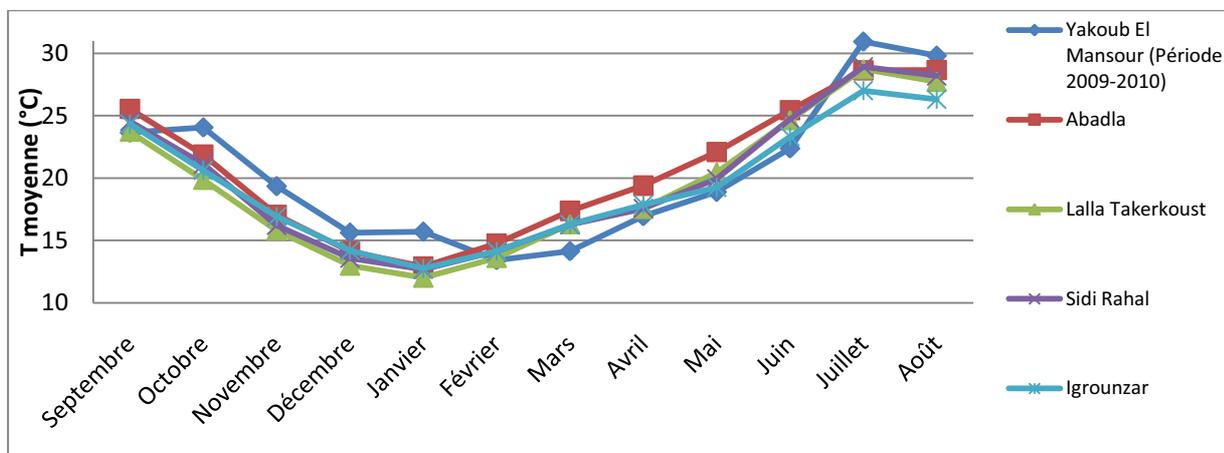


Figure 5: Evolution de la température moyenne mensuelle dans les cinq stations climatologiques de 1990 à 2010

La figure (5) montre que les mois les plus chauds sont généralement Juillet et Août (27°C à 31°C sur l'Atlas et la plaine du Haouz et 25°C à 27°C dans le bassin du Ksob). Le mois le plus froid est Janvier (12 °C sur les versant de l'Atlas et 15 à la plaine).

◆ Précipitations

Les précipitations sont faibles et caractérisées par une grande variabilité spatio-temporelle, Les pluviométries moyennes annuelles sont faibles et décroissantes de 350 mm/an le long de la côte océanique à 160 mm dans la région de Chichaoua et Kalâa des Sraghna, Elles atteignent 800 mm en hautes montagnes (Fig. 6).

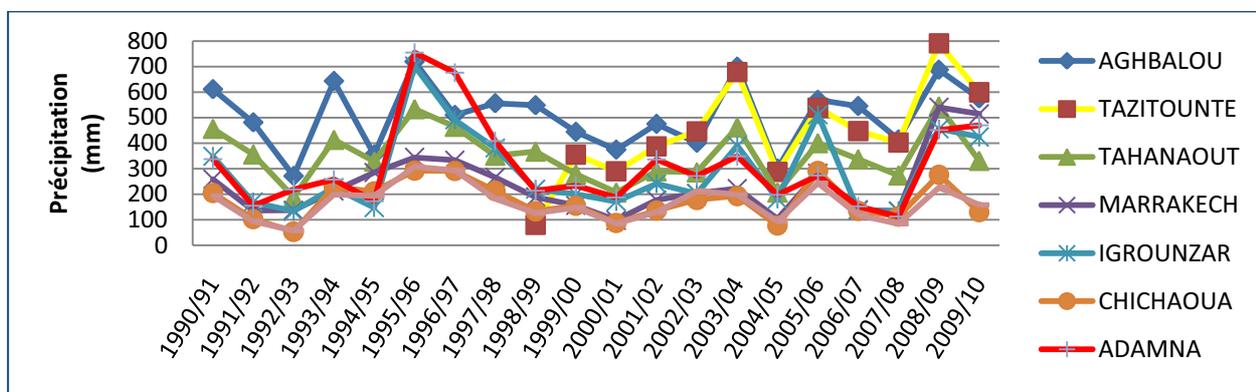


Figure 6: Variation des précipitations moyennes annuelles dans quelques stations pluviométriques de la région de Tensift Al-Haouz de l'année 1990 à 2010

Les précipitations moyennes annuelles enregistrent des variations saisonnières très importantes. En effet, il existe deux saisons nettement différenciées (Fig 7):

- ✓ Une saison humide d'octobre à avril, où interviennent la quasi-totalité des épisodes pluvieux, soit près de 80 à 96 % de la pluviométrie annuelle ;
- ✓ Une saison sèche de mai à septembre, avec seulement 4 à 20 % de la pluviométrie annuelle.

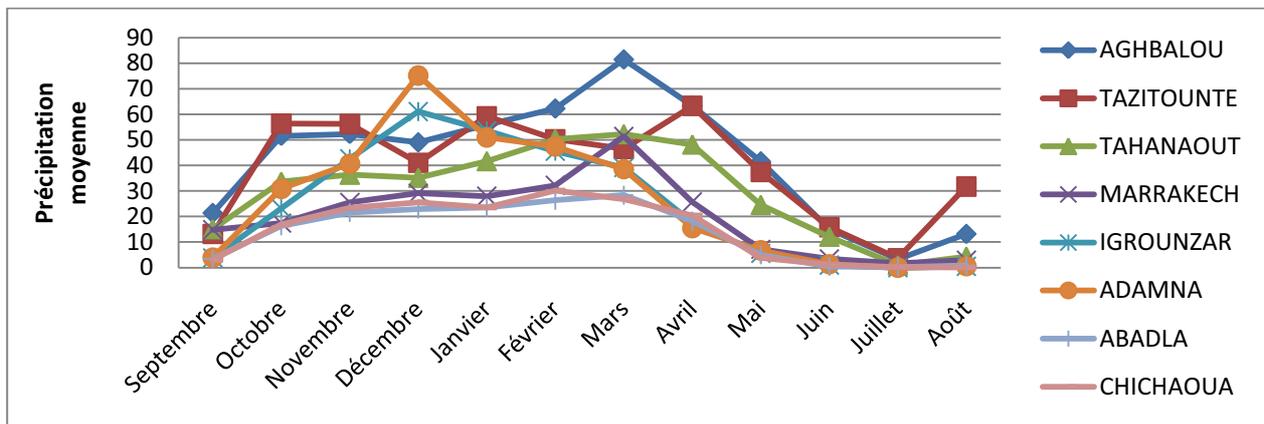


Figure 7: Variation des précipitations moyennes mensuelles dans les quelques stations pluviométriques de la région de Tensift Al-Haouz entre les années 1990 et 2010

◆ *Evaporation*

L'évaporation moyenne annuelle varie de 1 800 mm sur le versant atlasique à 2 600 mm dans la plaine du Haouz. Elle est minimale pendant le mois de Janvier et maximale pendant la saison d'été.

◆ *Vents*

La région est dominée par trois types de vent : le Chergui soufflant de l'Est et le vent du Sud qui chaud et sec et le Gharbi, humide et porteur de pluie, soufflant de l'Ouest.

I.4.1.1 LE BASSIN DU TENSIFT

Le bassin du Tensift s'étend sur une superficie de 19 800 Km², s'alimente essentiellement dans le domaine atlasique. Le réseau hydrographique du bassin comporte principalement l'Oued Tensift, qui s'écoule d'Est en Ouest de sa source, à l'embouchure dans l'Océan Atlantique. Cet oued draine, par ses affluents rive gauche, les trois quarts du massif ancien du Haut Atlas. Ces affluents, installés sur un relief montagneux à structure et nature géologique hétérogène, ont des caractères torrentiels. L'aire du bassin peut être subdivisée en deux zones (Sahili. E, 1996) :

- La zone du cours amont du Tensift et ses affluents de la rive gauche, s'étendant sur une superficie de 11 900 Km², constituent un château d'eau efficace pour l'écoulement de surface. C'est la partie hydrologique active du bassin ;
- La zone du bas Tensift qui englobe le cours aval de l'oued Tensift et le bassin de l'Oued Chichaoua. Elle s'étend sur une superficie de 7 900 Km².

Les principaux affluents de l'oued Tensift sont localisés dans le Haouz, essentiellement situés à la rive gauche, et prennent naissance à partir du Haut Atlas. Ceux contribuant aux écoulements de surface de Tensift sont principalement : Oued Ghdat, Oued Zat, Oued Ghmat, Oued N'fis, Oued Reraya, Assif El Mal, Oued Chichaoua, Oued Tiroula et Oued Talmest.

Le régime d'écoulement de Tensift est irrégulier. Il est fonction de la pluviométrie dans le bassin, et de la fonte des neiges sur le Haut Atlas.

En outre, le bassin bénéficie d'un transfert de l'ordre de 300 Mm³/an à partir du bassin de l'Oum Er Rbia, via le canal de Rcade, destiné à l'alimentation en eau de la ville de Marrakech et à l'irrigation dans le Haouz central.

I.4.1.2 LES BASSINS DU KSOB ET IGOUZOULEN

Les bassins côtiers du Ksob et Igouzoulen s'étendent sur une superficie de 5 000 Km². Le réseau hydrographique de ces bassins est composé essentiellement des oueds Ksob et Igouzoulen. Ces derniers prennent naissance dans le Haut Atlas et se jettent dans l'Océan Atlantique.

Les apports en eau sont irréguliers et sont évalués à une moyenne annuelle de près de 53 Mm³. Ces apports varient entre un minimum de 4,5 Mm³ et un maximum de l'ordre de 158 Mm³.

I.4.2 Aménagements existants

Le bassin du Tensift ne comporte que deux ouvrages majeurs de stockage des eaux superficielles ;

- ✓ le barrage Lala Takerkoust. Avec une retenue de 56 Mm³, ce barrage permet de régulariser 82 Mm³, permettant d'irriguer une superficie de l'ordre de 9 800 ha et de produire l'énergie électrique

à hauteur de 15 GWh/an. Le bassin comporte, également, des petits barrages qui permettent de mobiliser 2,4 Mm³ destinés essentiellement à l'irrigation et l'abreuvement du cheptel.

- ✓ le barrage de Wirgane mis en service en 2008, sur le N'Fis, à l'amont du barrage Lalla Takerkoust, d'une capacité de 72 Mm³. Ce barrage viendra renforcer l'AEP de la ville de Marrakech.

Le barrage de Moulay Youssef ne font pas partie du bassin de Tensift mais sont gérés par l'ABHT.

Tableau 1: Aménagements hydrauliques existants

Province	Nom du barrage	Cours d'eau	Date de mise en service	Volume de la retenue (Mm ³)
Marrakech	Agafay	Arissa	1988	0,52
	N'Zalet El Azri	-	1985	0.50
El Haouz	Takerkoust	N'Fis	1935	56,08
	My Youssef	Tassaout	1969	152
	Imin Larbaa	Tighznit	1986	1
	Wirgane	N'Fis	2008	72
	Ait Ziat	Zat	2009	45
Essaouira	Igouzoulen	Igouzoulen	2004	17
	Imin Lhad	Zeddir	1988	0,37
	Talmest	Tensift	2007	250
Chichaoua	Azib Douirani	Chaâbat El Abioud	1985	0,60
	Taskourt	Assif El Mal	2008	24
	Boulaouane	Seksaoua	2010	14
Safi	El Gragra	Jemala	2003	4.3
	Ouled Abbas	-	2001	0.90
	Bouhouta	Sra	2002	0.89

Parallèlement aux retenues de barrages, la région est dotée de grands ouvrages de transport d'eau, en particulier :

- Le canal de Rocate, long de 130 km. Ce canal de capacité nominale de 300Mm³/an en année moyenne, transfère les eaux du bassin de l'Oum Er Rbia destinées à l'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech (40Mm³) et à l'irrigation dans le Haouz Central (260Mm³).
- Un réseau de séguias pour l'irrigation de plusieurs périmètres agricoles.

La figure (8) illustre la situation géographique des quelques barrages existants dans la zone d'action de l'ABH de Tensift.

I.4.3 Aménagements programmés

Le bassin sera renforcé par un certain nombre d'ouvrages hydrauliques qui vont augmenter le potentiel des ressources en eau mobilisées. Ces ouvrages comptent :

- ✚ Le barrage Herissane pour l'irrigation sur oued Lahr avec un volume de retenue de 19 Mm³. Sa mise en service est prévue pour 2011 dans la province du Haouz.
- ✚ Le barrage de Zerrar sur oued Ksob avec un volume de 70 Mm³, il est prévu pour l'année 2012.

I.4.4 Eaux souterraines

L'inégale répartition géographique de la pluviométrie et des eaux de surface d'une part, et la géologie caractérisée par la présence de structures très diversifiées dans la zone d'action de l'ABHT d'autre part, sont à l'origine de l'inégale répartition géographique des eaux souterraines (Sahili. E, 1996). Les unités hydrogéologiques, d'extension notable, sont comprises dans la couverture sédimentaire qui s'étend sous les zones de plaines et de plateaux. Les principales nappes sont celles du Haouz, du Mejjat, de la Bahira et du bassin d'Essaouira-Kourimate (Fig. 9).

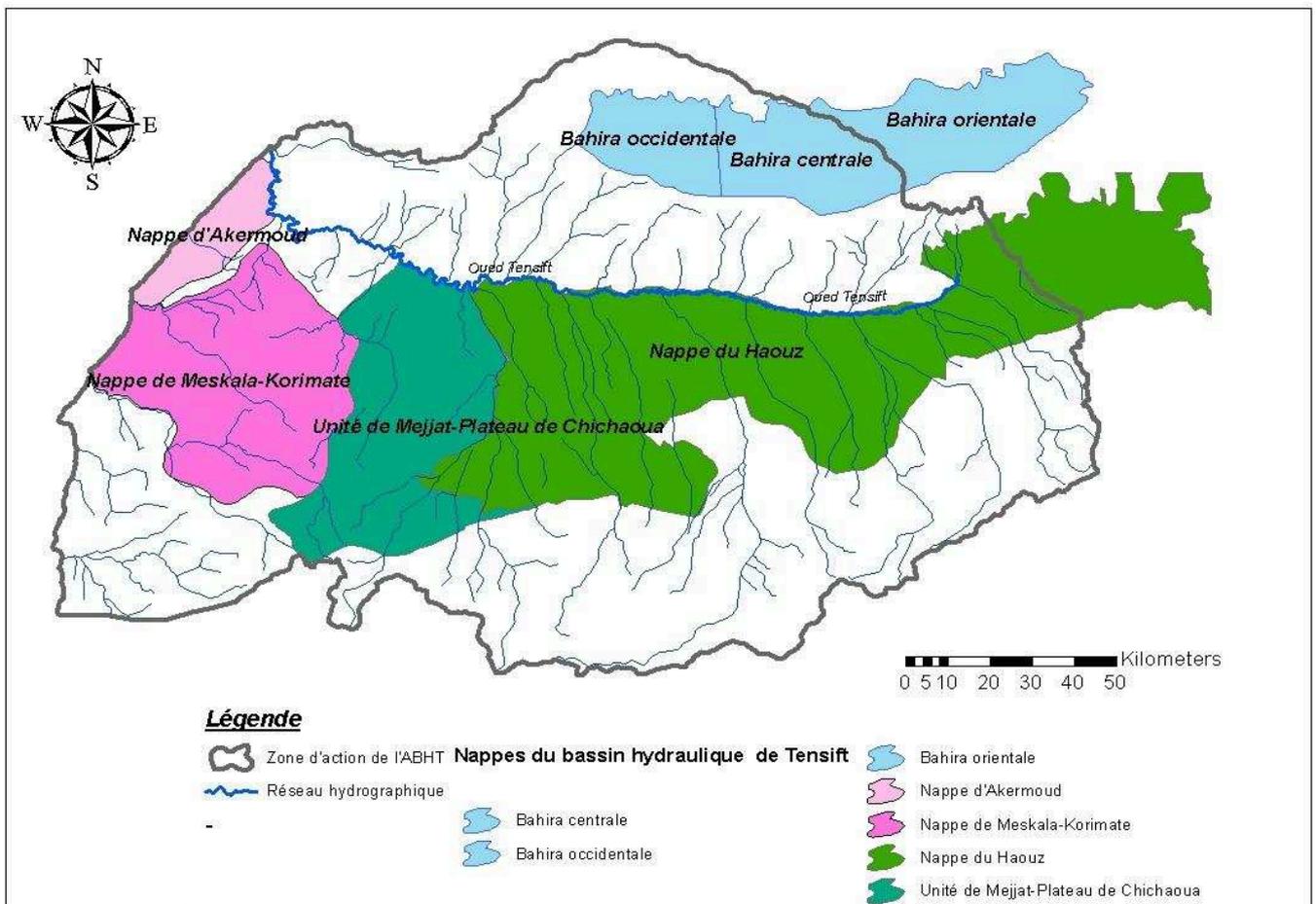


Figure 9: Carte de principales nappes de la zone d'action de l'ABHT

Signalons que la zone d'action de l'ABH de Tensift ne comprend pas la Bahira orientale.

1.4.4.1 LA NAPPE DU HAOUZ

La nappe du Haouz s'étendant sur une superficie d'environ 6 000 km², est limitée par la chaîne du Haut Atlas au Sud, les chaînons des Jbilet au Nord, les premiers versants du moyen Atlas à l'Est et La province de Chichaoua à l'Ouest, Elle est allongée en direction Est-Ouest et sa longueur moyenne est de 40 Km.

La nappe du Haouz circule dans les alluvions plio-quaternaires et les formations du néogène d'une puissance variable entre 50 et 80 m et pouvant atteindre localement 120 m. L'alimentation de la nappe du Haouz est assurée par l'infiltration des eaux de crues des oueds atlasiques traversant la plaine et par le retour des eaux d'irrigation. L'écoulement général de la nappe se fait du Sud vers le Nord, pour être drainée par l'oued Tensift. (Sahili. E, 1996).

L'exploitation de la nappe se fait par puits et par forages, provoquant sa surexploitation de la nappe, ceci entraîne une baisse croissante pouvant atteindre, en moyenne, près de 2m/an. Les zones les plus déprimées sont celles situées dans le secteur du N'fis, Loudaya et Sid Zouine. L'étude de gestion des principales nappes de la région hydraulique du Tensift effectuées par l'ABHT en 2005 (ABHT, 2005), montre par modèle que la nappe du Haouz connaît un déficit important de l'ordre de 170 Mm³.

1.4.4.2 LA NAPPE DU MEJJAT

D'une superficie de 1 000 km² environ, la plaine du Mejjat est limitée au Nord par l'oued Tensift et au Sud par le Haut Atlas. Elle renferme deux aquifères : la nappe phréatique plio-quaternaire et la nappe éocénocraïc. Les principales alimentations de ce système proviennent des infiltrations directes des eaux de pluie sur les aires d'affleurement et des eaux de crue des oueds Imintanout et Ameznas. L'écoulement de l'eau, de direction Sud-Ouest à Nord-Est, donnent naissance aux principales sources de l'oued Chichaoua et contribue à l'alimentation par infiltration de la nappe phréatique de Mejjat (Sahili. E, 1996).

1.4.4.3 LA NAPPE DE LA BAHIRA

La Bahira est un aquifère multicouche situé à une trentaine de kilomètres au Nord de Marrakech, renfermant plusieurs nappes souterraines dont les principales sont :

- la nappe phréatique de remplissage plio-quaternaire ;
- la nappe des calcaires lutétiens ;
- la nappe de la formation marno-schisteuse de l'Yprésien supérieur et du Lutétien inférieur ;
- la nappe des niveaux phosphatés crétacés et paléocènes.

Allongée d'Est en Ouest, la plaine de la Bahira s'étend sur une superficie d'environ 5 000 km². Précisons par ailleurs que la zone d'action de l'ABHT ne compte que 3000km², regroupant les parties occidentale et centrale de la Bahira. La Bahira orientale étant en dehors du périmètre d'action de l'ABHT. Les infiltrations directes des eaux pluviales et l'infiltration des ruissellements provenant des Jbilet sont de

l'ordre de 33 Mm³ et constituent la principale composante de la recharge naturelle du système aquifère de la Bahira (Sahili. E, 1996).

La nappe est exploitée surtout au niveau du champ captant des Khoualka et N'Zalet Lâadem (Débat National sur l'Eau. 2006).

Cet aquifère est socialement très important, étant donné que, si l'aquifère est épuisé, les agriculteurs démunis qui en dépendent viendront accroître la population des quartiers périphériques et des bidonvilles de villes avoisinantes, particulièrement Marrakech, Benguerir, et Kelaa des Sraghna. En outre, cet aquifère constitue l'unique ressource économiquement viable pour l'AEP des populations rurales dans la région de la Bahira.

1.4.4.4 LES NAPPE DU BASSIN D'ESSAOUIRA – KOURIMATE

Le bassin d'Essaouira-Kourimate est un vaste plateau de 6 000 km² de superficie, limité à l'ouest par l'Océan Atlantique, au Sud par le Haut Atlas occidental, au Nord par l'oued Tensift et à l'Est par le méridien passant à l'Ouest de Sidi El Mokhtar. Les principaux aquifères de la région sont (Sahili. E, 1996) :

- ✓ Les nappes des grès dunaires et des calcaires coquilliers du Plio-Quaternaire s'étendant le long de la côte développée le long de l'oued Ksob, ne présente par contre qu'un intérêt limité ;
- ✓ La nappe de Céno-mano-Turonien du Synclinal d'Essaouira s'étendant sur une superficie de 900 km²;
- ✓ La nappe de Meskala-Kourimate s'étendant sur une superficie de l'ordre de 1 600 km², est constituée de deux aquifères superposés, l'un circulant dans les calcaires de l'Eocène, et l'autre dans des terrains dolomitiques du Crétacé d'une superficie respectivement de 100 et 1 600 km². La recharge de ce système se fait par infiltration directe des eaux de pluie et de ruissellement sur les aires d'affleurement. L'écoulement se fait en direction Nord-Ouest pour alimenter l'oued Ksob ou constituer l'apport latéral en direction Nord-Est pour contribuer à l'alimentation par abouchement souterrain des aquifères de la terminaison occidentale de la nappe du Mejjat.

1.4.4.5 LA NAPPE D'AKERMOUD

La nappe d'Akermoud s'étend le long de la côte, sur une bande large de 20km et longue de 40km. L'alimentation de la nappe s'effectue à partir des infiltrations directes et par drainance à partir des aquifères sous-jacents (Sahili. E, 1996).

II. METHODOLOGIE

Afin de bien suivre et rationaliser l'étude de la qualité des ressources en eau, qui a pour but l'évaluation de la typologie de la qualité des ressources en eau dans la région de Tensift -Haouz et la définition des objectifs de protection et de préservation. Cette étude de la qualité des ressources en eau au bassin de Tensift Al-Haouz, consiste à définir les zones les plus polluées, en précisant, pour chaque point de réseau de contrôle, le type de pollution détériorant la qualité de l'eau, et les paramètres les plus polluants. A cet effet, il sera procédé à l'analyse des données disponibles à la l'ABHT, qui sont collectés dans le cadre des campagnes de mesures de la qualité des eaux, réalisées en coordination avec le Laboratoire Public d'Essais et d'Etude (LPEE).

Les prélèvements et les analyses des eaux sont des tâches sous-traitées au Laboratoire (LPEE), conformément aux termes du marché et à l'exigence de la loi 10-95 sur l'eau. Ce laboratoire à effectuée 41 campagnes de prélèvement et d'analyse des eaux pour le réseau primaire et secondaires des eaux de surface, des retenues de barrages et aussi pour les sources et les eaux souterraines. Ces 41 campagnes couvrent une période de 20 ans allant de 1990 à 2010. Les 28 premières campagnes sont disposées sous forme d'une base de données au format Excel, le reste est présenté sous forme de bulletins d'analyses de la qualité des eaux.

Les campagnes ayant servi à cette étude sont les campagnes quatre derniers campagnes 36 jusqu'à 40, caractérisant la dernière situation de la qualité de l'eau en été et en hiver (Vue la différence entre la qualité des eaux en période de basses eaux et de hautes eaux).

Les paramètres analysés sont ceux qui caractérisent une qualité physique, et bactériologique, ainsi que les paramètres étudiés qui renseignent sur la minéralisation et la pollution de l'eau soit par la matière organique, la matière azotée ou phosphatée. La sélection des paramètres à mesurer dépend des objectifs du contrôle de la qualité et de la nature de l'eau (*Tabl.2*) :

Tableau 2: Détermination des paramètres analysés par LPEE et les paramètres étudiés

Points de prélèvements	Paramètres analysés par LPEE	Paramètres étudiés
Eaux de surface	A+B+C+D+J+N*+F*	V+Y+Z
Eaux des retenues de barrage	E	W +Z
Eaux souterraines	G+H+I	X+Y+Z
Sources	A+B+C+D+J*	

- A** = pH, T°, Conductivité, O₂dissous, Turbidité.
- B** = MES, DBO₅, DCO, NH₄⁺, NTK, NO₂⁻, NO₃⁻, P Total, PO₄³⁻, SO₄²⁻
- C** = Na⁺, Cl⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻, CO₃²⁻.
- D** = CF, SF, CT.
- E** = pH, T°, Conductivité, O₂ dissous, MES, NH₄⁺, NO₃⁻, P Total, PO₄³⁻, SO₄²⁻, Fe²⁺, Mn²⁺, Chl a, Disque de Secchi.
- F*** = Fe Total, Phénols, HCT. (effectuées seulement pour les stations : Aval Marrakech, et Aval Sidi Rahal)
- G** = pH, T°, Conductivité, RS.
- H** = MO, Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻, CO₃²⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, Fe Total, Mn²⁺.
- I** = CF, SF, CT
- J*** = IBD (Pour les sources, seule pour la source d'Abainou, on va déterminer l'indice biologique diatomée en 2007)
- N*** = Zn, Cu, Pb. (effectuées seulement pour la station d'Aval Guemassa)
- V** = O₂dissous, DBO₅, DCO, NH₄⁺, P Total, CF (Paramètres de grille simplifiée des eaux d'oued).
- W** = O₂dissous, P Total, PO₄³⁻, NO₃⁻, Chl a (Paramètres de grille simplifiée des eaux de barrage).
- X** = Conductivité, Cl⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, MO, CF (Paramètres de grille simplifiée des eaux souterraines).
- Y** = Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, NO₃⁻. (Les éléments majeurs)
- Z** = pH, T°, Conductivité.

II.1 Réseau de contrôle de la qualité des eaux

La localisation des points de prélèvements a connu plusieurs modifications depuis 1990, cette action s'opère souvent pour les raisons suivantes :

- Des points abandonnés, soit faute d'équipement de pompage soit d'accès qui devient impossible à ces point ;
- D'autres points sont modifiés dans le but de l'amélioration du réseau de contrôle afin de l'optimiser et de couvrir rationnellement tout l'espace géographique.

Il est aussi nécessaire de souligner que le réseau de contrôle étudié concerne seulement les points de prélèvement régulièrement effectués durant les dix dernières campagnes.

Ce réseau comporte 72 stations en 2010 :

- 23 stations pour le suivi de la qualité des eaux de rivière, dont dix (10) sont des stations primaires permettant de détecter les variations temporelles significatives de la qualité de l'eau. Elles sont localisées à des endroits stratégiques, telle qu'en aval des principales sources de pollution ou au niveau des importants prélèvements d'eau, les 13 autres stations sont des stations secondaires qui permettent d'obtenir des informations complémentaires sur l'état de la qualité des eaux de surface et d'affiner le portrait spatial de cette état (Fig.10) ;
- 4 retenues de barrages : le barrage Hassan premier, Sidi Driss, Takerkoust et le barrage Igouzoulen, Il faut aussi mentionner que dans chaque barrage on effectue trois prélèvements, un à la surface du barrage, un autre au milieu, et un dernier au fond (Fig. 10) ;

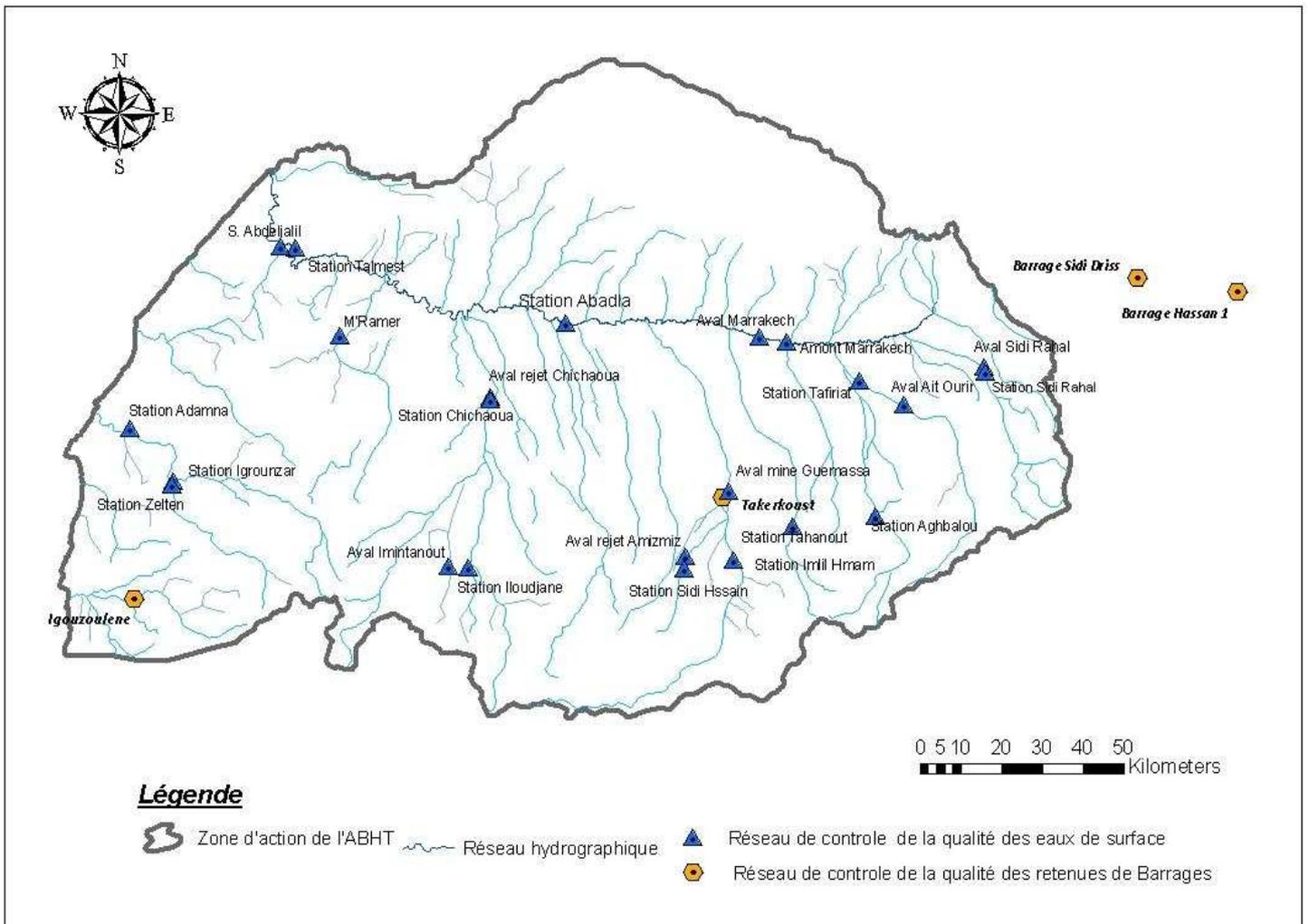


Figure 10: Réseau de surveillance et de contrôle de la qualité des eaux de surface

- 43 points de prélèvement des eaux souterraines repartis sur 3 nappes, dont 17 points pour la nappe du Haouz, 9 points pour la nappe de Bahira, et 17 points pour la nappe d'Essaouira (Fig.11).

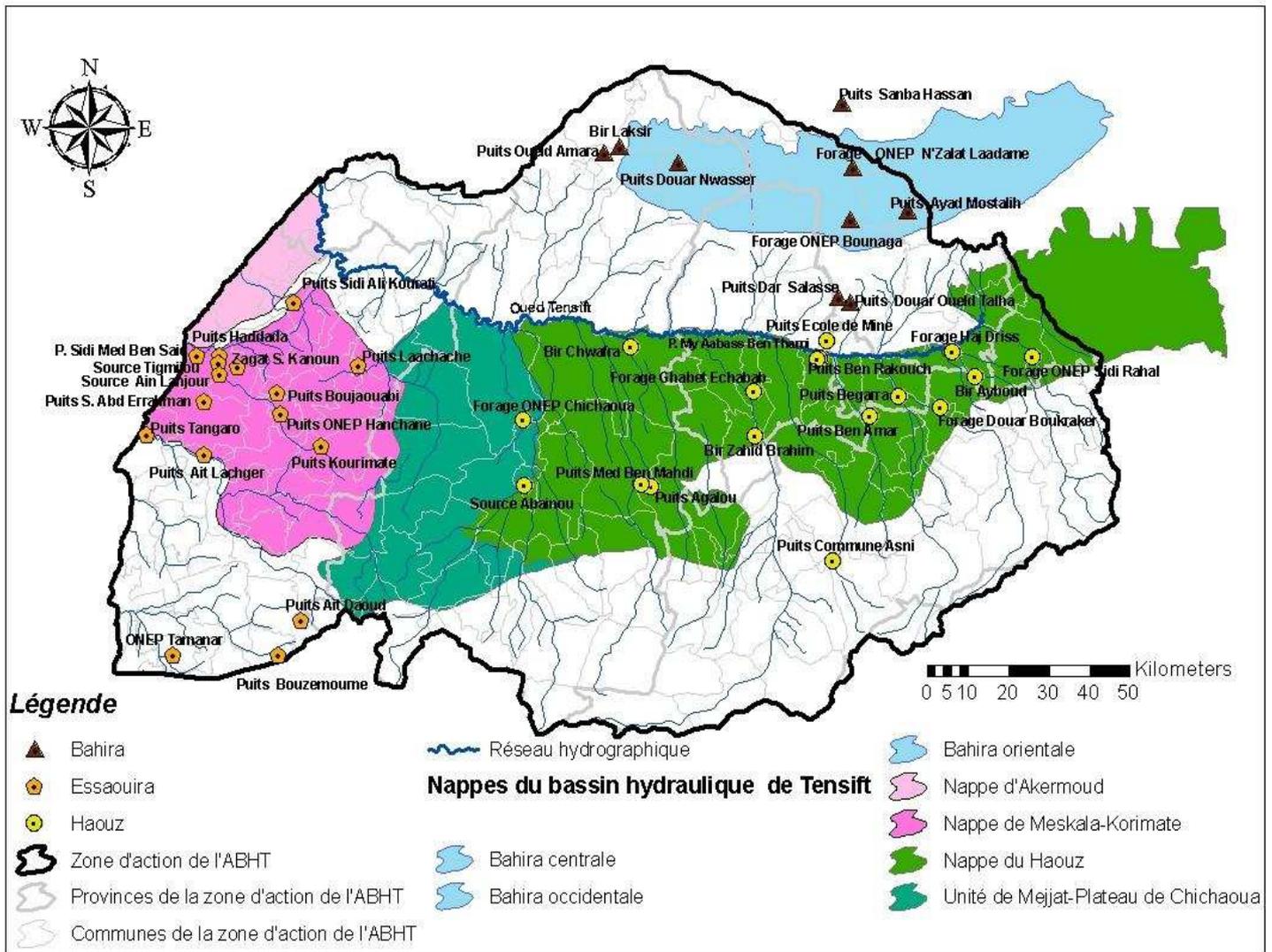


Figure 11: Réseau de surveillance et de contrôle de la qualité des eaux souterraines du bassin hydraulique de Tensift

II.1.1 Historique et fréquence des analyses

Les méthodes d'analyses et d'échantillonnages sont celles pratiquées par LPEE qui est chargé d'effectuer les analyses pour le compte de l'Agence du Bassin Hydraulique du Tensift.

Le programme de surveillance de la qualité des eaux de surface a débuté en 1990. Les analyses des échantillons s'effectuent quatre fois par an pour les stations primaires et deux fois par an pour les stations secondaires.

Les analyses de l'eau des retenues de barrage se font quatre fois par an pour les eaux de surface, du milieu et du fond.

Les analyses de l'eau des sources se font quatre fois par an.

Le Tableau 3 récapitule la fréquence des analyses effectuées pour les stations primaires, secondaires, les retenues de barrages et les sources dans le bassin de Tensift.

Tableau 3: Fréquence des analyses effectuées pour l'ABHT

<i>Points de prélèvements</i>		<i>Fréquence des analyses</i>
Eaux de	Stations primaires	4 fois / an
surface	Stations secondaires	2 fois /an
Eaux des retenues		4 fois /an
de barrage		
Eaux souterraines		2 fois / an
Sources		4 fois / an

II.2 Méthodes de prélèvements et d'analyses

Le prélèvement et l'échantillonnage s'effectuent selon la norme NF EN 25667 (ISO 5667) relative aux conditions de l'échantillonnage.

Les analyses sont effectuées selon des normes internationales. Le tableau en annexe présente les méthodes d'analyse de références adoptées par LPEE (*Annexe 16*).

II.3 Qualité des analyses

Le laboratoire de LPEE est accrédité par l'ABHT pour l'exécution des essais dans le domaine des eaux. Ainsi, les différentes analyses ont été réalisées dans le cadre d'un système ASSURANCE QUALITE. En effet, Ce système garantit la qualité des essais et des analyses pratiquées, et la fiabilité des résultats produits. Cela nous permet d'étudier surtout la qualité globale, organique, bactériologique de l'eau sans aucune vérification de la validité et la fiabilité des données.

Concernant la qualité chimique des eaux, il faut analyser la fiabilité des résultats des ces analyses par 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 :

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

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 $5\% \leq BI < 10\%$;
- Douteuse lorsque $BI \geq 10\%$;

Le contrôle de la qualité des analyses par la balance ionique est systématiquement appliqué à toutes les analyses pour la chronique 1990-2010.

a- 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 23 points répartis le long de la zone d'étude.

Au total, 518 analyses ont été traitées. Les résultats obtenus sont :

- 71% des analyses sont de bonne qualité ($BI < 5\%$) ;
- 17% ont une qualité acceptable ($5\% \leq BI < 10\%$) ;
- 12% sont douteuses ($BI \geq 10$), ils sont alors supprimées.

b- Qualité des analyses chimique des eaux souterraines.

On a fait l'étude de la balance ionique pour 43 points répartis le long de la zone d'étude dans la période entre 1990 et 2010.

Au total, 459 analyses ont été traitées. Les résultats obtenus sont:

- 81% des analyses sont de bonne qualité ($BI < 5\%$) ;
- 11% ont une qualité acceptable ($5\% \leq BI < 10\%$) ;
- 8% sont douteuses ($BI \geq 10$), ils sont alors supprimées.

En général, les problèmes relatifs à la qualité des analyses sont dus aux défaillances d'analyses des éléments suivants : Ca, SO₄ et NO₃.

II.4 Eléments et outils d'interprétation

La détermination de la typologie de la qualité des eaux concerne essentiellement l'étude des paramètres mesurés in situ (pH, et conductivité), puis une étude de minéralisation des éléments majeurs (Ca, Mg, Na, K Cl, SO₄, HCO₃ et NO₃), et enfin une étude de la qualité des eaux selon les grilles simplifiées définie par l'Arrêté conjoint du Ministère de l'Equipement et du Ministre chargé de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement n° 1275-01 du 10 chaabane 1423 (17 octobre 2002).

II.4.1 Evolution des paramètres mesurés in situ

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

II.4.2 Minéralisation

Dans le but d'étudier de la qualité chimique de l'eau et sa minéralisation, les résultats d'analyses des éléments majeurs sont présentés sous forme de diagrammes qui autorisent une interprétation aisée. Pour cela on a utilisé un logiciel qui s'appelle Diagramme. C'est un logiciel qui permet une comparaison aisée voire une classification des eaux naturelles nécessitent l'utilisation des représentations graphiques.

Les paramètres indicateurs de la qualité minérale des eaux dans ces diagrammes sont les Chlorures, les Sulfates et les nitrates, avec des valeurs maximales admissibles respectivement de 750 mg/l pour les chlorures, 250 mg/l pour les sulfates et 50 mg/l pour les nitrates. On s'intéressera donc dans notre étude essentiellement à la teneur de ces trois éléments.

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

- **Le 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 la dominance cationique et anionique et le faciès de l'eau naturelle concernée.

- **Le 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.

II.4.3 Qualité de l'eau

L'étude de qualité des eaux est faite à l'aide des grilles simplifiées de qualité. Ces grilles permettent la sélection de quelques paramètres à étudier selon la nature de l'eau et dans l'objectif de déterminer aisément la qualité globale de l'eau, on parle alors des indices de qualité. Ces grilles de qualité eaux sont définies 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 du 10 chaabane 1423 (17 octobre 2002).

II.4.4 Cartographie des résultats des études de la qualité des ressources en eau dans le bassin hydraulique de Tensift

Dans le but de la valorisation des résultats analyses étudiées présentés en premier lieu dans des bulletins d'analyses puis sous forme des tableaux Excel. L'utilisation du logiciel de gestion appelé système d'information géographique (Arc Gis) pour la cartographie des résultats de notre étude, cela nous permet de définir aisément pour chaque points de prélèvement ; la qualité de l'eau, le type de pollution de cette qualité et même les paramètres responsables.

III. QUALITE DES RESSOURCES EN EAU

III.1 Normes de qualité des eaux

III.1.1 Normes marocaines de la qualité des eaux

III.1.1.1 Qualité des eaux de surface

La grille de qualité des eaux de surface est définie 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 du 10 chaabane 1423 (17 octobre 2002).

Tableau 4: Grille de la qualité des eaux de surface

CLASSE DE QUALITE		Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
PARAMETRE	UNITE					
ORGANOLEPTIQUES						
Couleur	mgPt/l	<20	20- 50	50-100	100-200	>200
Odeur à 25°C		<3	3-10	10-20	>20	-
PHYSICO-CHIMIQUES						
Température	°C	<20	20-25	25-30	30-35	>35
pH	ph	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-9.2	<6.5ou >9.2	-
Conductivité à 20°C	µs/cm	<750	750-1300	1300-2700	2700-3000	>3000
Chlorures (Cl-)	mg/l	<200	200-300	300-750	750-1000	>1000
Sulfates (SO4)	mg/l	<100	100-200	200-250	250-400	>400
Matière en suspension	mg/l	<50	50-200	200-1000	1000-2000	>2000
O2 dissous	mg/l	>7	7-5	5-3	3-1	<1
DBO5	mgO2/l	<3	3-5	5-10	10-25	>25
DCO	mgO2/l	<30	30-35	35-40	40-80	>80
Oxydabilité KMnO4	mg/l	<=2	2-5	5-10	>10	-
SUBSTANCES INDESIRABLES						
Ammonium (NH4+)	mgNH4+/l	<=0.1	0.1-0.5	0.5-2	2-8	>8
NTK	mgN/l	<=1	1-2	2-3	>3	-
Nitrates (NO3-)	mg/l	<=10	10-25	25-50	>50	-
Orthophosphate(PO43-)	mgPO43-/l	<=0.2	0.2-0.5	0.5-1	1-5	>5
P.total (PT)	mgP/l	<=0.1	0.1-0.3	0.3-0.5	0.5-3	>3
Baryum	mg/l	<=0.1	0.1-0.7	0.7-1	>1	-
Cuivre (Cu)	mg/l	<=0.02	0.02-0.05	0.05-1	>1	-
Zinc (Zn)	mg/l	<0.5	0.5-1	1-5	>5	-
Manganèse (Mn)	mg/l	<=0.1	0.1-0.5	0.5-1	>1	-
Fer total (Fe)	mg/l	<0.5	0.5-1	1-2	2-5	>5
Fluorures (F-)	mg/l	<=0.7	0.7-1	1-1.7	>1.7	-
Hydrocarbures dissous	mg/l	<0.05	0.05-0.2	0.2-1	>1	-
Phénols	mg/l	<0.001	0.001-0.005	0.005-0.01	>0.01	-
Détérgents anioniques	mg/l	<=0.2	<=0.2	0.2-0.5	0.5-5	>5
SUBSTANCES TOXIQUES						
Arsenic (As)	µg/l	<=10	<=10	10-50	>50	-
Cadmium(Cd)	µg/l	<=3	<=3	3-5	>5	-
Chrome total (Cr)	µg/l	<=50	<=50	<=50	>50	-
Plomb (Pb)	µg/l	<=10	<=10	10-50	>50	-
Mercuré(Hg)	µg/l	<=1	<=1	<=1	>1	-
Sélénium(Se)	µg/l	<=10	<=10	<=10	>10	-
Nickel (Ni)	µg/l	<=20	<=20	20-50	>50	-
Cyanures(CN-)	µg/l	<=10	<=10	10-50	>50	-
Pesticides par subst	µg/l	<=0.1	<=0.1	<=0.1	>0.1	-
Pesticides au total	µg/l	<=0.5	<=0.5	<=0.5	>0.5	-
HPA	µg/l	<=0.2	<=0.2	<=0.2	>0.2	-
BACTERIOLOGIQUES						
C. fécaux	/100ml	<=20	20-2000	2000-20000	>20000	-
C.totaux	/100ml	<=50	50-5000	5000-50000	>50000	-
S. fécaux	/100ml	<=20	20-1000	1000-10000	>10000	-
BIOLOGIQUES						
Chlorophylle a	µg/l	<2.5	2.5-10	10-30	30-110	>110

La grille est divisée en 5 classes, selon la qualité de l'eau, allant d'excellente (classe 1) à très mauvaise (classe 5). Pour l'appréciation de la qualité de l'eau, la grille se base essentiellement sur les paramètres suivants : paramètres organoleptiques, physico-chimiques, substances indésirables, toxiques, bactériologiques et biologiques. Une grille simplifiée est également dressée pour l'évaluation de la qualité globale des eaux de surface, qui ne subissent pas l'influence des sources de pollution, avec distinction de l'eau des rivières et celles des lacs.

Pour simplifier l'étude de la qualité des eaux superficielles, Les résultats des analyses des eaux superficielles doivent être simplifiée par rapport à la grille de la qualité des eaux superficielles (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.

Eau d'Oued :

Tableau 5 : Grille simplifié des eaux des Oueds

Paramètre de qualité	O ₂ dissous (mgO ₂ /l)	DBO5 (mgO ₂ /l)	DCO (mgO ₂ /l)	NH ₄ ⁺ (mgNH ₄ ⁺ /l)	PT (mg/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	-

Eau de lac :

Tableau 6: Grille simplifiée pour les eaux de lac

Paramètre de qualité	O ₂ dissous (mgO ₂ /l)	PT (mgP/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/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

III.1.1.2 Qualité des eaux souterraines :

L'appréciation de la qualité des eaux souterraines est faite sur la base d'une grille simplifiée comportant 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.

Eau souterraine :

Tableau 7 : *Grille simplifiée pour les eaux souterraines*

Paramètre de qualité	Cond ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Cl- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	NH_4^+ (mg NH_4^+ /l)	MO (mg O_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	-	-

III.2 Qualité des eaux des Oueds du bassin de Tensift Al-Haouz

III.2.1 Evolution des paramètres mesurés in situ

a. TEMPERATURE

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 la nature des écoulements de l'eau souterraine.

Les données de température disponibles sont instantanées et ne peuvent pas donner une idée sur les variations à court terme (variations journalières), ainsi que sur les variations à moyen terme (variations saisonnières).

b. PH

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure l'activité en ions H_3O^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples dont la température et l'origine de l'eau.

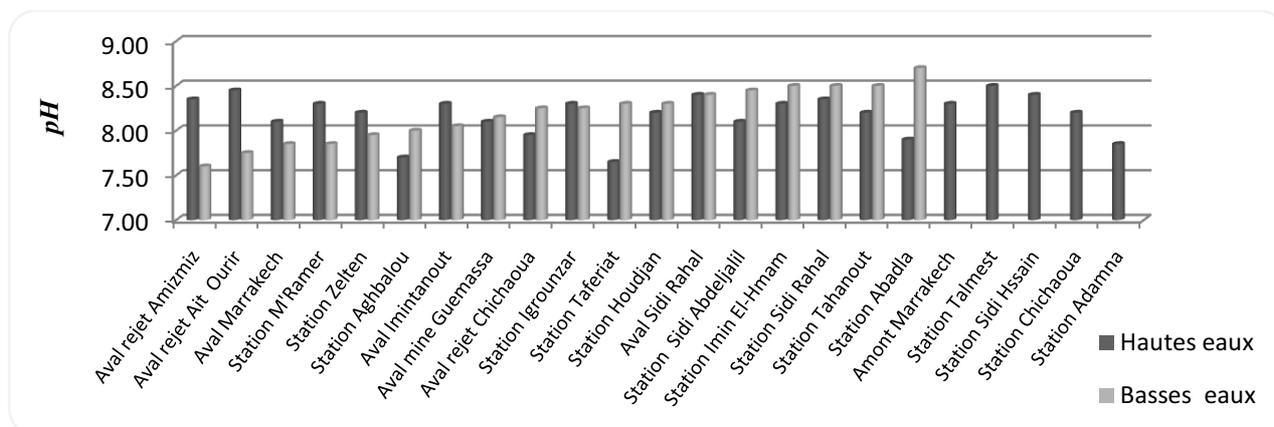


Figure 12 : pH enregistré dans les points du réseau de contrôle de la qualité des eaux des oueds en 2009 et Hiver 2010.

La figure (12) montre que les pH sont relativement neutres à légèrement alcalins, ils respectent les normes marocaines ($6,5 < \text{pH} < 9,2$). Les moyennes varient entre 7,6 à la station aval rejet Amizmiz et 8,7 à la station Houdjan.

c. CONDUCTIVITE

La conductivité mesure l'aptitude 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 et par suite donner une idée sur la minéralisation totale d'une eau.

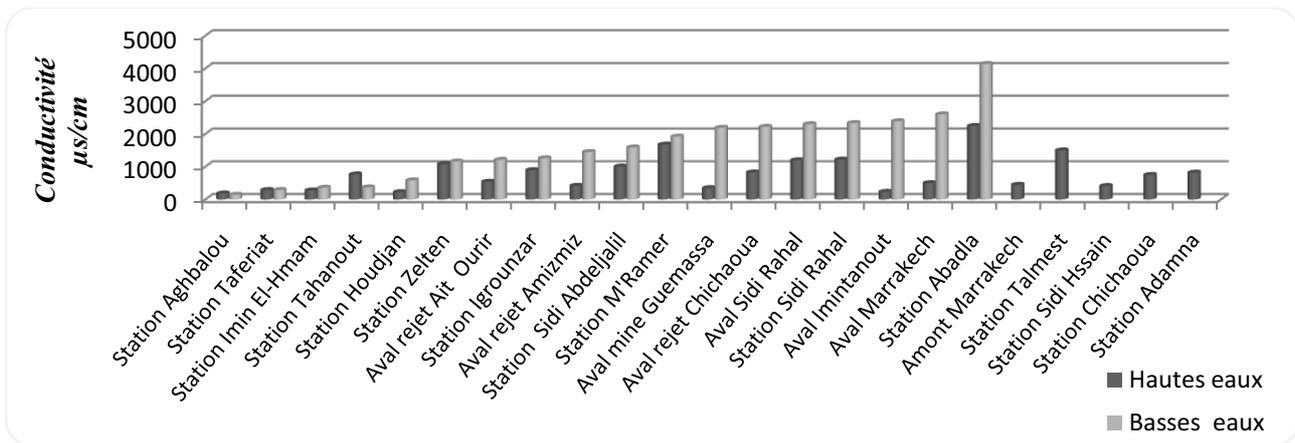


Figure 13: Conductivité enregistrée dans les points du réseau de contrôle de la qualité des eaux des Oueds en été 2009 et Hiver 2010.

La figure (13) révèle que les conductivités des eaux de surfaces dans la plaine du Haouz sont généralement modérées, à l'exception de la station Abadla ayant des conductivités fortes 4140 µs/cm qui dépassent les normes marocaines de la conductivité (une qualité d'eau bonne vis-à-vis de la conductivité est inférieure à 1300µs/cm, au delà de 2700 la qualité est mauvaise à très mauvaise), les stations Aval de Marrakech, aval rejet Imintanout et Chichaoua, Station Sidi Rahal, Aval Sidi Rahal aval mine Guemassa et les station de M'Ramer, et Sidi Abdeljalil, situées en aval, présentent des minéralisations moyenne. Les stations d'Imintanout, Sidi Abdeljalil, Tahanout, aval rejet Chichaoua, Talmest et Ait Ourir sont caractérisées par des conductivités moyennes Les station en amont (Aghbalou, Amizmiz, Tafériat, Imin El-Hmam, Tahanout, Chichaoua, Zelten, Ait Ourir et Igrounzar ...) présentent des minéralisations faibles.

Les stations Amont Marrakech, Talmest, Sidi Hssain, Chichaoua, et Adamna sont des stations avec un cours d'eau sec en été.

d. OXYGENE DISSOUS

La figure (14) montre que les valeurs de l'Oxygène dissous des eaux de surfaces situé en aval des villes et des centres sont généralement faibles. Les stations Aval de Marrakech, aval rejet Imintanout, aval rejet Amizmiz et aval rejet Ait Ourir présente des valeurs d'Oxygène dissous nulle, expliquée par la présence des rejets liquides dans les oueds. Les stations Amont Marrakech, Talmest, Sidi Hssain, Chichaoua, et Adamna sont des stations avec un cours d'eau sec en été.

Le reste des stations présente des teneurs forte en oxygène dépassant 5 mg/l, donc une qualité d'eau bonne à excellente.

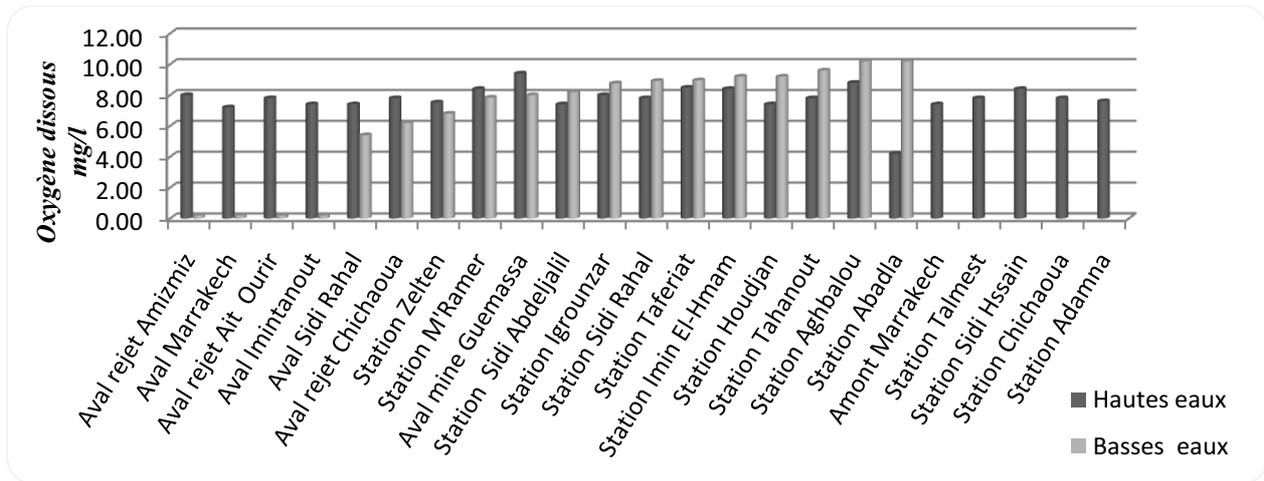


Figure 14: Oxygène dissous enregistré dans les points du réseau de contrôle de la qualité des eaux des Oueds en été 2009 et Hiver 2010.

III.2.2 La minéralisation

La nécessité d'une comparaison aisée voire une classification des eaux naturelles nécessite l'utilisation des représentations graphiques,

Projection sur le diagramme de piper des analyses des eaux de surface

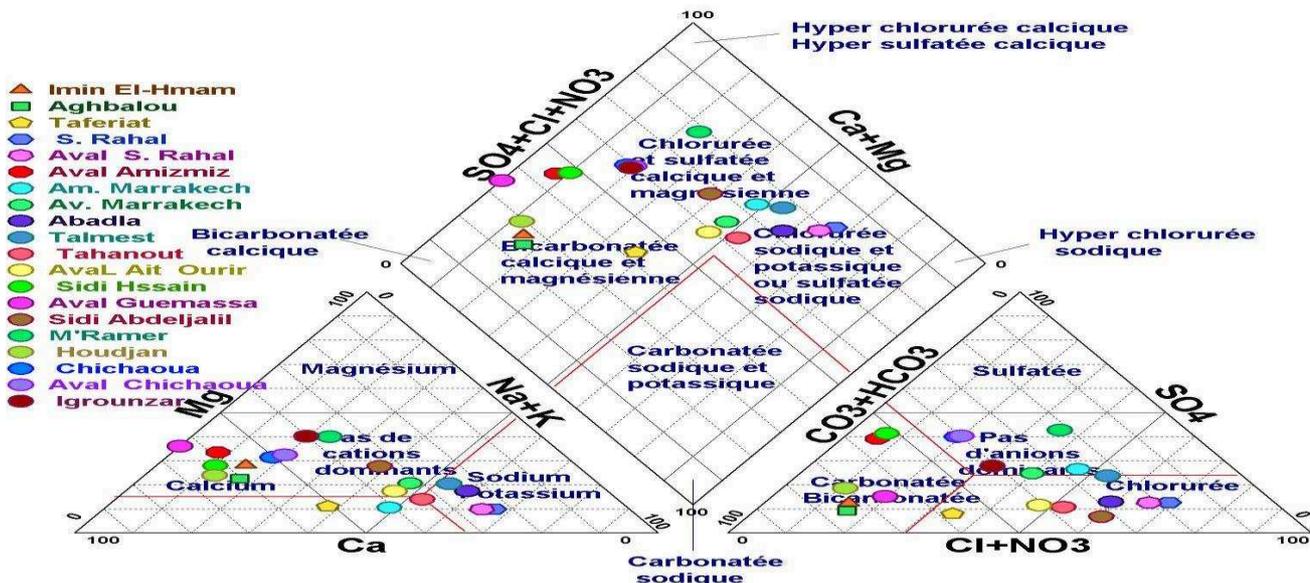


Figure 15: Projection sur le diagramme de piper des analyses des eaux de surface du réseau de contrôle de qualité (hautes eaux 2010).

Selon la projection des analyses relatives aux eaux de surface du Haouz sur le diagramme de Piper. Les eaux se répartissent selon les trois faciès principaux suivants (Fig. 15) :

- Faciès bicarbonaté calcique et magnésien.
- Faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien.
- Faciès chloruré sodique et sulfato potassique.

a. Faciès bicarbonaté calcique et magnésien

Le faciès bicarbonaté calcique et magnésien représente 30 % des analyses. Il représente en général, les eaux faiblement minéralisées. Les conductivités des eaux varient entre 184 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Oued Ourika, Station Aghbalou) et 418 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Oued Amizmiz, Aval Amizmiz). Ce faciès peu évolué caractérise, généralement, les eaux de l'amont (*figure. 13*). Les teneurs des ions bicarbonatés sont de l'ordre de 189 mg/l au niveau de la station de l'oued Amizmiz, Aval Amizmiz et minimum à l'Oued Ourika, Station Aghbalou avec 92,7 mg/l. Les teneurs du calcium varient de 26,9 mg/l à l'Oued Ourika et Station Aghbalou à 70,1 mg/l au niveau l'oued Amizmiz, Aval Amizmiz (*Fig. 16*).

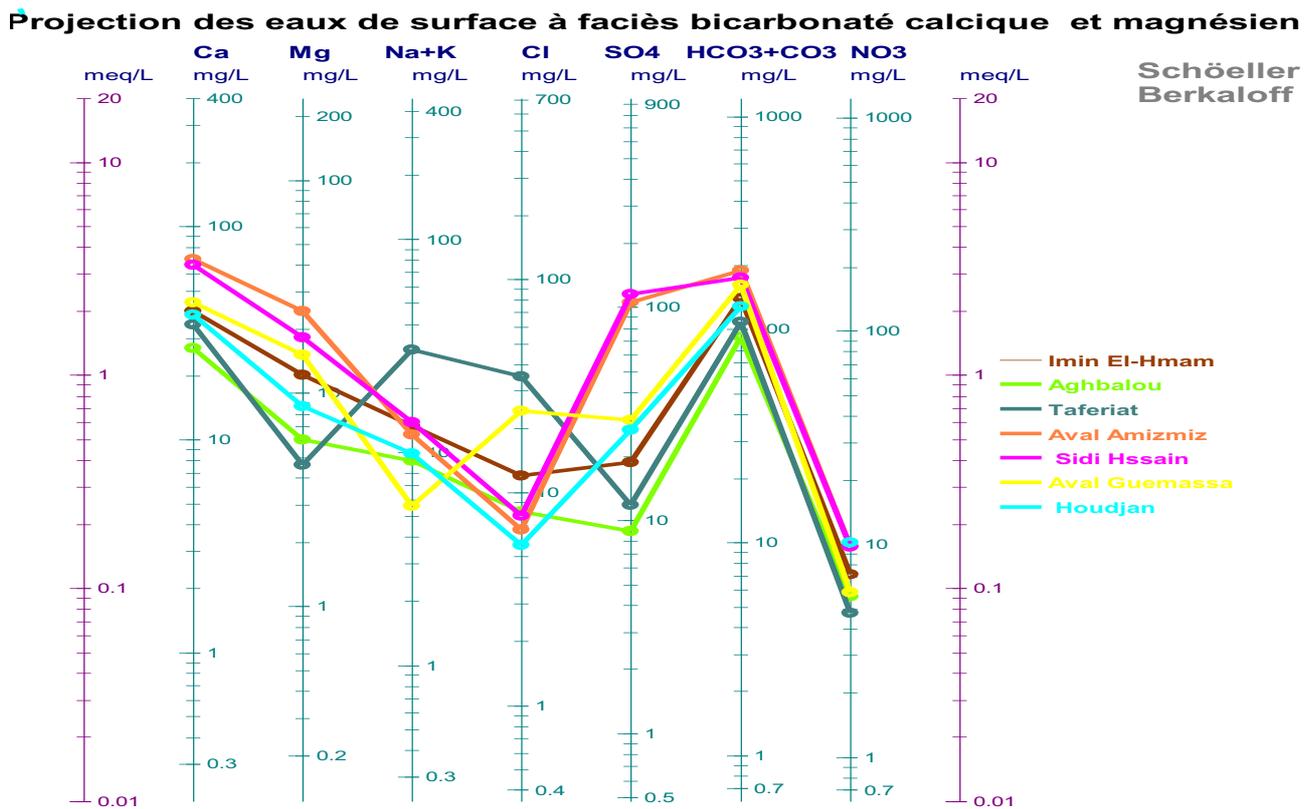


Figure 16: Projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux du réseau de contrôle de qualité des eaux de surface à faciès bicarbonaté calcique et magnésien.

Ce faciès bicarbonaté indique un régime local des écoulements, les eaux ne sont pas encore chargées et sont sous saturées vis-à-vis de pas mal de minéraux, notamment la calcite, la dolomite et le gypse. Les indices de saturations (IS) vis-à-vis de ces trois minéraux sont inférieurs à 1 : (l'eau la plus minéralisée de ce groupe de faciès, c'est l'eau de la station aval Amizmiz avec $IS_{\text{calcite}} = 0,85$, $IS_{\text{dolomite}} = 0,34$ et $IS_{\text{gypse}} = -1,48$). La présence de ce faciès peut être lié aux apports des eaux météoriques ou aux apports des eaux qui lessivent les calcaires gréseux et les calcaires dolomitiques du Crétacé-Éocène.

b. Faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien

Ce faciès représente presque la moitié des eaux étudiées (43,2%). C'est le faciès le plus dominant dans la région. Il se trouve essentiellement dans le centre de la plaine (entre l'amont et l'aval). Les conductivités sont moyennes, elles varient entre un minimum de 488 μ s/cm dans la station d'Amont Marrakech sur Oued Tensift et d'un maximum de 1675 μ s/cm enregistrée à la station de M'Ramer sur la confluence de Oued Tensift avec Oued M'Ramer. Les eaux sont moyennement riches en différents éléments chimiques, les teneurs en chlorures varient d'un minimum de 54,6 mg/l à Oued Chichaoua (Aval Chichaoua) à un maximum de 279mg/l à la station M'Ramer) (Fig.17).

De même, les teneurs en sulfates varient de 33,2 mg/l enregistrées dans la station d'Oued sidi Abdeljlil, à 467 mg/l enregistré à Oued Chichaoua (Aval Chichaoua).

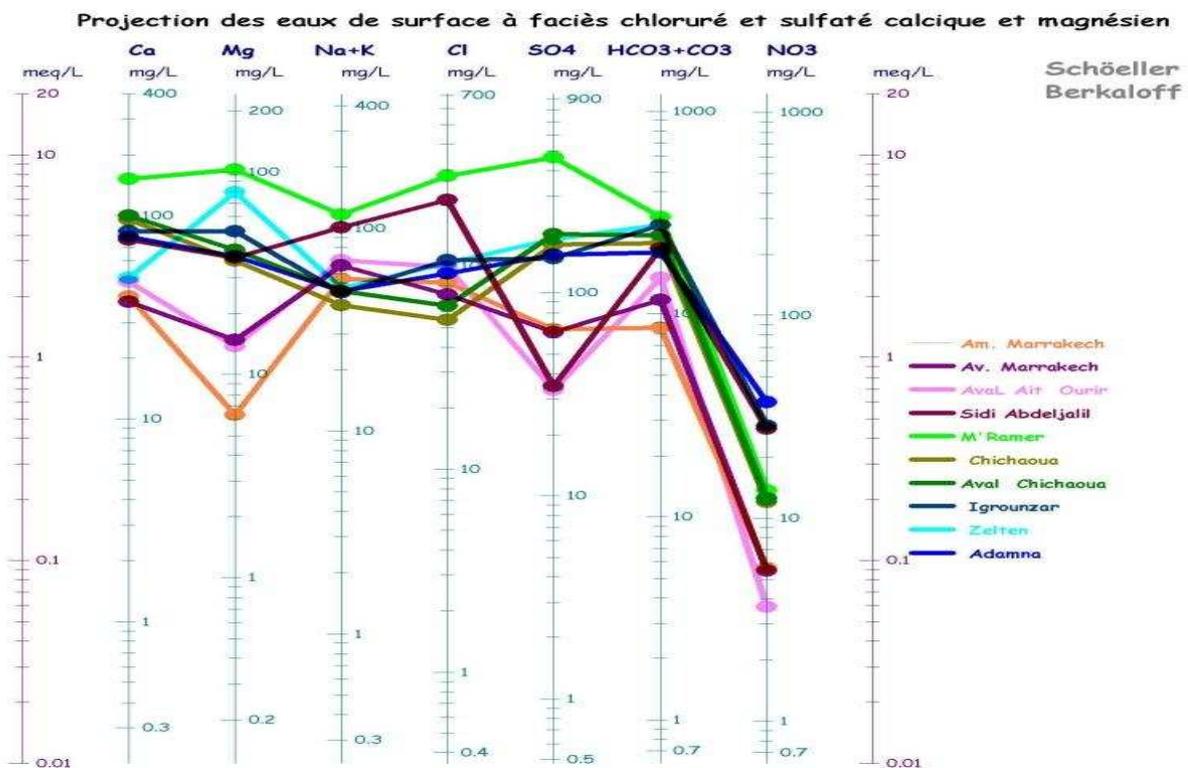


Figure 17: Projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux du réseau de contrôle de la qualité des eaux de surface à faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien.

Sur le plan de la qualité des eaux, la station de M'Ramer est la station la plus minéralisée de ce groupe d'eau à faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien, mais en général la qualité de l'eau de ce groupe est bonne à moyenne vis-à-vis du Chlorures et bonne à très mauvaise vis-à-vis du sulfates (la qualité est très mauvaise à Oued M'Ramer, bonne à Igrounzar, Adamna, Chichaoua, aval Chichaoua et Zelten avec de teneurs de sulfates entre 100 et 200 mg/l), le reste des stations est caractérisé par une qualité excellente). Concernant les nitrates, une augmentation du taux de nitrates NO_3^- est remarquée dans les points d'eau de la région d'Essaouira (Oued sidi Abdeljlil, et Oued M'Ramer à l'amont de la confluence de Tensift avec ces deux Oueds, Oued Zelten (Station Zelten) et Oued Adamna (station d'Adamna). La qualité des eaux vis à vis du nitrate reste bonne à moyenne dans ces stations.

c. Faciès chloruré sodique et sulfato potassique

Le faciès chloruré sodique et sulfato-potassique est le faciès le moins fréquent dans la région de Tensift Al-Haouz. C'est le faciès qui présente la qualité d'eau la plus dégradée. Ce faciès présente un pourcentage de 21,7 % des analyses. Il est essentiellement localisé dans le nord de la plaine et caractérise les eaux les plus minéralisées C'est le faciès le plus évolué caractérisant les eaux situées en aval avec une conductivité supérieure à 1000µs/cm à l'exception de la station de Tahanaout sur l'Oued de Reraya.

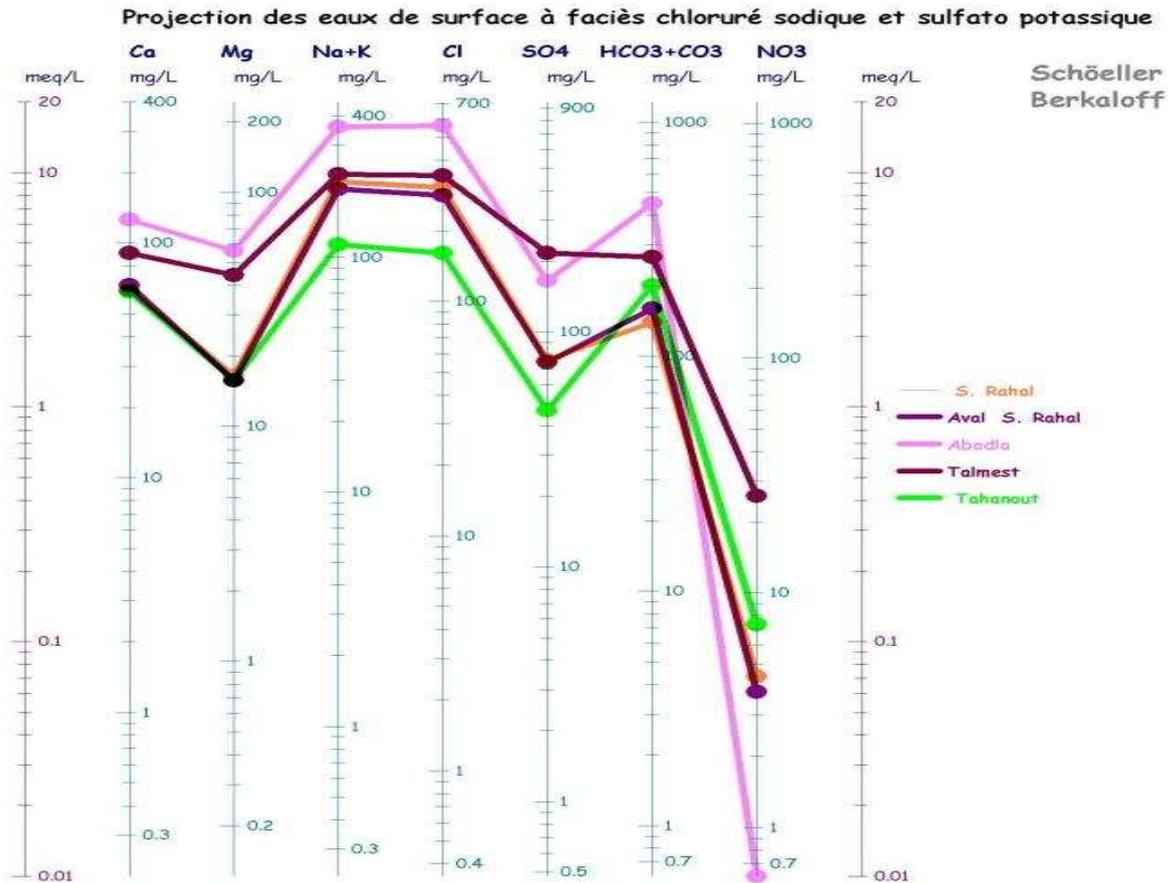


Figure 18: Projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux de réseau de contrôle de qualité des eaux de surface à faciès chloruré sodique et sulfato potassique.

Ce faciès est caractérisé par des teneurs élevées en sulfates avec un maximum de 218 mg/l (Oued Tensift, Talmest) et en chlorures avec un maximum de 577 mg/l (station d'Abadla sur Oued Tensift) et un minimum de 161 mg/l (station de Tahanaout sur l'Oued de Reraya) (Fig. 18).

L'origine des ions Cl^- , SO_4^{2-} et Na^+ serait liée à un régime d'écoulement régional dont les distances parcourues sont importantes en allant de l'amont vers l'aval. Le temps de transit étant important, les eaux se chargent énormément en ions dissous.

On peut donc dire alors que la qualité des eaux dans ce groupe est bonne à moyenne (parfois mauvaise comme à Abadla) vis-à-vis des Chlorures, bonne à moyenne vis-à-vis des Sulfates, mais bonne de points de vue Nitrates (sauf pour la station de Talmest, dont la teneur en nitrates est de 25,9 mg/l).

III.2.3 Qualité des eaux

La période des bases eaux, est caractérisée par des eaux de surface de qualité très mauvaises, seule 40% des points d'eau sont caractérisés par des eaux de qualité bonne à moyenne (Station Aghbalou, Station Tafiriat, Station Sidi Rahal, Aval rejet Ait Ourir, Aval mine Guemassa, Station M'Ramer), Station Houdjan, Station Igrounzar, Station Zelten). Les autres sont mauvaises à très mauvaises. Les paramètres de déclassement de la qualité des eaux de ces derniers points sont les teneurs élevées en Ammonium, les Coliformes fécaux, Phosphore total, DCO, DBO et l'absence d'oxygène dissous (Tabl. 8).

Tableau 8: Qualité globale des eaux des oueds dans le bassin de Tensift en période des bases eaux 2009.

N°_IRE	Nom_Station	Nom_Oued	DATE	O ₂ Dissous mg/l	DBO ₅ mg/l	DCO mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	P_Tot mg/l	CF/100 ml	Qualité Des eaux	
53 1566	Station Imin El-Hmam	N'Fis	19/06/2009	9.2	0.6	19	0.02	0.172	700	Très Mauvaise	
53 2089	Station Aghbalou	Ourika	20/06/2009	10.2	0,24	9.6	0.01	0.211	800	Bonne	
52 1562	Station Tafiriat	Zat	23/06/2009	8.96	0.9	19	0.240	0.340	600	Moyenne	
54 44	Station Sidi Rahal	Rdat	18/06/2009	8.92	1.1	29	0.028	0.066	460	Moyenne	
54 1915	Aval Sidi Rahal	Rdat	18/06/2009	5.4	10.0	48	3.24	0.844	3,2x10 ⁴	Très Mauvaise	
53 3658	Aval rejet Amizmiz	Amizmiz	26/06/2009	0	180.0	355	88.00	8.64	8x10 ⁵	Très Mauvaise	
44 4197	Amont Marrakech	Tensift	12/06/2009	<i>A sec</i>							
44 4198	Aval Marrakech	Tensift	13/06/2009	0	209	470	68	9.30	1,2x10 ⁴	Très Mauvaise	
44 1675	Station Abadla	Tensift	11/06/2009	10.2	34.0	139	1,3	2.54	120	Très Mauvaise	
43 189	Station Talmest	Tensift	02/07/2009	<i>A sec</i>							
63 1565	Station Tahanout	Reraya	17/06/2009	9.6	0.8	14	0.025	0.154	600	Bonne	
54 139	Aval rejet Ait Ourir	Zat	24/06/2009	0.0	132	326	68.0	8.55	3,8x10 ⁶	Très Mauvaise	
53 2431	Station Sidi Hssain	Amizmiz	24/06/2009	<i>A sec</i>							
53 3660	Aval mine Guemassa	N'Fis	09/10/2009	8.0	0.40	19.0	0.048	0.053	200	Bonne	
43 1285	Station Sidi Abdeljalil	S. Abdeljalil	02/07/2009	8.2	8.3	29	0.007	0.091	1,2x10 ⁵	Très Mauvaise	
43 1451	Station M'Ramer	M'Ramer	30/06/2009	7.84	0.97	38	0.235	0.058	350	Moyenne	
52 628	Station Houdjan	Seksaoua	10/06/2009	9.2	0.7	29	0.081	0.013	0.000	Moyenne	
52 1628	Aval Imintanout	Imintanout	10/06/2009	0	308	931	164	15.50	1,2x10 ⁷	Très Mauvaise	
52 451	Station Chichaoua	Chichaoua	11/06/2009	<i>A sec</i>							
52 1627	Aval rejet Chichaoua	Chichaoua	12/06/2009	6.2	24.0	86	14	2.27	0	Très Mauvaise	
52 400	Station Igrounzar	Igounzar	01/07/2009	8.76	1.2	28	0.238	0.053	200	Moyenne	
52 401	Station Zelten	Zelten	01/07/2009	6.8	1.5	24	0.181	0.348	500	Moyenne	
51 111	Station Adamna	Ksob	29/06/2009	<i>A sec</i>							

Pour la période des hautes eaux, les eaux superficielles du bassin de Tensift sont globalement de qualité moyenne à excellente. Seuls les points d'eau des Stations : Imin El-Hmam, Amont Marrakech, Aval Marrakech, Aval Imintanout, Station Adamna, Station Houdjan et Amont conf Tensift à sidi Abdeljalil ont une qualité d'eau mauvaise et les stations Aval Sidi Rahal, Station Abadla ont une qualité d'eau très mauvaise. Les paramètres de déclassement de la qualité des eaux de ces derniers points sont aussi les teneurs élevées en Ammonium, Coliformes fécaux, Phosphore total, DCO et DBO5 (Tabl. 9).

Tableau 9: Qualité globale des eaux de surface du bassin de Tensift en période des hautes eaux 2010.

N°_IRE		Nom_Station	Nom_Oued	DATE	O ₂ Dissous mg/l	DBO ₅ mg/l	DCO mg/l	NH ⁺ ₄ mg/l	P_T mg/l	CF/ 100 ml	Qualité des eaux
53	1566	Station Imin El-Hmam	N'Fis	10/02/2010	8.40	2.50	23.0	0.618	0.120	76	Mauvaise
53	2089	Station Aghbalou	Ourika	10/02/2010	8.80	0,25	10.00	0.075	0.419	144	Moyenne
52	1562	Station Tafiriat	Zat	10/02/2010	8.48	0,25	11.00	0.062	0.405	90	Moyenne
54	44	Station Sidi Rahal	Rdat	12/02/2010	7.80	0.90	33.0	0.019	0.292	500	Moyenne
54	1915	Aval Sidi Rahal	Rdat	12/02/2010	7.40	2.50	17.00	3.05	0.343	3,2.10 ⁴	Mauvaise
53	3658	Aval rejet Amizmiz	Amizmiz	10/02/2010	8.00	0,25	25.0	0.187	0.303	40	Moyenne
44	4197	Amont Marrakech	Tensift	06/02/2010	7.40	0,25	10.00	0.030	1.22	440	Mauvaise
44	4198	Aval Marrakech	Tensift	06/02/2010	7.20	1.40	13.00	0.117	2.07	600	Mauvaise
44	1675	Station Abadla	Tensift	12/02/2010	4.20	17.0	86.0	3.66	27.0	3500	Très Mauvaise
43	189	Station Talмест	Tensift	16/02/2010	7.80	3.2	17.00	0.016	0.362	3800	Moyenne
63	1565	Station Tahanout	Reraya	10/02/2010	7.80	1.30	19.00	0.165	0.315	280	Moyenne
54	139	Aval rejet Ait Ourir	Zat	12/02/2010	7.80	1.20	6,78	0.015	0.206	800	Bonne
53	2431	Station Sidi Hssain	Amizmiz	10/02/2010	8.40	1.70	18.00	0.067	0.341	30	Moyenne
53	3660	Aval mine Guemassa	N'Fis	10/02/2010	9.40	1.50	27.0	0.083	0,061	10	Moyenne
43	1285	Station Sidi Abdeljalil	S. Abdeljalil	16/02/2010	7.40	5.7	25.0	0.013	0,06	3,4.10 ⁴	Mauvaise
43	1450	Station M'Ramer	M'Ramer	04/03/2010	8.40	0.80	17.00	0.019	0,061	0	Excellente
52	628	Station Houdjan	Seksaoua	05/02/2010	7.40	0.30	23.0	0.17	2.20	20	Mauvaise
52	1628	Aval Imintanout	Imintanout	05/02/2010	7.40	3.4	13.00	2.02	0.626	150	Mauvaise
52	451	Station Chichaoua	Chichaoua	12/02/2010	7.80	1.00	9.60	0.116	0,061	100	Bonne
52	1627	Aval rejet Chichaoua	Chichaoua	10/02/2010	7.80	2.00	23.0	0.102	0,061	365	Bonne
52	400	Station Igrounzar	Igounzar	21/03/2009	8.00	1.00	6.00	0.068	0.02	230	Bonne
52	401	Station Zelten	Zelten	21/03/2009	7.52	1.50	14.00	0.039	0.049	20	Bonne
51	111	Station Adamna	Ksob	04/03/2010	7.60	0.70	10.00	0.024	0.577	0	Mauvaise

III.3 Qualité des eaux de retenues de barrages du bassin de Tensift Al-Haouz

III.3.1 Evolution des paramètres mesurés in situ

Les valeurs de la température de l'eau sont liées au moment du prélèvement. Elles ne renseignent pas sur la température journalière de l'eau. Ces valeurs sont inférieures à 30 °C, ils restent dans les normes, et indiquent une qualité bonne des eaux. Le pH varie de 7,40 à 8,50, donc la qualité des eaux est bonne vis-à-vis du pH, En ce qui concerne la conductivité, les valeurs sont faibles et varient de 674 $\mu\text{s/cm}$ au barrage de Sidi Driss (le 04/ 02/ 2010) et 237 $\mu\text{s/cm}$ au barrage Igouzoulen (le 04/ 03/ 2010), Nous avons donc une qualité excellente vis-à-vis de la conductivité (Tabl. 10).

Tableau 10: Evolution des paramètres mesurés in situ

Noms des points	Nom de l'Oued	Bases eaux 2009				Hautes eaux 2010			
		Date	Température (°C)	pH	Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	Date	Température (°C)	pH	Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)
Barrage Takerkoust (fond)	N'Fis	23/07/2009	25	8.05	335	02/02/2010	14.2	8.30	372
Barrage Takerkoust (milieu)	N'Fis	23/07/2009	26.2	8.25	325	02/02/2010	13.4	8.30	371
Barrage Takerkoust (surface)	N'Fis	23/07/2009	26.5	8.40	325	02/02/2010	17.7	8.35	371
Barrage Hassan 1 ^{er} (fond)	Lakhdar	24/07/2009	26.2	8.40	410	03/02/2010	16.8	8.00	510
Barrage Hassan 1 ^{er} (milieu)	Lakhdar	24/07/2009	26.6	8.45	400	03/02/2010	17.1	8.05	492
Barrage Hassan 1 ^{er} (surface)	Lakhdar	24/07/2009	27	8.50	390	03/02/2010	18.1	8.05	487
Barrage Sidi Driss (fond)	Lakhdar	25/07/2009	19.4	8.30	478	04/02/2010	15.1	8.25	674
Barrage Sidi Driss (milieu)	Lakhdar	25/07/2009	20	8.25	505	22/01/2010	15.0	8.20	656
Barrage Sidi Driss (surface)	Lakhdar	25/07/2009	21.5	8.25	505	04/02/2010	15.6	8.15	625
Barrage Igouzoulen (Milieu)	Ksob	29/07/2009	24.5	8.05	300	12/02/2010	15.8	7.45	240
Barrage Igouzoulen (Surface)	Ksob	29/07/2009	27.0	8.00	315	04/03/2010	16.2	7.40	237
Barrage Igouzoulen (Fond)	Ksob	29/07/2009	24.0	8.00	295	04/03/2010	15.6	7.50	237

III.3.2 Qualité des eaux

Les résultats obtenus pour la période de basses eaux montrent que (Tabl. 11):

- A la surface, les eaux des retenues de barrage sont de qualité excellente.
- Au milieu, les eaux des retenues de barrage sont de qualité bonne.
- Au fond, les eaux des retenues de barrage sont de qualité moyenne à bonne.

Tableau 11: Qualité globale des eaux de retenues de barrage du bassin de Tensift en période des basses eaux 2009.

N°_IRE	Nom_Station	Nom Oued	DATE	O ₂ Dissous mg/l	P_T mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	Chl a µg/l	Qualité des eaux	
53	481	Barrage Takerkoust (fond)	N'Fis	23/07/2009	5.2	0.109	0.007	4.47	1.62	Bonne
53	481	Barrage Takerkoust (milieu)	N'Fis	23/07/2009	7	0.022	0.006	4.1	0.54	Excellente
53	481	Barrage Takerkoust (surface)	N'Fis	23/07/2009	7.4	0.02	0.005	3.9	0.54	Excellente
45	1215	Barrage Hassan 1 ^{er} (fond)	Lakhdar	24/07/2009	5.8	0.034	0,003	8.4	1.62	Bonne
45	1215	Barrage Hassan 1 ^{er} (milieu)	Lakhdar	24/07/2009	7.2	0.014	0,003	8.38	0.54	Excellente
45	1215	Barrage Hassan 1 ^{er} (surface)	Lakhdar	24/07/2009	7.6	0.014	0,003	8.3	0	Excellente
45	830	Barrage Sidi Driss (fond)	Lakhdar	25/07/2009	6.4	0.039	0.005	8.28	0	Bonne
45	830	Barrage Sidi Driss (milieu)	Lakhdar	25/07/2009	6.8	0.038	0.007	8.27	0.27	Bonne
45	830	Barrage Sidi Driss (surface)	Lakhdar	25/07/2009	7	0.031	0.004	8.3	0.54	Excellente
		Barrage Igouzoulen (Surface)	Igouzoulen	29/07/2009	7.2	0.012	0.014	0.151	0.54	Excellente
		Barrage Igouzoulen (Milieu)	Igouzoulen	29/07/2009	7	0.028	0.007	0.244	0.54	Excellente
		Barrage Igouzoulen (Fond)	Igouzoulen	29/07/2009	6.8	0.041	0.009	0.253	2.43	Bonne

Les résultats obtenus pour la période de hautes eaux (Tabl.12) montrent une détérioration relative des eaux par rapport à la période des basses eaux. Cette détérioration est due au lessivage des engrais utilisés en agriculture et à l'eutrophisation des eaux de barrage, Ces deux phénomènes marqués ici par une augmentation des concentrations de phosphate total et de Chlorophylle (a)

Tableau 12: Qualité globale des eaux de retenues de barrage dans le bassin de Tensift en période des hautes eaux 2010.

N°_IRE	Nom_Station	Nom_Oued	DATE	O ₂ Dissous mg/l	P_T mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	Chl a µg/l	Qualité globale	
53	481	Barrage Takerkoust (fond)	N'Fis	02/02/2010	7.40	0.331	0.046	4.97	4.59	Moyenne
53	481	Barrage Takerkoust (milieu)	N'Fis	02/02/2010	8.00	0,061	0.019	5.34	1.89	Excellente
53	481	Barrage Takerkoust (surface)	N'Fis	02/02/2010	8.48	0,061	0.014	4.72	1.89	Excellente
45	1215	Barrage Hassan 1 ^{er} (fond)	Lakhdar	03/02/2010	6.40	0.383	0.059	6.75	1.35	Moyenne
45	1215	Barrage Hassan 1 ^{er} (milieu)	Lakhdar	03/02/2010	7.20	0,061	0.012	6.73	1.62	Excellente
45	1215	Barrage Hassan 1 ^{er} (surface)	Lakhdar	03/02/2010	7.40	0,061	0.009	6.34	0.27	Excellente
45	830	Barrage Sidi Driss (fond)	Lakhdar	04/02/2010	6.56	0.173	0.064	7.21	0.27	Bonne
45	830	Barrage Sidi Driss (milieu)	Lakhdar	22/01/2010	7.70	0.083	0.040	7.57	1.08	Excellente
45	830	Barrage Sidi Driss (surface)	Lakhdar	04/02/2010	8.30	0,061	0.023	7.04	0.54	Excellente
		Barrage Igouzoulen (Surface)	Igouzoulen	12/02/2010	6.80	0.119	0.015	1.70	0	Bonne
		Barrage Igouzoulen (Milieu)	Igouzoulen	04/03/2010	7.40	0.076	0.009	1.79	0.54	Excellente
		Barrage Igouzoulen (Fond)	Igouzoulen	04/03/2010	6.40	0.310	0.044	1.73	0.27	Moyenne

Le tableau ci-dessus montre que :

- A la surface, les eaux des retenues de barrages sont de qualité excellente ;
- Au milieu, les eaux des retenues de barrages sont de qualité excellente à bonne ;
- Au fond, les eaux des retenues de barrages sont de qualité moyenne à bonne.

III.4 Qualité des eaux souterraines du bassin de Tensift Al-Haouz

III.4.1 Nappe du Haouz

III.4.1.1 Evolution des paramètres mesurés in situ

a. pH

Le pH des eaux souterraines varie entre 6,85 enregistré dans le puits Ben Rakouch à la commune de l'Azouzia et 8.20 mesuré dans le puits de Ben Amar (N° 2581/53, commune Nakhil). Les eaux sont généralement neutres. Ceci est lié à la nature des roches présentes dans la région et qui sont essentiellement constituées de roches sédimentaires à composante carbonatée importante. Les valeurs de pH des eaux de la nappe du Haouz correspondent à une qualité d'eau excellente (Fig.19).

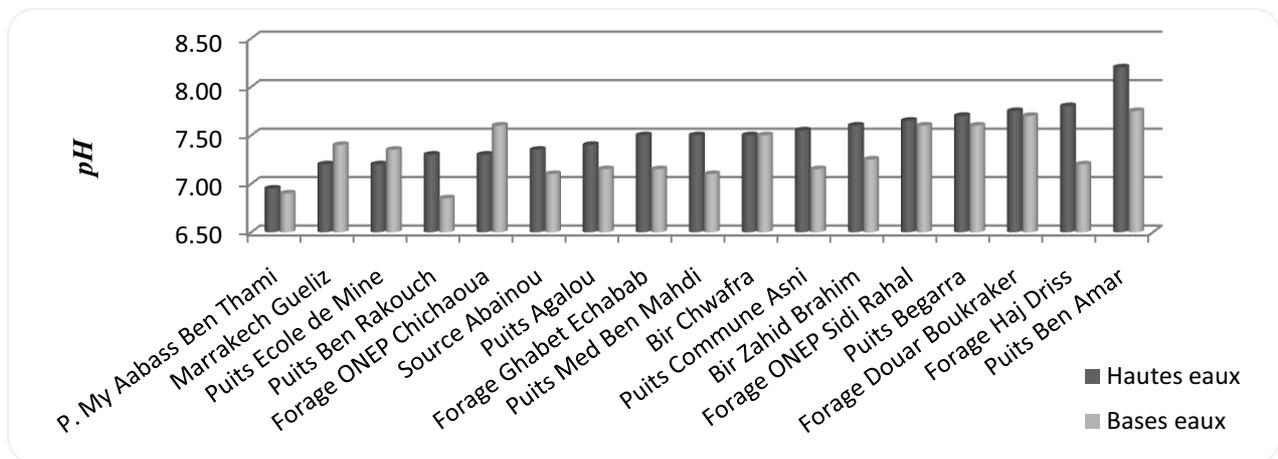


Figure 19: pH enregistrés dans les points du réseau de contrôle de la qualité des eaux de la nappe du Haouz en été 2009 et en Hiver 2010.

b. Conductivité

La qualité des eaux souterraines de la nappe du Haouz vis-à-vis du conductivité, correspond aux différentes classes de qualité prescrites par les normes marocaines (Fig. 20):

- Une qualité excellente pour 29 % des points d'eau souterraine, avec des valeurs de conductivité inférieures à 750 $\mu\text{s}/\text{cm}$;
- Une qualité bonne pour 41 % des points, avec des valeurs de conductivité entre 750 et 1300 $\mu\text{s}/\text{cm}$;
- Une qualité moyenne pour 24 % des points, avec des valeurs de conductivité entre 1300 et 2700 $\mu\text{s}/\text{cm}$;
- Une qualité très mauvaise pour le puits de Bir Chwafra à M'Zoudia, avec une conductivité très élevé de 6240 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

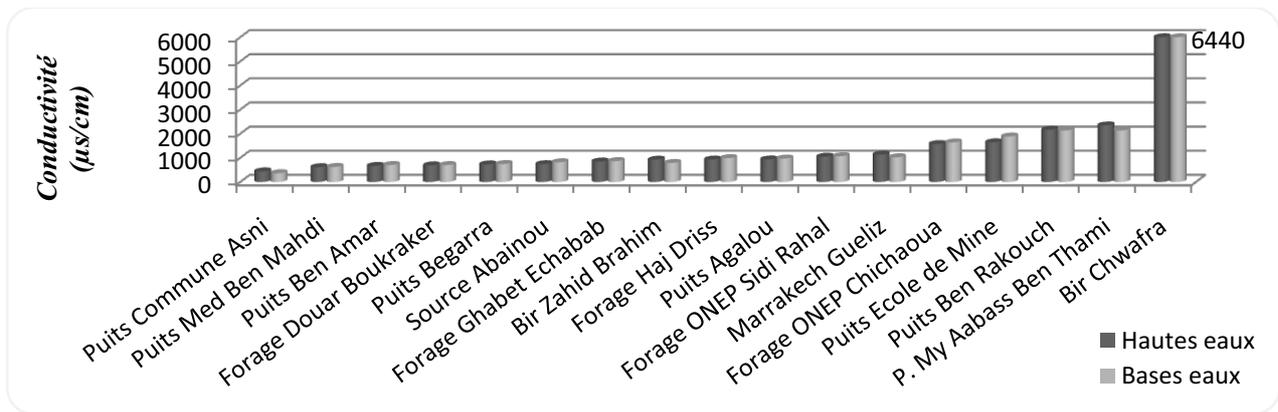


Figure 20: Conductivités enregistrées dans les points du réseau de contrôle de la qualité des eaux de la nappe du Haouz en été 2009 et Hiver 2010.

Bir Chwafra est le seul point caractérisé par une qualité très mauvaise vis-à-vis de la conductivité. Ils se situent dans une zone caractérisée par une activité industrielle de cimenterie.

III.4.1.2 Minéralisation

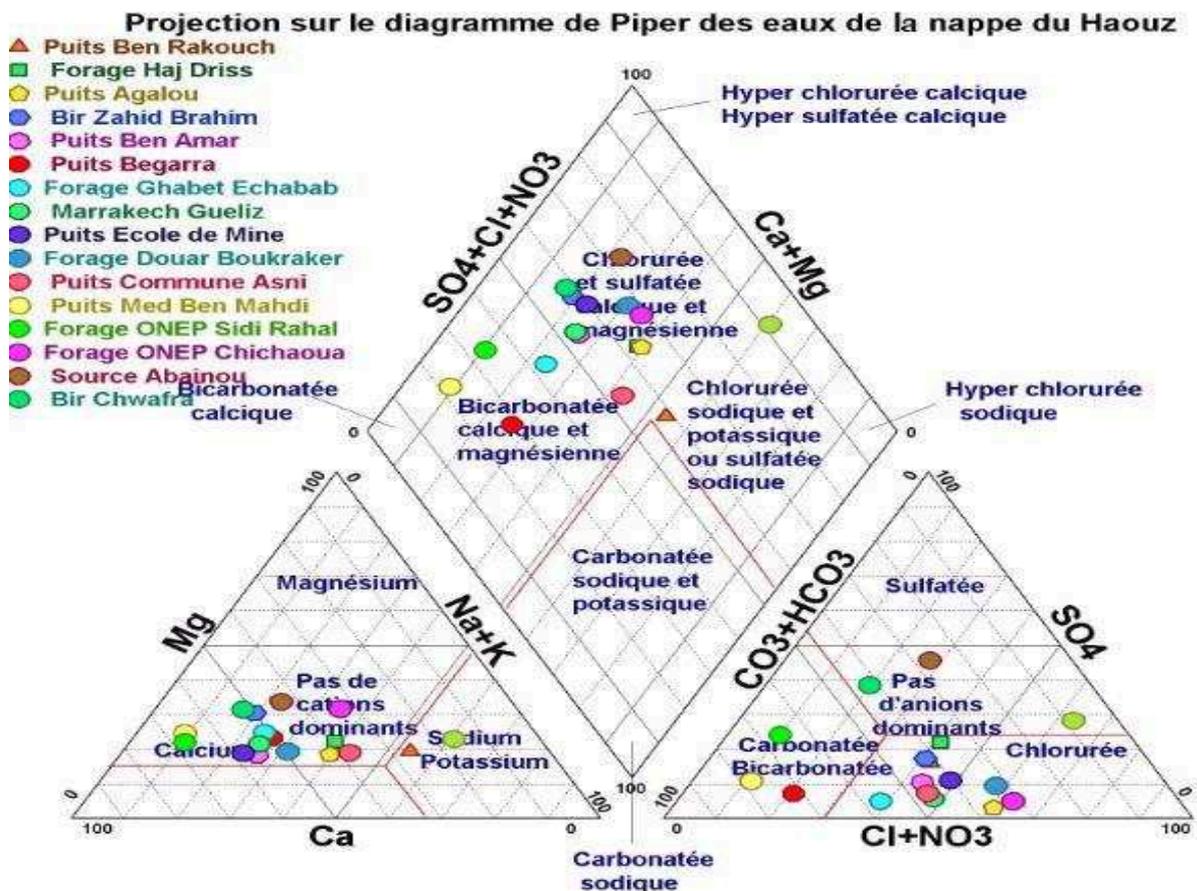


Figure 21: Projection sur le diagramme de piper des analyses des eaux du réseau de contrôle de qualité des eaux souterraines de la nappes du Haouz.

La projection sur le diagramme de Piper des analyses relatives aux eaux souterraines de la nappe du Haouz est représentée sur la figure. Les eaux se répartissent selon les trois faciès principaux suivants (Fig.21) :

- Faciès bicarbonaté calcique et magnésien ;
- Faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien ;
- Faciès chloruré sodique et sulfato potassique.

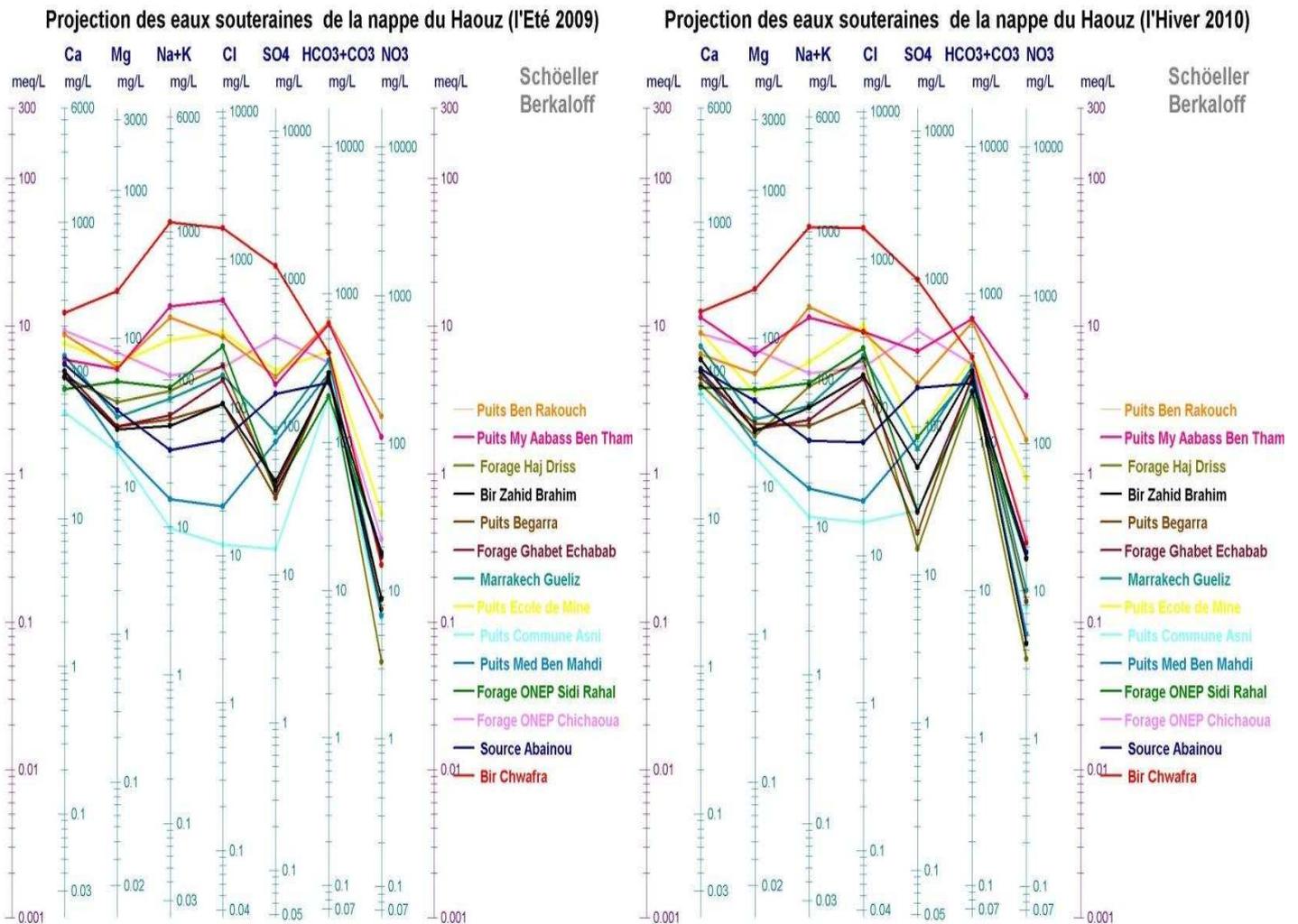


Figure 22: Projections des eaux de la nappe du Haouz en période des bases eaux 2009 et des hautes eaux 2010 sur le diagramme Schöeller Berkaloff.

Les projections des eaux souterraines de la nappe du Haouz de l'Eté 2009 et de l'Hiver 2010 sur le diagramme de Schöeller ne montrent pas des grandes différences (Fig. 22), sachant bien que l'une des analyses chimiques des eaux de 2009 (Puits My Aabass Ben Thami) est douteuse avec une balance ionique égale à 12. On a donc choisit de faire l'étude sur les prélèvements des eaux de l'Hiver 2010 qui sont complètes.

a. Faciès bicarbonaté calcique et magnésien

Le faciès bicarbonaté calcique et magnésien représente 23,6%. Il est le moins évolué. Les eaux sont les plus diluées, en allant une conductivité électrique fréquemment inférieure à 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Ce faciès présente des teneurs relativement faibles. Le calcium et les bicarbonates sont respectivement le cation et l'anion les plus dominants. Ces eaux présentent aussi un appauvrissement relatif en sodium (Fig. 23).

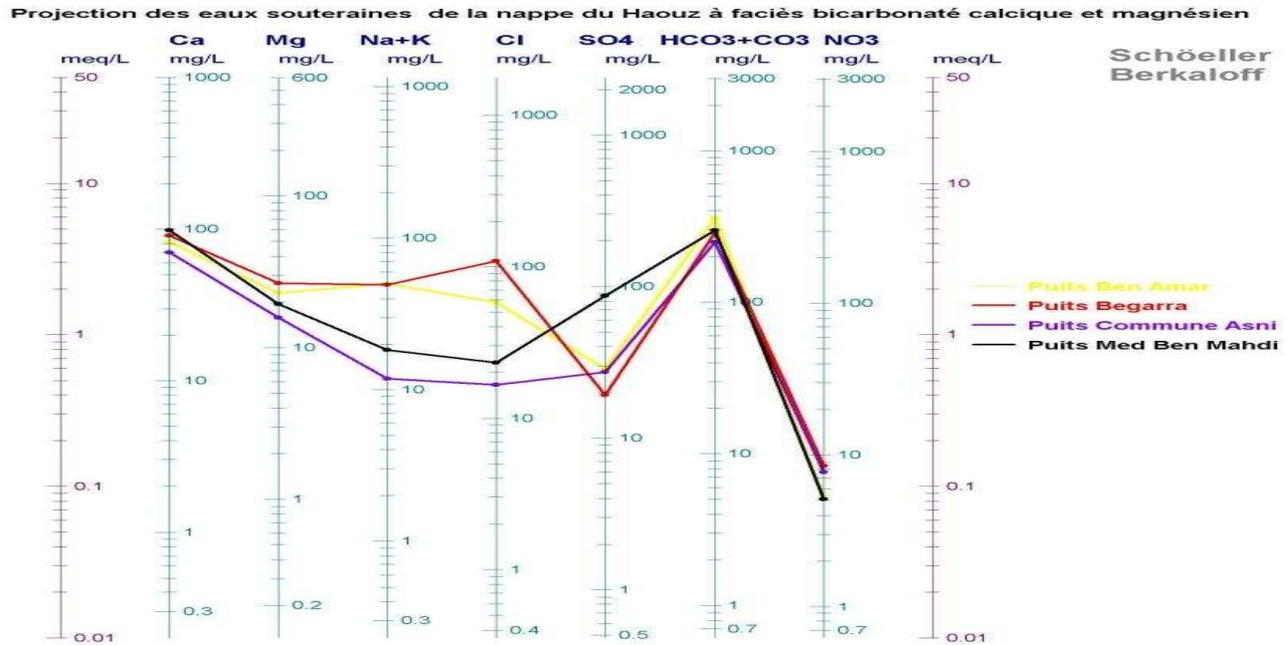


Figure 23 : Projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux du réseau de contrôle de qualité des eaux de la nappe du Haouz à faciès bicarbonaté calcique et magnésien.

Les faibles teneurs en éléments chimiques peuvent s'expliquer par le régime d'écoulement, un écoulement local et en conduit qui caractérise les milieux calcaires et fracturés notamment les calcaires gréseux et les calcaires dolomitiques du Crétacé-Eocène. Cet écoulement est caractérisé par une grande vitesse de transition de l'eau et par conséquent l'eau ne trouve pas le temps pour s'équilibrer thermiquement et chimiquement avec l'encaissant.

La qualité chimique des eaux de ce faciès est excellente avec des teneurs en chlorures, en sulfates et en nitrates très faibles.

b. Faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien.

Les eaux du faciès chloruré sulfaté calcique et magnésien représentent 64,7 % des eaux de la nappe du Haouz. Elles sont moyennement concentrées. La conductivité électrique varie d'une qualité bonne avec 690 $\mu\text{s}/\text{cm}$ au Forage Douar Boukraker à Ait Faska (cercle d'Ait Ourir) à une qualité moyenne avec un maximum de 2345 $\mu\text{s}/\text{cm}$ au puits de My Abass Ben Thami à l'Azouzia (Fig. 24).

Projection des eaux souterraines de la nappe du Haouz à faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien

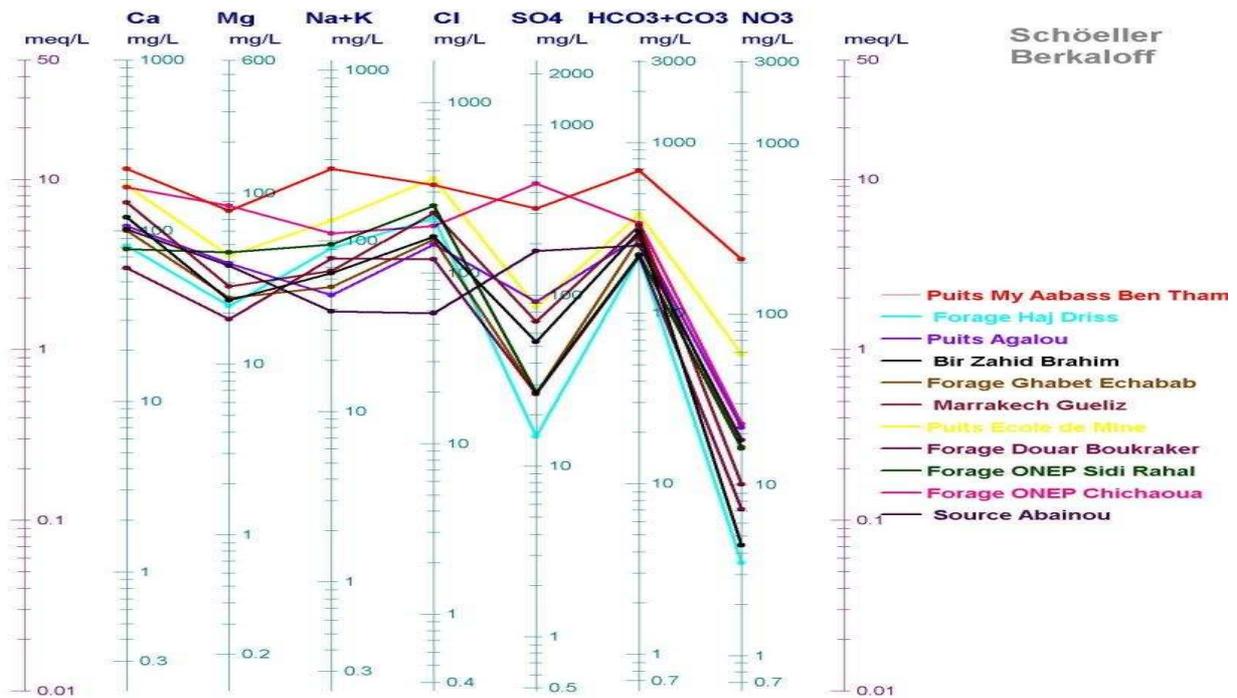


Figure 24: Projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux du réseau de contrôle de qualité des eaux de la nappe du Haouz à faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien.

Les teneurs en chlorures oscillent entre 58 mg/l à la source Abainou à Chichaoua et 359 mg/l au puits de l'école des Mine à Marrakech. Ces valeurs restent dans les normes d'une qualité d'eau bonne à moyenne. Les eaux présentent aussi des teneurs relativement élevées en sodium mais très faibles en Nitrates.

c. *Faciès chloruré sodique et sulfato potassique*

Le faciès chloruré sodique et sulfato-potassique est moins dominant dans les eaux de la nappe du Haouz. Il est représenté par deux points (12 %): le puits de Ben Rakouch à l'Azouzia et le puits de Chwafra à M'Zoudia. Ces eaux ont une conductivité électrique fréquemment supérieure à 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$, on parle alors d'une qualité d'eau moyenne au niveau du puits de Ben Rakouch avec 2165 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et une qualité très mauvaise au puits de Chwafra avec 6240 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Fig.25).

Pour le puits de Chwafra à M'Zoudia point noire pour la qualité des eaux du Haouz, on note une qualité moyenne en nitrates de l'ordre de 15 mg/l, et une qualité très mauvaise aussi bien pour le sodium avec 1069 mg/l (La valeur critique acceptable selon les normes de l'Union Européenne, est de 200 mg/l), pour les Chlorures avec 1669 mg/l, et les sulfates avec 993 mg/l. Cela peut être expliqué par l'activité industrielle intense d'une usine de cimenterie à l'entourage de ce point.

Cependant, pour le puits de Ben Rakouch à l'Azouzia on remarque une teneur de nitrates trop élevé qui atteint 153 mg/l (VCA= 50 mg/l), Cette valeur est expliquée par la coïncidence de ce point de prélèvement avec la zone d'épandage des eaux d'assainissement du quartier Gueliz à Marrakech.

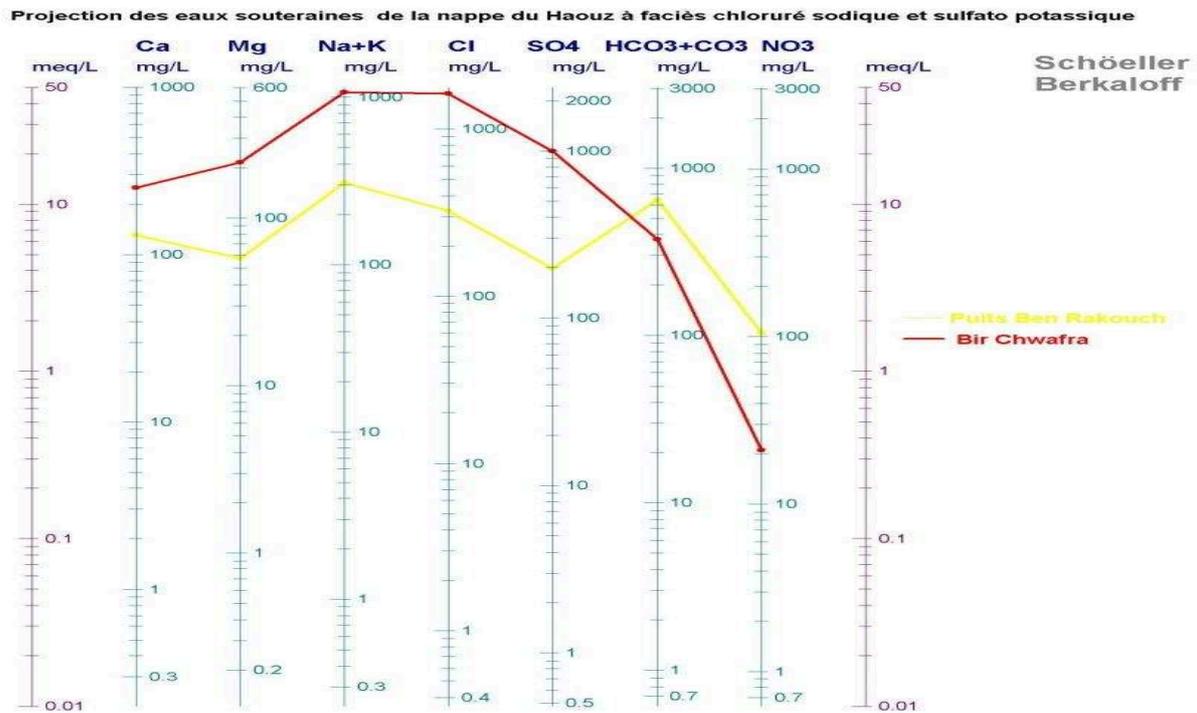


Figure 25: Projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux du réseau de contrôle de qualité des eaux de la nappe du Haouz à faciès chloruré sodique et sulfato potassique.

III.4.1.3 Qualité des eaux

L'analyse des résultats du tableau (13) montre que :

- Les teneurs en ammonium et en matières organiques sont globalement faibles ;
- La contamination bactérienne des eaux de cette nappe est faible à absente et la totalité des points d'eau ont une qualité bactérienne bonne à excellente ;
- Les teneurs en Nitrates sont globalement faibles excepté les points ; Puits Ben Rakouch (3828/44) et Puits My Abass Ben Thami (3823/44) qui ont des teneurs élevées ;
- Les teneurs en nitrates varient entre un minimum de 3,34 mg/l au forage Haj Driss 3804/44 et un maximum de 153 mg/l au Puits Ben Rakouch 3828/44 ;
- La minéralisation des eaux est moins importante :
 - ✚ La conductivité est très variable. Les valeurs enregistrées varient généralement entre un minimum de 365 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au point 1559/53 et un maximum de 6440 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au point 226/44 ;
 - ✚ Les teneurs en chlorures varient entre un minimum de 11,7 mg/l au point 1559/53 et un maximum de 1628 mg/l au point 226/44.
- Ainsi, pendant la période des basses eaux, les eaux de la nappe de Haouz sont globalement de qualité bonne à moyenne. Seuls les points d'eau suivant: Puits Ben Rakouch (3828/44), Puits My Abass Ben Thami (3823/44), Bir Chwafra (226/44) ont une qualité d'eau très mauvaise.

Tableau 13: Qualité des eaux de la nappe du Haouz pendant la période des basses eaux

N°_IRE	Nappe	Nom_point	DATE	Conductivité µs/cm	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	MO mg/l	CF/ 100 ml	Qualité des eaux	
44	3828	Haouz	Puits Ben Rakouch	23/10/2009	2140	298	153	0.021	1.30	1800	Très Mauvaise
44	3823	Haouz	Puits My Abass Ben Thami	23/10/2009	2140	529	111	0.032	0.52	600	Très Mauvaise
44	3804	Haouz	Forage Haj Driss	23/10/2009	990	192	3.34	0.020	0.39	0	Bonne
53	3339	Haouz	Puits Agalou	24/10/2009	970	148	22.8	0.048	1.30	700	Bonne
53	2651	Haouz	Bir Zahid Brahim	24/10/2009	790	105	8.84	0.009	0.73	20	Bonne
53	2581	Haouz	Puits Ben Amar	23/10/2009	705	63.8	6.66	0.033	1.30	80	Bonne
53	2406	Haouz	Puits Begarra	26/11/2009	745	105	7.60	0,005	<0,24	0	Bonne
53	2027	Haouz	Forage Ghabet Echabab	23/10/2009	865	153	16.9	0.013	1.30	0	Bonne
44	1903	Haouz	Bir Ayboud	26/11/2009	1025	163	8.76	0,005	0.64	0	Bonne
44	1788	Haouz	Puits Ecole de Mine	23/10/2009	1885	323	33.0	0.006	0.72	0	Moyenne
53	1704	Haouz	Forage Douar Boukraker	26/11/2009	703	116	7.71	0.057	0.83	0	Bonne
53	1559	Haouz	Puits Commune Asni	22/10/2009	365	11.7	6.53	0,005	0.26	0	Bonne
53	1390	Haouz	Puits Med Ben Mahdi	24/10/2009	625	21.3	6.78	0.048	0.33	80	Bonne
45	1388	Haouz	F. ONEP Sidi Rahal	04/11/2009	1070	258	17.7	0,005	1.00	0	Bonne
53	967	Haouz	Forage ONEP Chichaoua	26/11/2009	1640	188	22.4	0,005	1.02	0	Moyenne
52	515	Haouz	Source Abainou	21/10/2009	820	60.6	18.2	0,005		0	Bonne
44	226	Haouz	Bir Chwafra	26/11/2009	6440	1628	15.0	0.023	3.71	220	Très Mauvaise

Pour la période des hautes eaux ; L'analyse des résultats du tableau (14), ci-dessus, montre que :

- Comme en périodes des basses eaux, les teneurs en ammonium et en matières organiques sont globalement satisfaisantes, La contamination bactérienne des eaux de cette nappe est très faible à absente, Les teneurs en Nitrates sont globalement faibles excepté les points 3823/44, 3828/44 et 1788/44 qui ont des teneurs élevées ;
Les teneurs en nitrates varient entre un minimum de 3,50 mg/l au point 3804/44 et un maximum de 210 mg/l au point 3823/44 ;
- La minéralisation des eaux est moins importante ;
 - ✚ La conductivité est très variable, les valeurs enregistrées varient généralement entre un minimum de 440 µS/cm au point 1559/53 et un maximum de 6240 µS/cm au point 226/44 ;
 - ✚ Les teneurs en chlorures varient entre un minimum de 16,7 mg/l au point 1559/53 et un maximum de 1628 mg/l au point 226/44.

Tableau 14: Qualité globale des eaux de la nappe du Haouz pendant la période des hautes eaux.

N°_IRE	Nappe	Nom de point	DATE	Conductivité µs/cm	Cl mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	MO mg/l	CF/ 100 ml	Qualité de l'eau	
44	3828	Haouz	Puits Ben Rakouch	09/01/2010	2165	323	105	0.084	2.0	20	Très Mauvaise
44	3823	Haouz	Puits My Abass Ben Thami	09/01/2010	2345	328	210	0.071	<0,24	36	Très Mauvaise
44	3804	Haouz	Forage Haj Driss	06/01/2010	930	210	3.50	0,005	0.33	840	Bonne
53	3339	Haouz	Puits Agalou	07/01/2010	935	147	21.7	0.020	<0,24	180	Bonne
53	2651	Haouz	Bir Zahid Brahim	07/01/2010	924	164	4.42	0.062	1.30	12	Bonne
53	2581	Haouz	Puits Ben Amar	06/01/2010	667	58.1	5.28	0,005	<0,24	0	Bonne
53	2406	Haouz	Puits Begarra	06/01/2010	730	109	8.48	0,005	0.59	0	Bonne
53	2027	Haouz	Forage Ghabet Echabab	08/01/2010	850	157	16.7	0.018	<0,24	28	Bonne
44	1903	Haouz	Marrakech Gueliz	08/01/2010	1136	224	10.1	0.032	<0,24	0	Bonne
44	1788	Haouz	Puits Ecole de Mine	09/01/2010	1645	359	58.0	0,005	2.0	0	Mauvaise
53	1704	Haouz	Forage Douar Boukraker	14/01/2010	690	121	7.23	0.006	0.64	0	Bonne
53	1559	Haouz	Puits Commune Asni	10/02/2010	440	16.7	7.74	0.013	<0,33	0	Bonne
53	1390	Haouz	Puits Med Ben Mahdi	07/01/2010	615	23.4	5.11	0.046	0.74	40	Bonne
45	1388	Haouz	Forage ONEP Sidi Rahal	14/01/2010	1048	249	16.4	0,005	0.51	0	Bonne
53	967	Haouz	Forage ONEP Chichaoua	12/02/2010	1572	188	22.6	0,006	<0,33	0	Moyenne
52	515	Haouz	Source Abainou	05/02/2010	740	58.1	18.3	0,006		0	Bonne
44	226	Haouz	Bir Chwafra	12/02/2010	6240	1628	21.0	0,006	1.0	36	Très Mauvaise

Ainsi les eaux de la nappe du Haouz sont de qualité globale bonne à moyenne pendant la période des hautes eaux. Seuls les points d'eau 1788/44, 3823/44, 3828/44 et 226/44 ont une qualité d'eau mauvaise à très mauvaise.

Les paramètres de déclassement de la qualité des eaux de ces derniers points sont les teneurs élevées en Nitrates et la forte minéralisation des eaux.

III.4.2 Nappe de la Bahira

III.4.2.1 Evolution des paramètres mesurés in situ

a. pH

Le pH de ces eaux souterraines est neutre à légèrement alcalin. Il varie de 7.05 enregistré dans le puits Oueld Talha à la commune de Sidi Bou Othmane à 7.85 mesuré dans le puits Laksir à Sidi Hmad, les eaux sont donc généralement neutres (Fig.26).

Les valeurs de pH des eaux de la nappe de la Bahira correspondent à une qualité d'eau excellente.

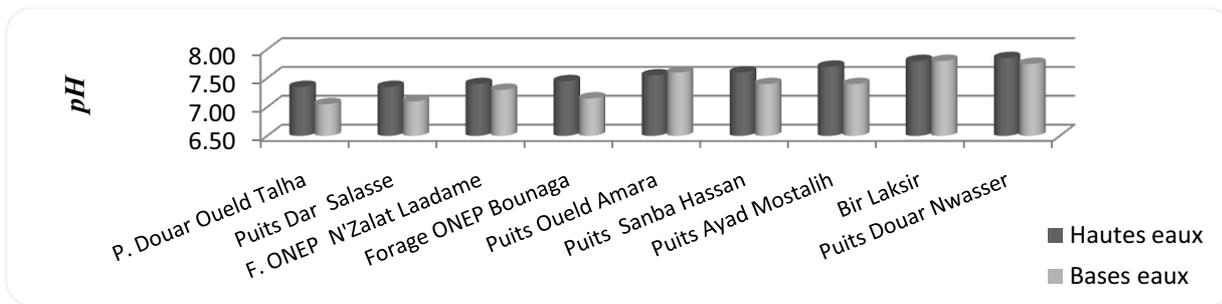


Figure 26: pH enregistrés dans les points du réseau de contrôle de la qualité des eaux de la nappe de la Bahira période des bases et hautes eaux (2009-2010).

b. Conductivité :

La conductivité des eaux souterraines de la nappe de la Bahira correspond aux trois classes de qualité prescrites par les normes marocaines (Fig.27) :

- Une qualité bonne pour 44% des points, avec des valeurs de conductivité entre 750 et 1300 $\mu\text{s}/\text{cm}$;
- Une qualité moyenne pour 33 % des points, avec des conductivité entre 1300 et 2700 $\mu\text{s}/\text{cm}$;
- Une qualité mauvaise pour le puits Oueld Talha à la commune de Sidi Bou Othmane, avec une conductivité très élevé de 2825 $\mu\text{s}/\text{cm}$;
- Une qualité très mauvaise pour le puits de Sanba Hassan à Bengrir, avec une conductivité très élevé de 3510 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

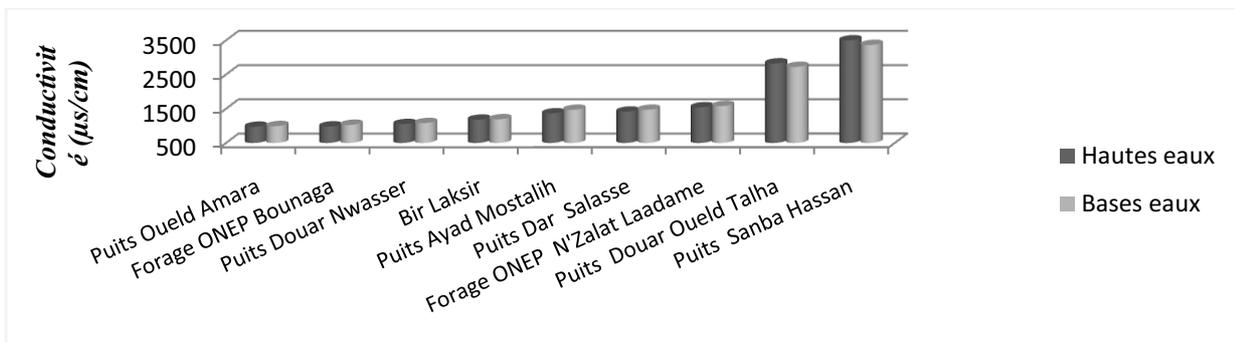


Figure 27: Conductivités enregistrées dans les points du réseau de contrôle de la qualité des eaux de la nappe de la Bahira en période de bases et hautes eaux (2009- 2010).

III.4.2.2 Minéralisation

Selon la projection des analyses relatives aux eaux souterraines de la nappe de la Bahira sur le diagramme de Piper est représentée sur la figure. Les eaux se répartissent selon les trois faciès principaux suivants (Fig.28) :

- Faciès bicarbonaté calcique et magnésien.
- Faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien.
- Faciès chloruré sodique et sulfato potassique.

Projection sur le diagramme de Piper des eaux de la nappe de la Bahira

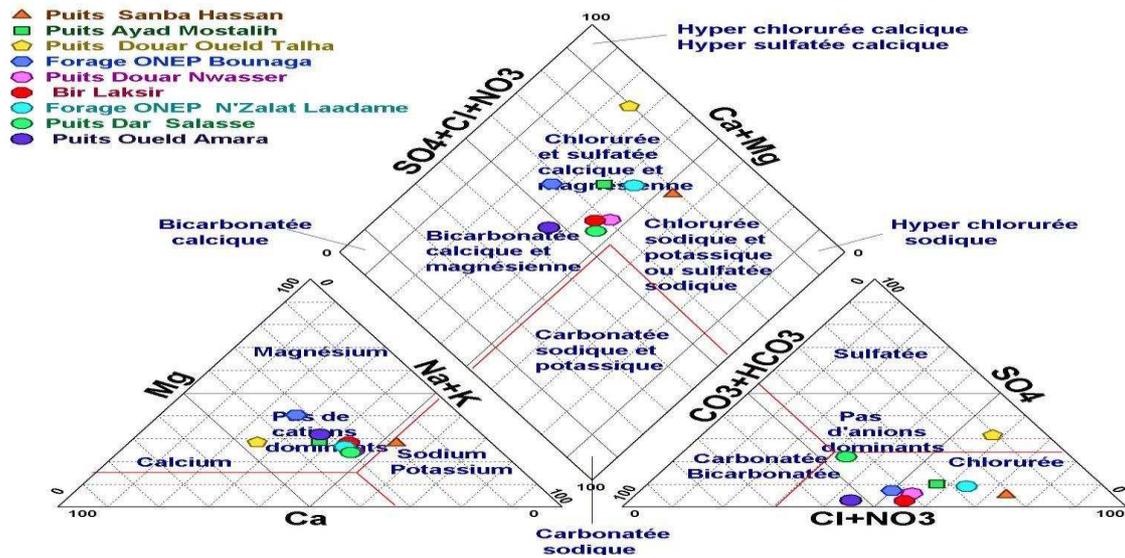


Figure 28: Projection sur le diagramme de piper des analyses des eaux du réseau d contrôle de qualité des eaux de la nappes du Bahira.

Comme pour les eaux souterraines de la nappe du Haouz, nous avons une légère différence entre les résultats d'analyses des eaux de l'Été 2009 et de l'Hiver 2010, et la suppression d'une analyse douteuse parmi les analyses chimiques des eaux de l'Hiver 2010 (Puits Douar Oueld Talha). Pour ces deux raisons, on a choisit de faire l'étude sur les prélèvements des eaux de l'Été 2009, qui sont complètes.

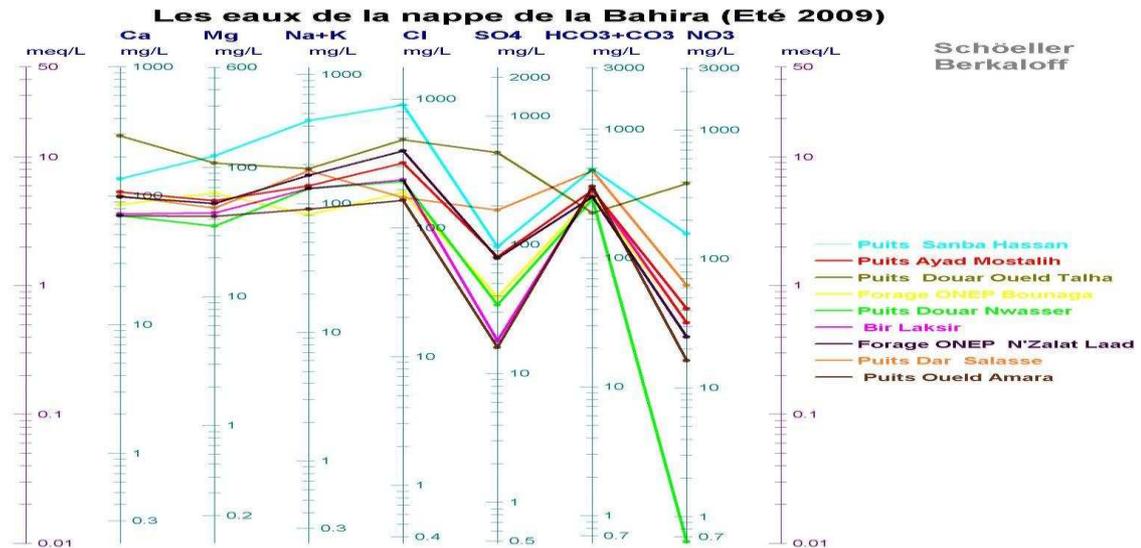


Figure 29: Projection des eaux de la nappe du la Bahira de l'Été 2009 et de l'Hiver 2010 sur le diagramme de Schöeller Berkloff.

La projection des eaux de la nappe de la Bahira sur le diagramme de Schöeller montre que la minéralisation de 90% de ces eaux est représentée par des courbes de même allure mais de concentration différentes. Cela nous permet, premièrement, de confirmer que la majorité de ces eaux ont la même origine, on parle donc de même nappe et, deuxièmement, de tracer l'évolution de ces eaux en fonction de leur acquisition de la minéralisation (Fig.29).

a. Faciès bicarbonaté calcique et magnésien

Le faciès bicarbonaté calcique et magnésien est représenté par le puits d'Oueld Amara à Tiamine dans la province de Safi, qui est le moins évolué. L'eau est la plus diluée, caractérisée par des teneurs faibles en sulfates, en nitrates et en chlorures, elles sont respectivement de l'ordre de 16 mg/l, 16,2 mg/l et de 163 mg/l, la conductivité électrique avec une valeur de 974 $\mu\text{s}/\text{cm}$. On parle alors, d'une eau de bonne qualité chimique (Fig. 30).

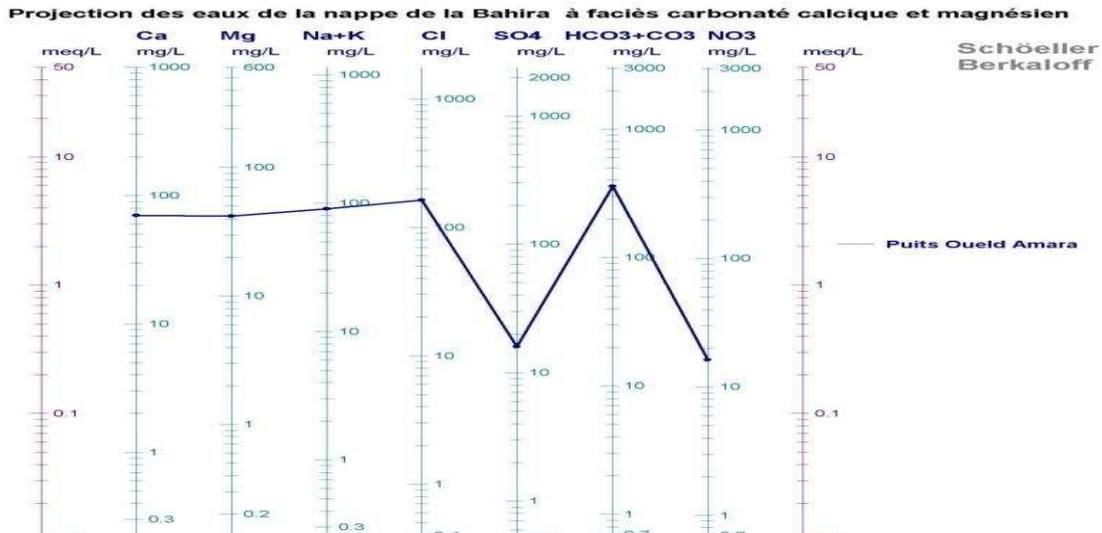


Figure 30:Projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux de réseau de contrôle de qualité des eaux de la nappe du la Bahira à faciès bicarbonaté calcique et magnésien.

b. Faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien

Les eaux du faciès chloruré sulfaté calcique et magnésien représentent 77,7 % des eaux de la nappe de la Bahira, elles sont moyennement minéralisées. La conductivité électrique varie d'un minimum de 1081 $\mu\text{s}/\text{cm}$ au puits Douar Nwasser à Khoulka (Province de Safi) à un maximum de 2724 $\mu\text{s}/\text{cm}$ caractérisant une eau de mauvaise qualité au niveau du puits du Douar Oueld talha à Sidi Bou Othmane, Les teneurs en chlorures sont moyennes. Ils varient de 172 mg/l au puits Dar Salasse à Sidi Bou Othmane à 483 mg/l au puits Douar Talha. Cependant la spécialité de ce faciès pour la nappe de la Bahira; Ces teneurs sont trop élevées surtout en sulfates et en Nitrates. Le puits de Douar Oueld Talha est caractérisé par des teneurs de 520 mg/l en sulfates et de 383 mg/l en nitrates.

Ces Valeurs dépassent largement les normes marocaines de qualité des eaux, Les eaux présentent aussi des teneurs relativement élevées en calcium et en magnésium (Fig.31).

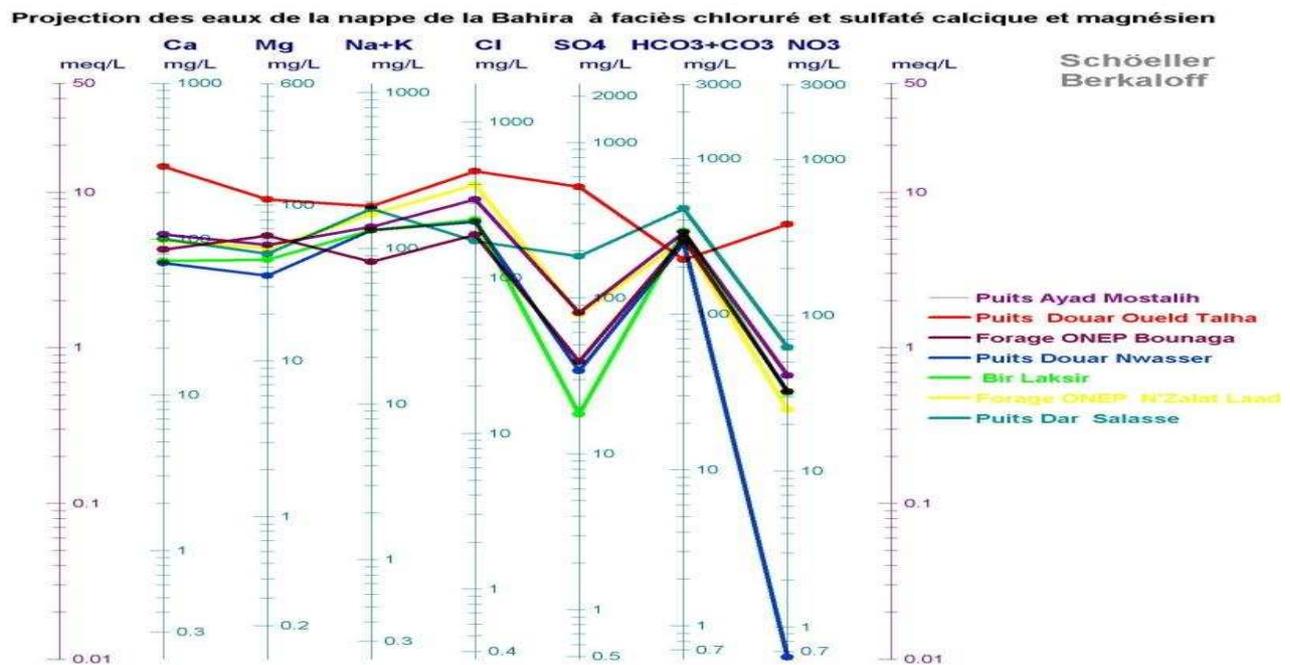


Figure 31: Projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux du réseau de contrôle de qualité des eaux de la nappe de la Bahira à faciès chloruré sulfaté calcique et magnésien

c. Faciès chloruré sodique et sulfato potassique

Le faciès chloruré sodique et sulfato-potassique est représenté dans la nappe de la Bahira par le puits Sanba Hassan à Bengrir. Cette eau est caractérisée par une conductivité très élevée de l'ordre de 3365 $\mu\text{s}/\text{cm}$, avec un enrichissement en chlorures (897 mg/cm), en sodium et en potassium dépassant les normes, on parle alors d'une qualité d'eau très mauvaise (Fig.32).

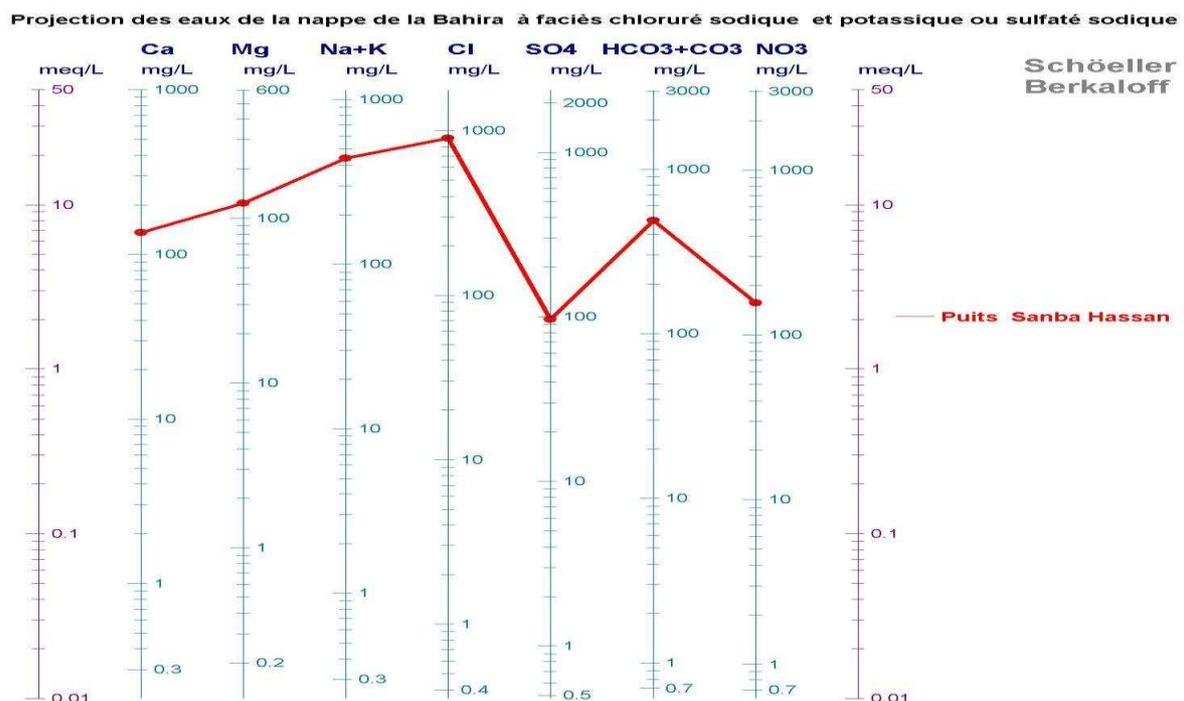


Figure 32: Projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux du réseau de contrôle de qualité des eaux de la nappe de la Bahira à faciès chloruré sodique et sulfato potassique

III.4.2.3 Qualité des eaux

L'analyse des résultats du tableau (15) montre que :

- Les teneurs en ammonium et en matières organiques sont globalement satisfaisantes ;
- La contamination bactérienne des eaux de cette nappe est très faible à absente, la totalité des points d'eau ont une qualité globalement excellente de point de vue bactériologique ;
- Les teneurs en Nitrates sont globalement moyennes à bonnes à l'exception des trois points 3666/44, 4194/44 et 1301/44 qui présentent des valeurs élevées en nitrates. Ainsi les teneurs en nitrates varient entre un minimum de 0,641 mg/l au point 2248/44 et un maximum de 383 mg/l au point 3666/44 ;
- La minéralisation des eaux est moins importante :
 - ✚ La conductivité est très variable, les valeurs enregistrées varient généralement entre un minimum de 993 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au point 313/43 et un maximum de 3470 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au point 4194/44 ;
 - ✚ Les teneurs en chlorures varient entre un minimum de 163 mg/l au point 313/43 et un maximum de 946 mg/l au point 4194/44.

Tableau 15: Qualité globale des eaux de la nappe de la Bahira en période des basses eaux

N°_IRE	Nappe	Nom_point	DATE	Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	MO mg/l	CF/ 100 ml	Qualité des eaux	
44	4194	Bahira	Puits Sanba Hassan	07/10/2008	3365	897.0	157.0	0.006	0.96	150	Très Mauvaise
44	3807	Bahira	Puits Ayad Mostalih	03/11/2009	1470	318	41.0	0.039	3.60	130	Moyenne
44	3666	Bahira	Puits Douar Oueld Talha	03/11/2009	2724	483	383	0.088	1.4	0	Très Mauvaise
44	3649	Bahira	Forage ONEP Bounaga	03/11/2009	1030	187	32.5	0.008	0.25	0	Moyenne
44	2248	Bahira	Puits Douar Nwasser	24/11/2009	1081	230	0.641	0.006	1.7	0	Bonne
44	2232	Bahira	Bir Laksir	24/11/2009	1192	236	31.9	0.056	1.9	0	Moyenne
44	1805	Bahira	F. ONEP N'Zalat Laadame	03/11/2009	1580	394	24.9	0.009	0.57	0	Moyenne
44	1301	Bahira	Puits Dar Salasse	03/11/2009	1470	172	62.4	0.069	1.2	20	Mauvaise
43	313	Bahira	Puits Oueld Amara	24/11/2009	993	163	16.2	0.027	1.8	0	Bonne

Pour la période des hautes eaux. L'analyse des résultats du tableau (16), ci-dessus, montre que :

- Les teneurs en matières organiques et en ammonium sont globalement satisfaisantes ;
- La contamination bactérienne des eaux de cette nappe est très faible à absente. De point de vue bactériologique, la totalité des points d'eau ont une qualité globalement excellente ;
- Les teneurs en Nitrates sont globalement moyennes à bonnes à l'exception des trois points 3666/44, 4194/44 et 1301/44 qui présentent des valeurs élevées en nitrates, ainsi les teneurs en nitrates varient entre un minimum de 13 mg/l au point 2248/44 et un maximum de 435 mg/l au point 3666/44 ;

- La minéralisation des eaux est moins importante :
 - ✚ La conductivité est très variable, les valeurs enregistrées varient généralement entre un minimum de 974 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au point 313/43 et un maximum de 3510 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au point 4194/44 ;
 - ✚ Les teneurs en chlorures varient entre un minimum de 152 mg/l au point 1301/44 et un maximum de 1050 mg/l au point 4194/44.

Tableau 16: Qualité globale des eaux de la nappe de la Bahira pendant l'Hiver 2010 (Période des hautes eaux).

N°_IRE	Nappe	Nom_point	DATE	Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	Cl mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	MO mg/l	CF/ 100 ml	Qualité des eaux	
44	4194	Bahira	Puits Sanba Hassan	07/01/2010	3510	1050	230	0.009	2.7	180	Très Mauvaise
44	3666	Bahira	Puits Douar Oueld Talha	13/01/2010	2825	481	435	0.059	1.50	0	Très Mauvaise
44	1301	Bahira	Puits Dar Salasse	13/01/2010	1415	152	58.5	0.158	1.8	0	Mauvaise
44	2248	Bahira	Puits Douar Nwasser	14/01/2010	1054	223	13.0	0.037	2.0	0	Bonne
44	2232	Bahira	Bir Laksir	14/01/2010	1180	233	30.1	0.068	1.4	0	Moyenne
43	313	Bahira	Puits Oueld Amara	14/01/2010	974	170	13.9	0.011	1.1	0	Bonne
44	3807	Bahira	Puits Ayad Mostalih	16/01/2010	1365	294	36.1	0,005	<0,24	0	Moyenne
44	3649	Bahira	Forage ONEP Bounaga	16/01/2010	981	181	31.0	0,005	0.53	0	Bonne
44	1805	Bahira	F. ONEP N'Zalat Laadame	16/01/2010	1543	371	26.5	0,005	0.66	0	Moyenne

Ainsi les eaux de la nappe de la Bahira sont de qualité globale moyenne à bonne. Seuls les points d'eau 1301/44, 3666/44 et 4194/44 ont une qualité d'eau mauvaise à très mauvaise, les paramètres de déclassement de la qualité des eaux de ces trois points sont les teneurs élevées en Nitrates et la forte minéralisation des eaux.

III.4.3 Nappe d'Essaouira

III.4.3.1 Evolution des paramètres mesurés in situ

a. pH

Le pH de ces eaux souterraines est neutre à légèrement alcalin. Il varie de 7,1 enregistré dans la source d'Ain Lahjour à la commune de Had Draa à 7.8 mesuré dans le puits Ait Daoud. Les valeurs de pH des eaux de la nappe de la Bahira correspondent à une qualité d'eau excellente (Fig. 33).

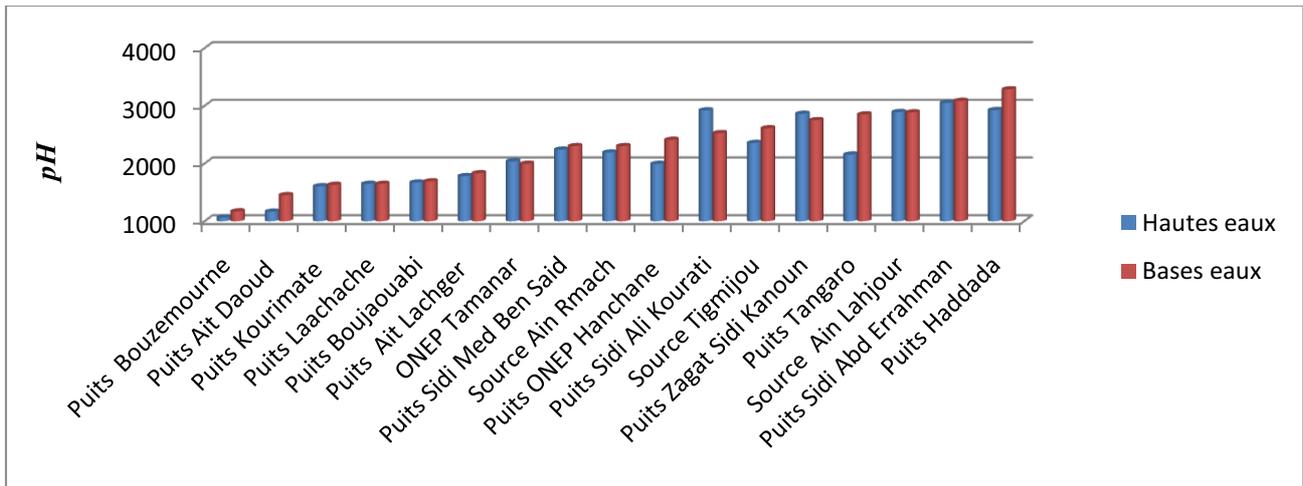


Figure 33: pH enregistrés dans les points du réseau de contrôle de la qualité des eaux souterraines de la nappe d'Essaouira en période des bases et hautes eaux 2009-2010.

b. Conductivité :

Selon les normes marocaines, La conductivité des eaux de la nappe d'Essaouira correspond aux quatre classes de qualité des eaux (Fig.34).

- Une qualité bonne pour le puits de Bouzemourne dans le cercle de Tamarar, avec une conductivité de l'ordre de 1170 $\mu\text{s}/\text{cm}$;
- Une qualité moyenne pour 59% des points, avec des valeurs de conductivité entre 1300 et 2700 $\mu\text{s}/\text{cm}$;
- Une qualité mauvaise pour 17% des points de prélèvements des eaux de la nappe d'Essaouira, Notamment les point du puits Zagat Sidi Kanoun, Source Ain Lahjour à Had draa, et le puits Tangaro, avec des conductivités qui oscillent entre 2700 et 3000 $\mu\text{s}/\text{cm}$;
- Une qualité très mauvaise pour le puits Haddada et la source Sidi Abd Errahman à Essaouira, avec des conductivités respectivement de 3284 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 3085 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

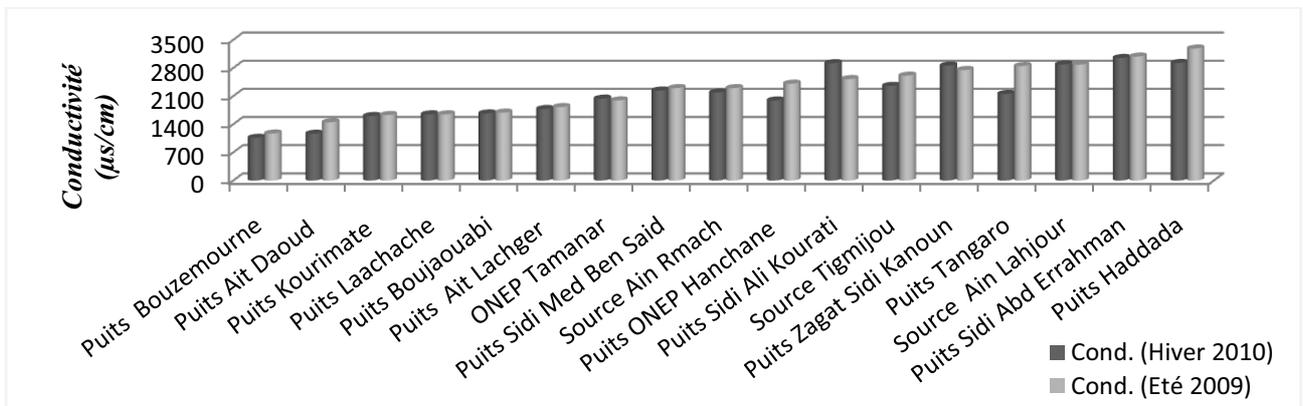


Figure 34: Conductivités enregistrées dans les points du réseau de contrôle de la qualité des eaux souterraines de la nappe d'Essaouira en été 2009 et Hiver 2010.

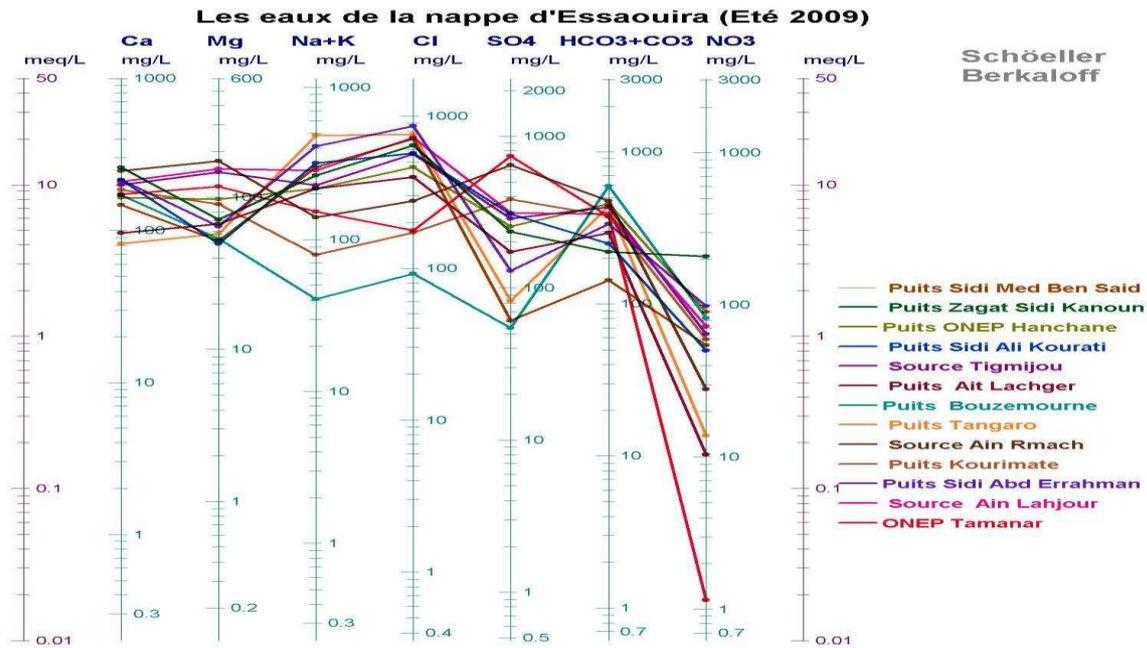


Figure 36 : Projection des eaux souterraines de la nappe d'Essaouira en période de bases eaux sur le diagramme Schöeller Berkaloff.

a. Faciès bicarbonaté calcique et magnésien

Le faciès bicarbonaté calcique et magnésien est représenté par le puits Bouzemourne dans le cercle de Tamarar. L'eau est faiblement minéralisée, riche en bicarbonate avec une teneur de l'ordre de 595 mg/l. La conductivité électrique est faible, avec une valeur de 1210 $\mu\text{s}/\text{cm}$, On parle alors, d'une eau de bonne qualité chimique (Fig.37).

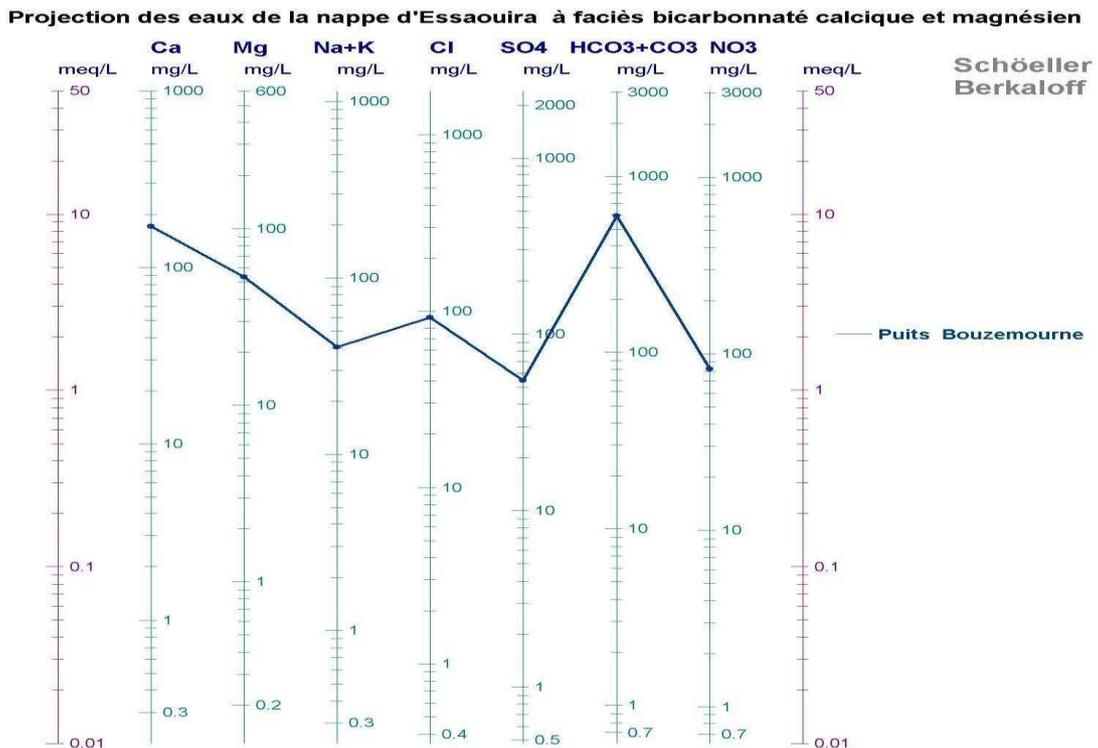


Figure 37: Projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux de réseau de contrôle de qualité des eaux de la nappe d'Essaouira à faciès bicarbonaté calcique et magnésien.

b. Faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien

Les eaux du faciès chloruré sulfaté calcique et magnésien représentent 76,4 % des eaux de la nappe d'Essaouira, elles sont moyennement à fortement minéralisées. La conductivité électrique varie d'un minimum de 1450 $\mu\text{s}/\text{cm}$ au puits Ait Daoud à Tamarar à un maximum de 3284 $\mu\text{s}/\text{cm}$ caractérisant une eau de mauvaise qualité au niveau du puits de Haddada à la commune Had draa.

Les teneurs en chlorures sont moyennes, elles varient de 172 mg/l au niveau des puits de Kourimate et d'Ait Daoud et 749 mg/l au puits Haddada (Fig.38).

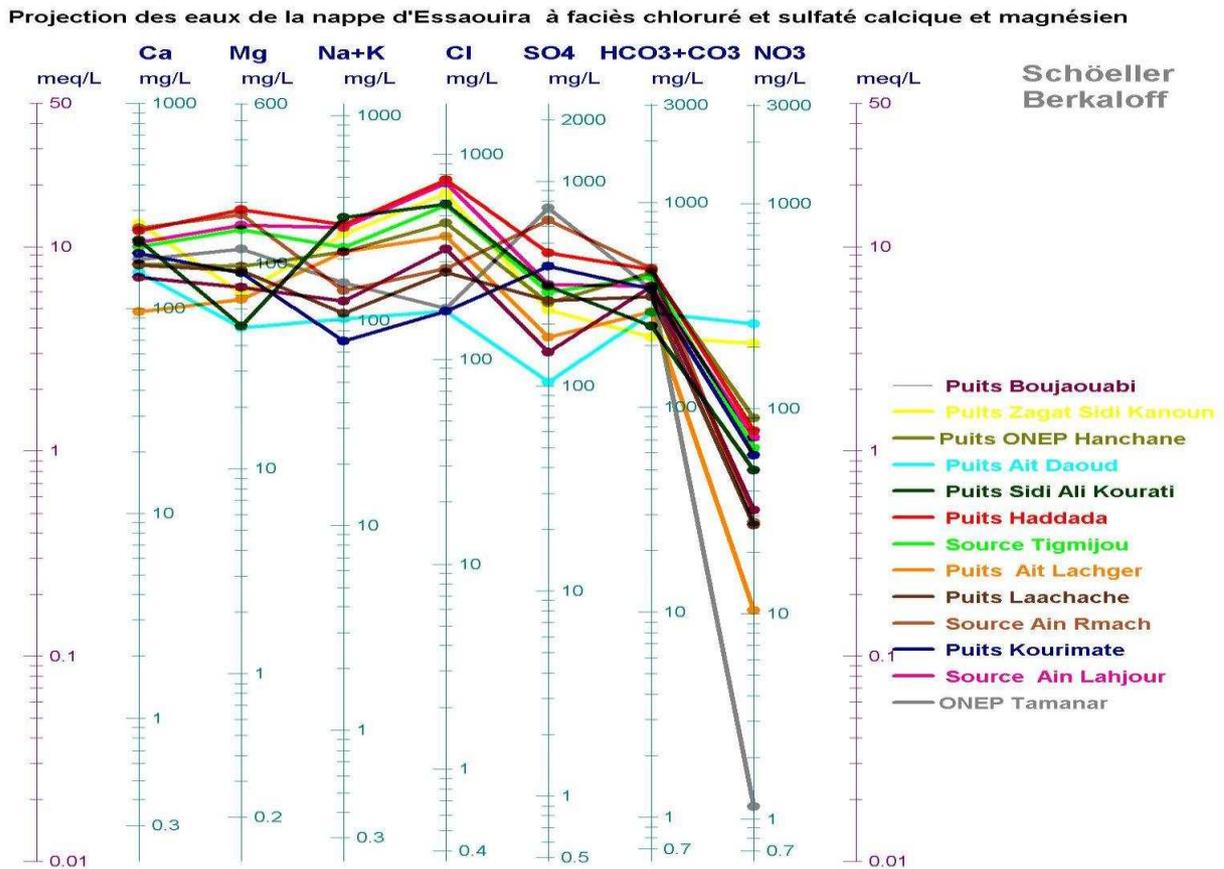


Figure 38: Projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux du réseau de contrôle de qualité des eaux de la nappe d'Essaouira à faciès chloruré sulfaté calcique et magnésien.

La majorité des puits de ce faciès sont caractérisés par des teneurs en sulfates et en nitrates. Les plus élevés de la nappe. Il s'agit de huit points (Puits ONEP Hanchane, Puits Laachache, Source Tigmijou, Puits Sidi Ali Kourati, Puits Kourimate, Puits Haddada, Source Ain Rmach, ONEP Tamarar) caractérisés par des teneurs en sulfates trop élevées entre 254 mg/l au puits ONEP Hanchane et 739 mg/l au puits de l'ONEP Tamarar. Concernant les nitrates on parle aussi de 7 points (Puits Sidi Ali Kourati, Puits Kourimate, Source Tigmijou, Source Ain Lahjour, Puits Haddada, Puits Zagat Sidi Kanoun, Puits Ait Daoud) caractérisés par des teneurs en nitrates trop élevés entre 50,2 mg/l à Sidi Ali Kourati et 259 mg/l au puits Ait Daoud. Ces valeurs dépassent les normes marocaines de qualité des eaux. La qualité des eaux dans ces points sont alors de qualité mauvaise à très mauvaise (Fig.38).

c. Faciès chloruré sodique et sulfato potassique

Le faciès chloruré sodique et sulfato-potassique est représenté dans la nappe d'Essaouira par 17% des points de prélèvements. Ces puits sont caractérisés par des teneurs en chlore très élevé avec 706 mg/l au puits Sidi Med Ben Saïd, 755 mg/l au puits Tangaro et une teneur de 862 au niveau du puits Sidi Abd Errahman. Les puits de ce faciès sont caractérisés aussi par un enrichissement en sodium et en potassium dépassant les normes. On parle alors d'une qualité d'eau mauvaise à très mauvaise (Fig.39).

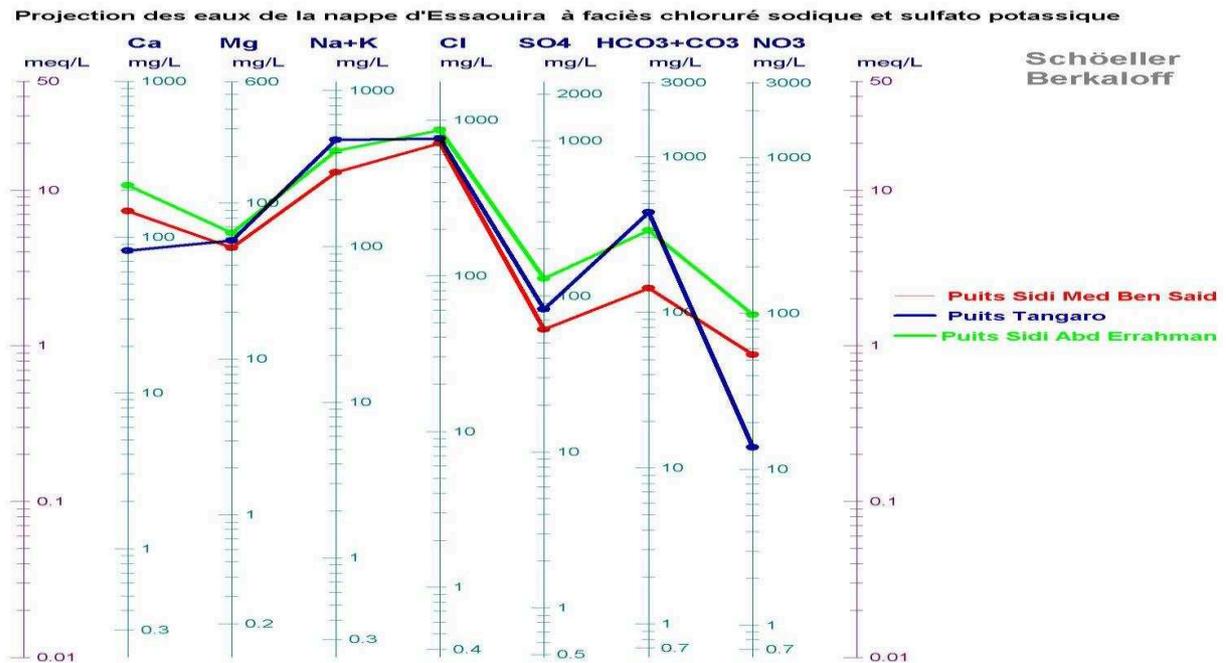


Figure 39: Projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux de réseau de contrôle de qualité des eaux souterraines de la nappe d'Essaouira faciès chloruré sodique et sulfato potassique.

III.4.3.3 Qualité globale des eaux

L'analyse des résultats du tableau (17) montre que :

- Les teneurs en ammonium et en matières organiques sont globalement satisfaisantes ;
- La contamination bactérienne des eaux de cette nappe est faible à absente, la totalité des points d'eau ont une qualité bactérienne bonne à excellente ;
- Les teneurs en Nitrates sont globalement élevées à très élevées et varient entre un minimum de 1,14 mg/l au forage de l'ONEP Tamanar et un maximum de 259 mg/l au puits Ait Daoud ;
- La minéralisation des eaux est relativement moyenne :
 - ✚ La conductivité est très variable. Les valeurs enregistrées varient généralement entre un minimum de 1170 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au puits Bouzemourne et un maximum de 3284 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au puits Haddada ;
 - ✚ Les teneurs en chlorures varient entre un minimum de 92,2 mg/l au puits Bouzemourne et un maximum de 862 mg/l au puits Sidi Abd Errahman.

Tableau 17: Qualité globale des eaux de la nappe d'Essaouira- Kourimate en période des basses eaux 2009.

N°_IRE	Nappe	Nom_point	DATE	Conductivité µs/cm	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	MO mg/l	CF/ 100 ml	Qualité globale	
52	854	Essaouira	Puits Boujaouabi	17/11/2009	1690	344	32.0	0,005	0.47	30	Moyenne
43	621	Essaouira	Puits Sidi Med Ben Said	12/11/2009	2300	706	54.0	0.097	2.1	40	Mauvaise
43	612	Essaouira	Puits Zagat Sidi Kanoun	14/11/2009	2750	638	209	0.122	2.3	600	Très Mauvaise
52	434	Essaouira	Puits ONEP Hanchane	21/11/2009	2410	464	90.0	0.012	0.64	0	Mauvaise
61	430	Essaouira	Puits Ait Daoud	20/11/2009	1450	172	259	0.078	0.77	12	Très Mauvaise
43	412	Essaouira	Puits Sidi Ali Kourati	11/11/2009	2525	568	50.2	0.010	1.3	44	Mauvaise
43	398	Essaouira	Puits Haddada	12/11/2009	3284	749	77.9	0.127	2.2	10	Très Mauvaise
43	299	Essaouira	Source Tigmijou	12/11/2009	2610	561	64.1	0.035	1.4	40	Mauvaise
51	281	Essaouira	Puits Ait Lachger	21/11/2009	1830	400	10.4	0.043	1.2	0	Moyenne
43	261	Essaouira	Puits Laachache	17/11/2009	1647	266	27.3	0.026	1.7	8200	Moyenne
61	236	Essaouira	Puits Bouzemourne	20/11/2009	1170	92.2	81.8	0.022	<0,24	0	Mauvaise
51	149	Essaouira	Puits Tangaro	20/11/2009	2850	755	13.8	0.150	4.2	106	Mauvaise
53	113	Essaouira	Source Ain Rmach	23/07/2009	2300	277.0	27.9	0.05	<0,24	80	Moyenne
52	75	Essaouira	Puits Kourimate	21/11/2009	1630	172	59.5	0.016	1.9	8	Mauvaise
51	57	Essaouira	Puits Sidi Abd Errahman	12/11/2009	3085	862	97.8	0.241	2.8	0	Très Mauvaise
43	54	Essaouira	Source Ain Lahjour	12/11/2009	2885	724	72.4	0.008	1.0	0	Mauvaise
62	28	Essaouira	ONEP Tamanar	20/11/2009	1995	177	1.14	0.006	<0,24	0	Moyenne

Globalement en période des basses eaux, les eaux de la nappe d'Essaouira sont de qualité mauvaise à très mauvaise. Seuls les points d'eau ; puits Boujaouabi, puits Ait Lachger, ONEP Tamanar et puits Laachache ont une qualité d'eau moyenne.

Pour l'évaluation de la qualité des eaux d'Essaouira en période de hautes eaux, Les résultats obtenus dans le tableau (18) montrent que :

- 31,25 % des points échantillonnés sont de qualité moyenne ;
- 68,75 % des points échantillonnés présentent une eau de qualité mauvaise à très mauvaise.
- Les teneurs en ammonium et en matières organiques sont globalement satisfaisantes ;
- La contamination bactérienne des eaux de cette nappe est très faible à absente, la totalité des points d'eau ont une qualité bactérienne bonne à excellente ;
- Les teneurs en Nitrates sont globalement moyennes à très mauvaises et varient entre un minimum de 2,77 mg/l au forage de l'ONEP Tamanar et un maximum de 190 mg/l au puits Ait Daoud ;
- La minéralisation des eaux est relativement moyenne :
 - ✚ La conductivité est très variable, les valeurs enregistrées varient généralement entre un minimum de 1064 µS/cm au puits Bouzemourne et un maximum de 3050 µS/cm au puits Sidi Abd Errahman ;
 - ✚ Les teneurs en chlorures varient entre un minimum de 107 mg/l au puits Bouzemourne et un maximum de 883 mg/l au puits Sidi Abd Errahman.

Tableau 18: Qualité globale des eaux souterraines dans la nappe d'Essaouira- Kourimate pendant l'Hiver 2009 (Période des hautes eaux).

N° IRE	Nappe	Nom_point	DATE	Conductivité µs/cm	Cl mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	MO mg/l	CF/ 100 ml	Qualité de l'eau	
52	854	Essaouira	Puits Boujaouabi	21/01/2010	1670	359	29.6	0,005	0.56	8	Moyenne
43	621	Essaouira	Puits Sidi Med Ben Saïd	19/01/2010	2240	699	51.2	0.016	2.9	0	Mauvaise
43	612	Essaouira	Puits Zagat Sidi Kanoun	19/01/2010	2860	752	176	0.005	1.4	0	Très Mauvaise
52	434	Essaouira	Puits ONEP Hanchane	19/01/2010	1993	311	66.7	0,005	0.37	0	Mauvaise
61	430	Essaouira	Puits Ait Daoud	22/01/2010	1165	135	190	0,005	1.0	14	Très Mauvaise
43	412	Essaouira	Puits Sidi Ali Kourati	19/01/2010	2920	723	17.8	0.068	0.70	30	Mauvaise
43	398	Essaouira	Puits Haddada	19/01/2010	2925	671	54.9	0.050	1.10	15	Mauvaise
43	299	Essaouira	Source Tigmijou	19/01/2010	2355	589	62.4	0.018	0.65	40	Mauvaise
51	281	Essaouira	Puits Ait Lachger	23/01/2010	1780	424	8.17	0.073	0.88	120	Moyenne
43	261	Essaouira	Puits Laachache	04/03/2010	1647	281	28.5	0,006	0.39	0	Moyenne
61	236	Essaouira	Puits Bouzemourne	22/01/2010	1064	107	117	0,005	<0,24	20	Très Mauvaise
51	149	Essaouira	Puits Tangaro	23/01/2010	2155	574	15.5	0.252	2.3	120	Moyenne
52	113	Essaouira	Source Ain Rmach	01/05/2010	2190	264	26.2	0.017	0	130	Moyenne
52	75	Essaouira	Puits Kourimate	21/01/2010	1605	188	122	0.012	1.2	56	Très Mauvaise
51	57	Essaouira	Puits Sidi Abd Errahman	19/01/2010	3050	883	94.8	0.009	4.6	48	Très Mauvaise
43	54	Essaouira	Source Ain Lahjour	19/01/2010	2890	699	42.0	0.089	1.50	8	Mauvaise
62	28	Essaouira	ONEP Tamanar	04/03/2010	2038	210	2.77	0,006	0.45	0	Moyenne

Les paramètres de déclassement de la qualité des eaux de la nappe d'Essaouira sont les teneurs élevées en Nitrates pour la plupart des points échantillonnés et la forte minéralisation des eaux pour les autres points.

Ainsi les eaux de la nappe d'Essaouira sont globalement de qualité mauvaise à très mauvaise. Seuls les points d'eau : Puits Boujaouabi, Puits Tangaro, Puits Ait Lachger, ONEP Tamanar et Puits Laachache ont une qualité d'eau moyenne.

III.5 Discussion et résultats

L'évaluation de l'état de la qualité des ressources en eau s'est basée sur compagnes d'analyses de la qualité des ressources en eau dans la zone d'action de l'ABHT pour l'année 2009/2010. L'appréciation de la qualité des eaux est faite sur la base :

- ✓ Les paramètres de la qualité physique de l'eau ; pH, Conductivité (Cond), et l'Oxygène dissous (O_2 dissous).
- ✓ La minéralisation des eaux, plus précisément les éléments majeurs : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^- .
- ✓ Les paramètres de la grille simplifiée spécifique à la nature de l'eau (eau de surface, retenues de barrage, ou les eaux souterraines), c'est-à-dire, des paramètres suivants :
 - Les paramètres de la qualité bactériologiques : Coliformes fécaux (CF).
 - Les paramètres de la qualité biologiques de l'eau : Chlorophylle a (Chl a)
 - Les paramètres spécifiques à la pollution organique : l'Oxygène dissous (O_2 dissous), Demande Biochimique en Oxygène à 5 jours (DBO5), Demande Chimique en Oxygène (DCO), NH_4^+ .
 - Les paramètres spécifiques à la pollution Azoté : NO_3^- , NH_4^+ .
 - Les paramètres phosphatés : Phosphore total.

Dans ce qui suit, nous nous baserons sur les données issues de cette étude afin de caractériser la qualité des eaux du bassin, et d'apprécier les risques de pollution et de dégradation de ces eaux.

III.5.1 Eaux des Oueds

Globalement, la qualité globale des eaux des oueds du bassin de Tensift est mauvaise (14 stations sur 23, ce qui correspond à 60%). Les dégradations de la qualité observées sont surtout de type phosphaté (10 stations), puis organique (8 stations), physique et azoté (7 stations) et enfin la minéralisation (6 stations). Cela nous permet de confirmer que les rejets liquides, et le lessivage d'engrais jouent un rôle important dans la détérioration des eaux de rivière du bassin hydraulique de Tensift (*Tabl.19*).

En effet, dans les parties éloignées des tronçons contaminés par les eaux usées domestiques, les eaux sont de bonne qualité. Ils sont bien oxygénées, avec des teneurs en matières oxydables, exprimées en termes de DCO inférieure à 25 mg/l, et des concentrations en ammonium inférieure à 0.5mg/l. A l'exception d'oued Seksaoua au niveau de la station Iloudjane par exemple, les concentrations en phosphore total dépassent la valeur moyenne fixée à 0.3mg/l.

Tableau 19: Typologie de la qualité des eaux des oueds du réseau de contrôle de la qualité des eaux dans bassin hydraulique de Tensift

N°_IRE	Nom_point	Nom_oued	Qualité			Minéralisation	Qualité			Qualité globale	Paramètres polluants	
			physique	Bactériologique			organique	azotée	phosphatée			
Station primaire												
53	Station Aghbalou	Ourika	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	moyenne	Moyenne	AUCUN
53	Station Imilil Hmam	N'Fis	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	moyenne	moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	AUCUN
52	Station Tafiriat	Zat	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	moyenne	Moyenne	AUCUN
44	Amont Marrakech	Tensift	mauvaise	Bonne	Bonne	Bonne	moyenne	moyenne	moyenne	mauvaise	Mauvaise	Cnd, P
53	Aval rejet Amizmiz	Amizmiz	mauvaise	mauvaise	Bonne	Bonne	mauvaise	mauvaise	mauvaise	mauvaise	Mauvaise	O2, CF, DCO, DBO5, NH4, P
44	Aval Marrakech	Tensift	mauvaise	mauvaise	Bonne	Bonne	mauvaise	mauvaise	mauvaise	mauvaise	Mauvaise	Cnd, O2, CF, DCO, DBO5, NH4, P
54	Aval Sidi Rahal	Rdat	moyenne	mauvaise	moyenne	moyenne	mauvaise	mauvaise	mauvaise	mauvaise	Mauvaise	CF, DCO, DBO5, NH4, P
44	Station Abadla	Tensift	mauvaise	moyenne	mauvaise	mauvaise	mauvaise	mauvaise	mauvaise	mauvaise	Mauvaise	Cnd, Na, Cl, DCO, DBO5, NH4, P
54	Station Sidi Rahal	Rdat	mauvaise	Bonne	mauvaise	mauvaise	moyenne	moyenne	Bonne	Bonne	Mauvaise	Cnd, Na
53	Station Talmest	Tensift	moyenne	moyenne	mauvaise	mauvaise	Bonne	moyenne	moyenne	moyenne	Mauvaise	Na, SO4
52	Station Chichaoua	Chichaoua	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	AUCUN
53	Aval mine Guemassa	N'Fis	moyenne	Bonne	moyenne	moyenne	moyenne	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	AUCUN
52	Station Igrounzar	Igounzar	Bonne	Bonne	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	AUCUN
53	Station Sidi Hssain	Amizmiz	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	moyenne	Moyenne	AUCUN
63	Station Tahanout	Reraya	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	moyenne	Moyenne	AUCUN
52	Station Zelten	Zelten	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	moyenne	moyenne	moyenne	Moyenne	AUCUN
43	Amont confl Tensift	M'Ramer	moyenne	Bonne	mauvaise	mauvaise	moyenne	moyenne	Bonne	Bonne	Mauvaise	SO4
43 ²	Amont confl Tensift	S. Abdeljalil	moyenne	mauvaise	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne	Bonne	Mauvaise	CF
54	Aval Ait Ourir	Zat	mauvaise	mauvaise	Bonne	Bonne	mauvaise	mauvaise	mauvaise	mauvaise	Mauvaise	O2, CF, DCO, DBO5, NH4, P
52	Aval rejet Chichaoua	Chichaoua	moyenne	Bonne	mauvaise	mauvaise	mauvaise	mauvaise	mauvaise	mauvaise	Mauvaise	SO4, DCO, DBO5, NH4, P
52	Aval Imintanout	Imintanout	mauvaise	mauvaise	mauvaise	mauvaise	mauvaise	mauvaise	mauvaise	mauvaise	Mauvaise	O2, CF, SO4, DCO, DBO5, NH4, P
51	Station Adamna	Ksob	Bonne	Bonne	moyenne	moyenne	Bonne	moyenne	moyenne	mauvaise	Mauvaise	P
52	Station Iloudjane	Seksaoua	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	moyenne	Bonne	Bonne	mauvaise	Mauvaise	P
Station secondaire												

III.5.2 Retenues de barrage

La qualité globale des retenues est moyenne à bonne en raison de la bonne oxygénation aussi bien en surface qu'au fond est de la bonne qualité biologique, et azotée. Cependant la qualité phosphatée est moyenne. Elle n'est bonne que pour le barrage Sidi Driss (Tabl.20).

Tableau 20: Typologie de la qualité des eaux des barrages du réseau de contrôle de la qualité des eaux dans le bassin hydraulique de Tensift

N°_IRE		Nom_point	Nom_oued	Qualité		Qualité		Qualité globale	Paramètres polluants
				physique	biologique	azotée	phosphatée		
53	481	Barrage Lalla Takerkoust	N'Fis	Bonne	Bonne	Bonne	moyenne	<i>Moyenne</i>	P
45	830	Barrage Sidi Driss	Lakhdar	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	<i>Bonne</i>	AUCUN
45	1215	Barrage Hassan 1^{er}	Lakhdar	Bonne	Bonne	Bonne	moyenne	<i>Moyenne</i>	P
		Barrage Igouzoulen	Ksob	Bonne	Bonne	Bonne	moyenne	<i>Moyenne</i>	P

III.5.3 Eaux souterraines

III.5.3.1 Nappe du Haouz

Pour les eaux de la nappe du Haouz, la qualité des eaux est globalement bonne (pour 65% des stations). Les points caractérisés par une qualité globale de l'eau sont principalement situés à l'aval des villes et centres urbains ; deux points dans la zone d'Azouzia à Marrakech, le puits de l'école des mines, le forage de l'ONEP à Chichaoua, et un puits à la M'Zoudia caractérisé par sa proximité l'industrie de cimenterie (Tabl.21).

Les résultats montrent ce qui suit :

- La qualité organique et bactériologique de ces eaux est satisfaisante pour la totalité des points contrôlés ;
- La qualité de la minéralisation des eaux est bonne pour 71% des points de prélèvements, mais mauvaise pour 29 % des points qui restent ;
- La qualité azotée est bonne pour 82% des stations (14 stations sur 17). Pour les trois stations qui restent, il y a eu un dépassement des normes, notamment au voisinage de la ville de Marrakech dans la commune d'Azouzia (zone d'épandage de la ville de Marrakech) ;
- La qualité physique des eaux prélevées est bonne à moyenne pour la majorité des points de prélèvements (94% des stations) sauf pour le puits Chwafra situé à M'Zoudia qui présente une conductivité trop élevée, de plus de 5000 $\mu\text{s/cm}$.

Tableau 21: Typologie de la qualité des eaux de la nappe du Haouz du réseau de contrôle de la qualité des eaux dans le bassin hydraulique de Tensift

<i>Nappe Haouz</i>		Qualité		Minéralisation	Qualité		Qualité globale	Paramètres polluants
N°_IRE	Nom_point	physique	bactériologique		organique	azotée		
53	3339	<i>Puits Agalou</i>	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	AUCUN
53	2651	<i>Bir Zahid Brahim</i>	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	AUCUN
53	2581	<i>Puits Ben Amar</i>	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	AUCUN
53	2406	<i>Puits Begarra</i>	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	AUCUN
53	2027	<i>Forage Ghabet Echabab</i>	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	AUCUN
44	1903	<i>Marrakech Gueliz</i>	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	AUCUN
53	1704	<i>Forage Douar Boukraker</i>	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	AUCUN
53	1559	<i>Puits Commune Asni</i>	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	AUCUN
53	1390	<i>Puits Med Ben Mahdi</i>	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	AUCUN
45	1388	<i>Forage ONEP Sidi Rahal</i>	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	AUCUN
52	515	<i>Source Abainou</i>	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	AUCUN
44	3804	<i>Forage Haj Driss</i>	Moyenne	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	AUCUN
44	3828	<i>Puits Ben Rakouch</i>	Moyenne	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise Na, NO3
44	3823	<i>My Aabass Ben Thami</i>	Moyenne	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise Cnd, SO4, NO3
44	1788	<i>Puits Ecole de Mine</i>	Moyenne	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise NO3
52	967	<i>Forage ONEP Chichaoua</i>	Moyenne	Bonne	Mauvaise	Bonne	Bonne	Mauvaise SO4
44	226	<i>Bir Chwafra</i>	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Bonne	Bonne	Mauvaise Cnd, SO4, Cl

III.5.3.2 Nappe de la Bahira

Selon le tableau (22). La qualité globale des eaux de la nappe de la Bahira est qualifiée de bonne pour 22% des eaux des points de prélèvement, 45 % est de qualité moyenne et 33 % de qualité mauvaise. Ceci est du à :

- La qualité organique et bactériologique de ces eaux, qui est satisfaisante pour la totalité des points contrôlés ;
- Par contre la détérioration de la qualité de l'eau à la nappe de la Bahira est surtout due à la forte minéralisation et à la pollution azotée de 33% des points ;
- Les eaux de cette nappe restent, par contre, de bonne qualité organique et bactériologique.

Tableau 22: Typologie de la qualité des eaux de la nappe de la Bahira du réseau de contrôle de la qualité des eaux dans le bassin hydraulique de Tensift

Nappe Bahira		Qualité			Minéralisation	Qualité		Qualité globale	Paramètres polluants
N°_IRE	Nom_point	physique	Bactériologique	Organique		azotée			
44	2248	<i>Puits Douar Nwasser</i>	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	<i>AUCUN</i>
43	313	<i>Puits Oueld Amara</i>	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	<i>AUCUN</i>
44	3807	<i>Puits Ayad Mostalih</i>	Moyenne	Bonne	Moyenne	Bonne	Moyenne	Moyenne	<i>AUCUN</i>
44	3649	<i>Forage ONEP Bounaga</i>	Bonne	Bonne	Moyenne	Bonne	Moyenne	Moyenne	<i>AUCUN</i>
44	2232	<i>Bir Laksir</i>	Bonne	Bonne	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	<i>AUCUN</i>
44	1805	<i>F. ONEP N'Zalat Laadame</i>	Moyenne	Bonne	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	<i>AUCUN</i>
44	4194	<i>Puits Sanba Hassan</i>	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	<i>Cnd, Cl, NO3</i>
44	3666	<i>Puits Douar Oueld Talha</i>	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	<i>Cnd, SO4, NO3</i>
44	1301	<i>Puits Dar Salasse</i>	Moyenne	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	<i>NO3</i>

III.5.3.3 Nappe du bassin d'Essaouira

Pour les eaux de la nappe du bassin d'Essaouira, la qualité des eaux est globalement mauvaise (88% des stations). Ces points sont caractérisés par une minéralisation forte et une teneur élevée en nitrates (Tabl.23). Les résultats des analyses effectuées montrent ce qui suit :

- La minéralisation des eaux de cette nappe est élevée (88 %) des puits ;
- La qualité azotée est mauvaise (65 % des puits) ;
- La qualité globale des eaux de cette nappe est assez dégradée pour la quasi-totalité des points échantillonnés, bien qu'elle présente une bonne qualité organique et bactériologique.

Tableau 23: Typologie de la qualité des eaux de la nappe d'Essaouira du Réseau de contrôle de la qualité des eaux dans le bassin hydraulique de Tensift

Nappes d'Essaouira		Qualité			Minéralisation	Qualité		Qualité globale	Paramètres polluants
N°_IRE	Nom_point	physique	bactériologique	organique		azotée			
51	281	<i>Puits Ait Lachger</i>	Moyenne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	<i>AUCUN</i>
52	854	<i>Puits Boujaouabi</i>	Moyenne	Bonne	Moyenne	Bonne	Moyenne	Moyenne	<i>AUCUN</i>
43	621	<i>Puits Sidi Med Ben Said</i>	Moyenne	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	<i>Na, NO3</i>
43	612	<i>Puits Zagat Sidi Kanoun</i>	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	<i>Cnd, Na, NO3</i>
52	434	<i>Puits ONEP Hanchane</i>	Moyenne	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	<i>SO4, Na, NO3</i>
52	430	<i>Puits Ait Daoud</i>	Moyenne	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	<i>NO3</i>
43	412	<i>Puits Sidi Ali Kourati</i>	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	<i>Cnd, SO4, Na, NO3</i>
43	299	<i>Puits Haddada</i>	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	<i>Cnd, SO4, Na, NO3</i>
43	298	<i>Source Tigmijou</i>	Moyenne	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	<i>SO4, Na, NO3</i>
43	261	<i>Puits Laachache</i>	Moyenne	Moyenne	Mauvaise	Bonne	Moyenne	Mauvaise	<i>SO4</i>
61	236	<i>Puits Bouzemourne</i>	Bonne	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	<i>NO3</i>
51	149	<i>Puits Tangaro</i>	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Bonne	Bonne	Mauvaise	<i>Cnd, Na, Cl</i>
52	113	<i>Source Ain Rmach</i>	Moyenne	Bonne	Mauvaise	Bonne	Moyenne	Mauvaise	<i>SO4</i>
52	75	<i>Puits Kourimate</i>	Moyenne	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	<i>SO4, NO3</i>
51	57	<i>Puits Sidi Abd Errahman</i>	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	<i>Cnd, Na, Cl, NO3</i>
43	54	<i>Source Ain Lahjour</i>	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	<i>Cnd, NO3</i>
60	28	<i>ONEP Tamarar</i>	Mauvaise	Bonne	Mauvaise	Bonne	Bonne	Mauvaise	<i>Cnd, SO4</i>

III.6 Cartographie des résultats de l'étude de la qualité des ressources en eau dans le bassin hydraulique de Tensift.

Dans l'objectif de la valorisation des résultats de cette étude, nous avons cartographié ses résultats afin d'élaborer un guide pour toute étude ultérieure détaillée de la qualité de l'eau ou de l'origine de la détérioration de la qualité dans chaque points de réseau de contrôle de qualité des eaux dans le bassin de Tensift Al Haouz.

Les cartes présentées (Figure 40 à figure 54) traitent séparément, les eaux de surface et les eaux souterraines. Ceci en établissement une carte par nature d'eau et type de pollution.

Qualité physique des eaux de surfaces du bassin hydraulique de Tensift

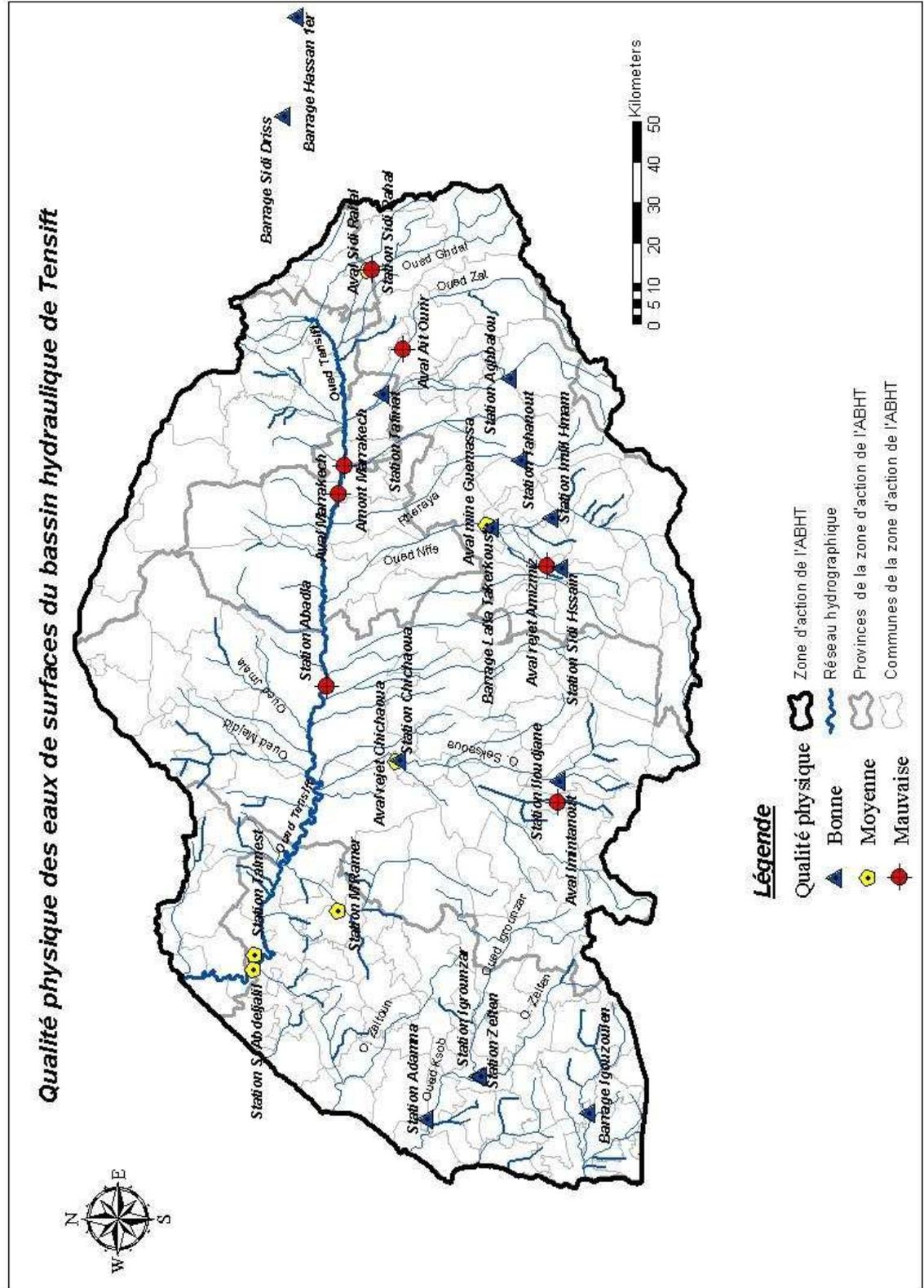


Figure 40: Qualité physique des eaux de surface du bassin hydraulique de Tensift

Qualité bactériologique des eaux de rivière et qualité biologique de retenues de barrages du bassin hydraulique de Tensift

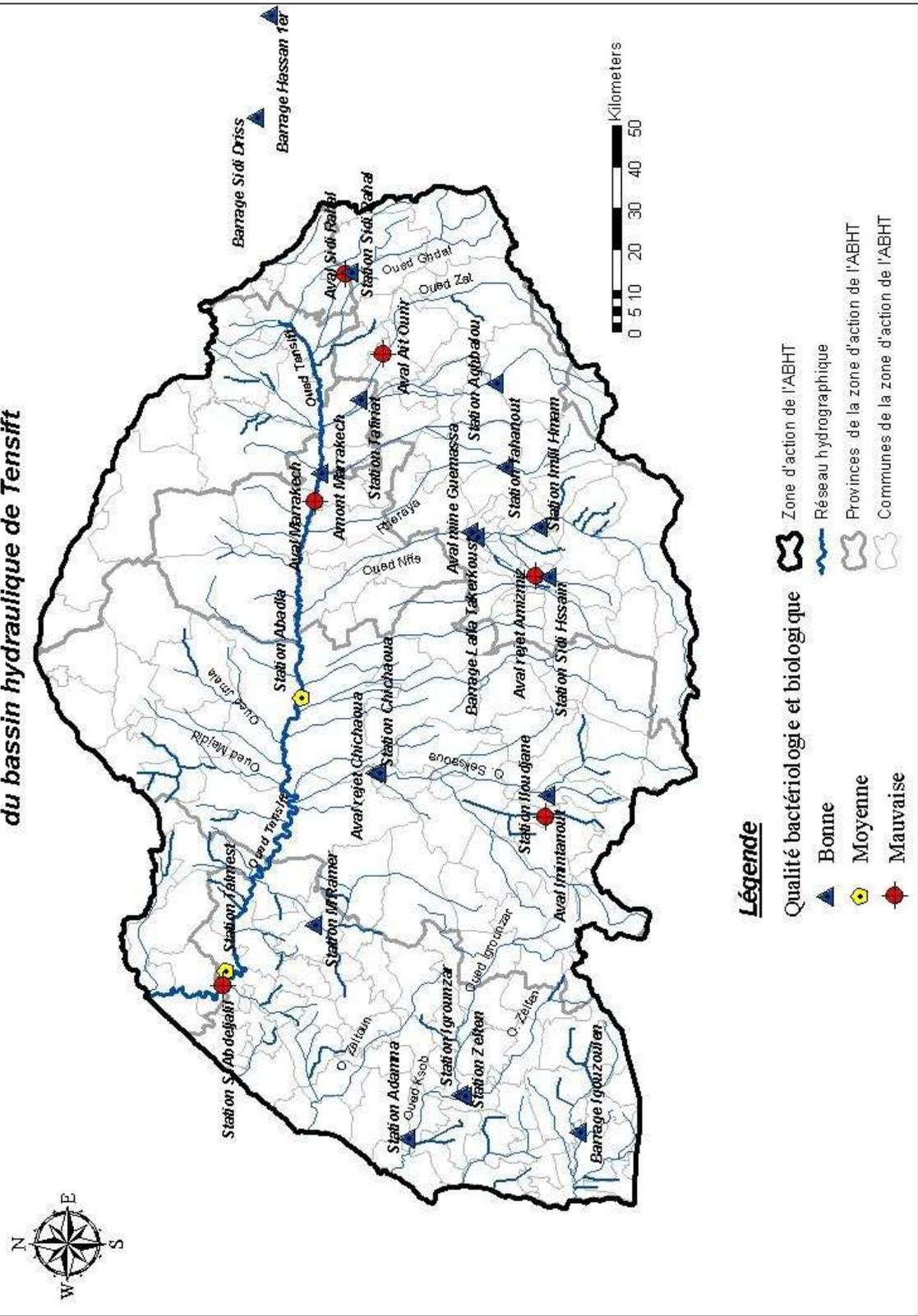


Figure 42: Qualité bactériologique des eaux des oueds et qualité biologique des retenues de barrages du bassin hydraulique de Tensift

Qualité organique des eaux de surface du bassin hydraulique de Tensift

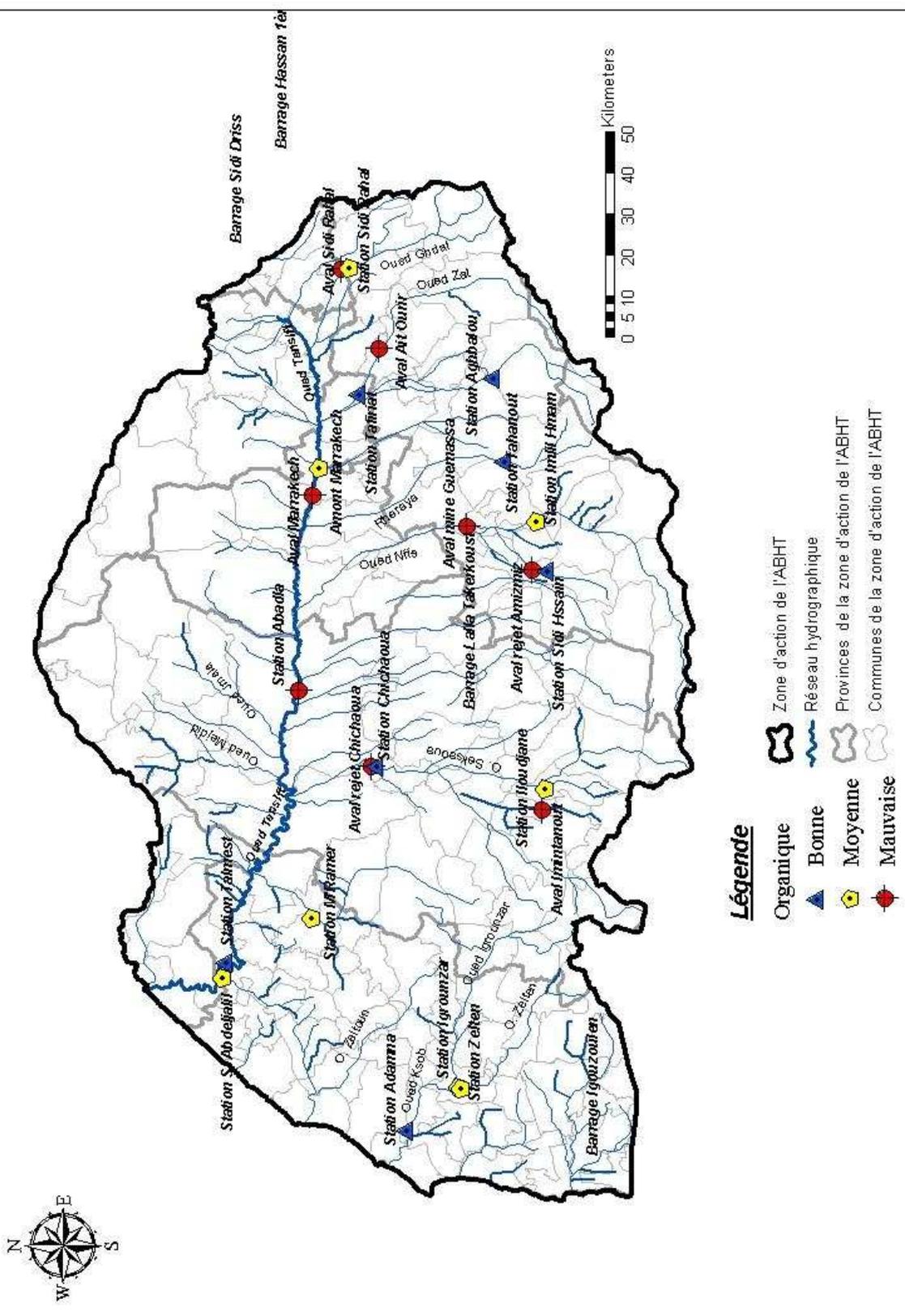


Figure 43: Qualité organique des eaux de surface du bassin hydraulique de Tensift

Qualité phosphatée des eaux de surfaces du bassin hydraulique de Tensift

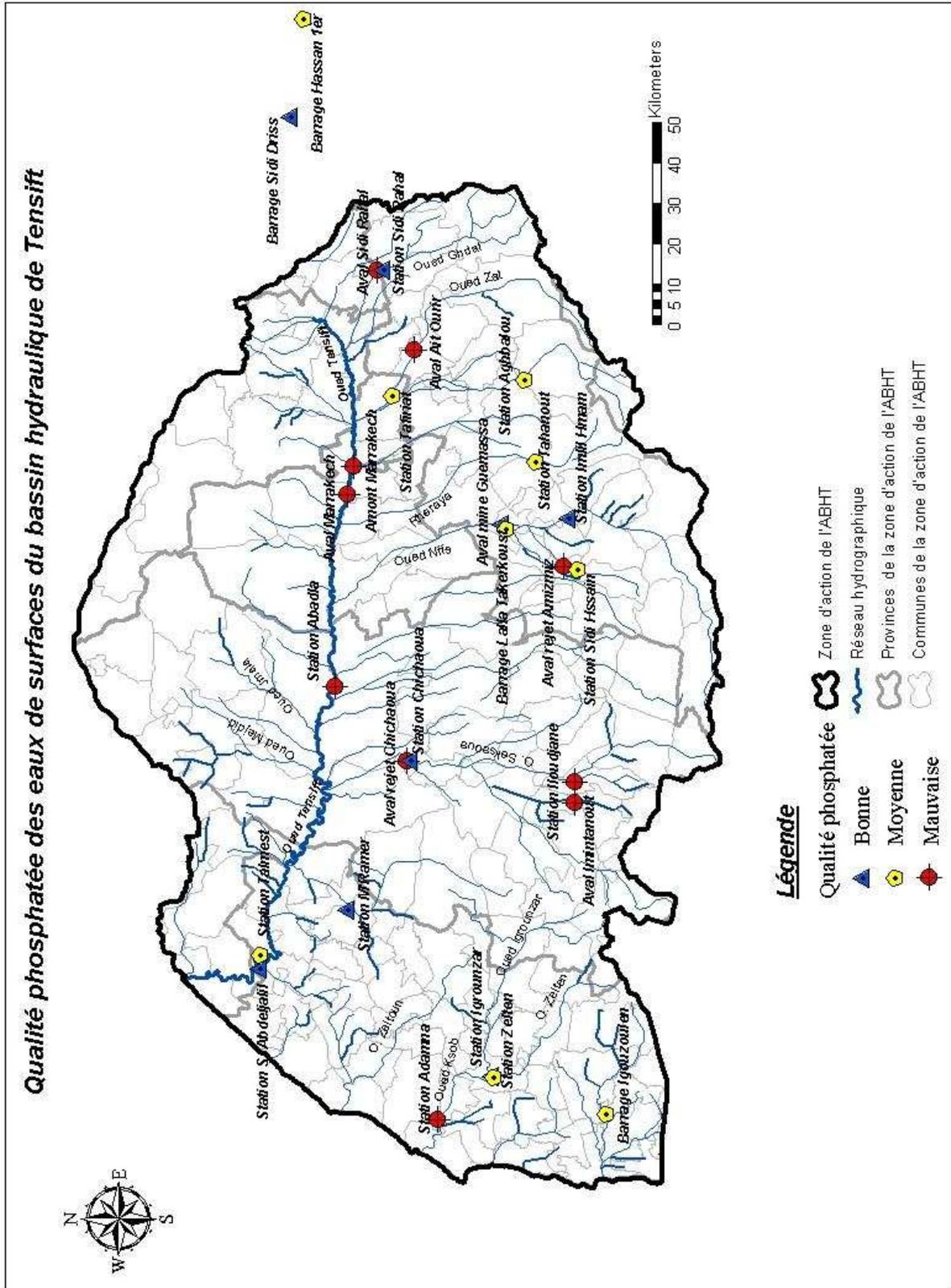


Figure 45: Qualité phosphatée des eaux de surface du bassin hydraulique de Tensift

Paramètres de pollution des eaux de surface du bassin hydraulique de Tensift

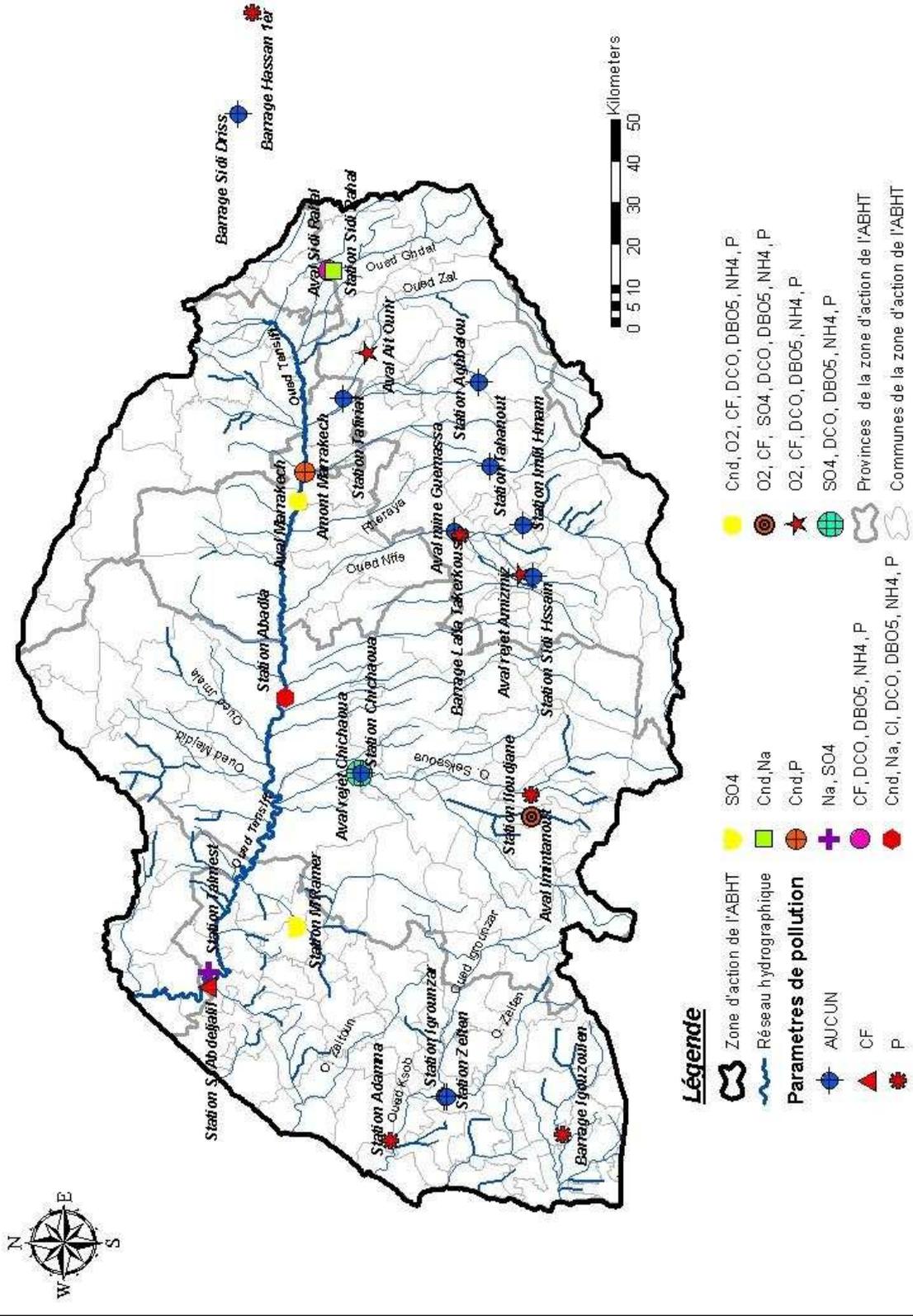


Figure 47: Paramètres de pollution des eaux de surface du bassin hydraulique de Tensift

Qualité de la minéralisation des eaux souterraines du bassin hydraulique de Tensift

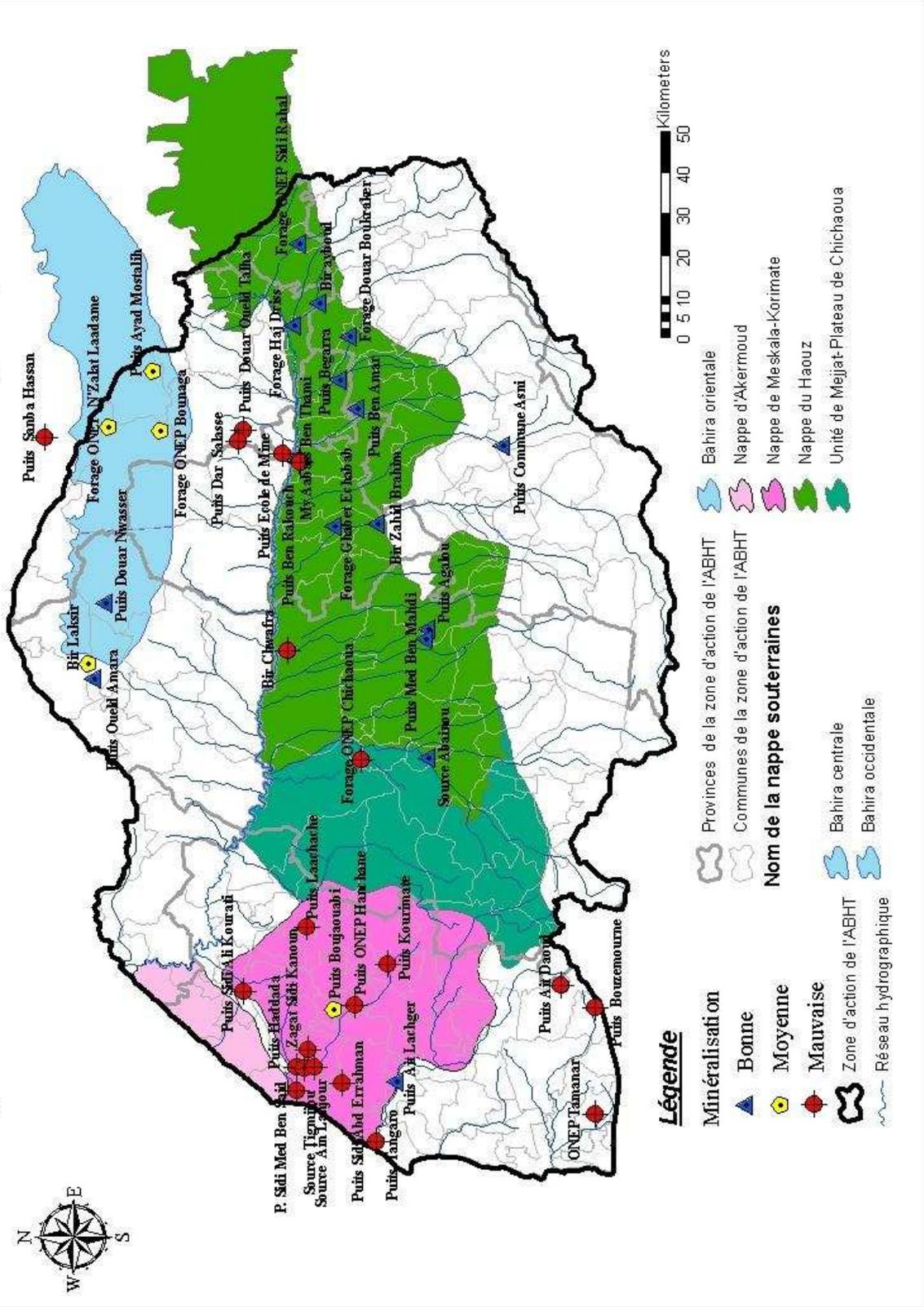


Figure 49: Qualité de la minéralisation des eaux souterraines du bassin hydraulique de Tensift

Paramètres de pollution des eaux souterraines du bassin hydraulique de Tensift

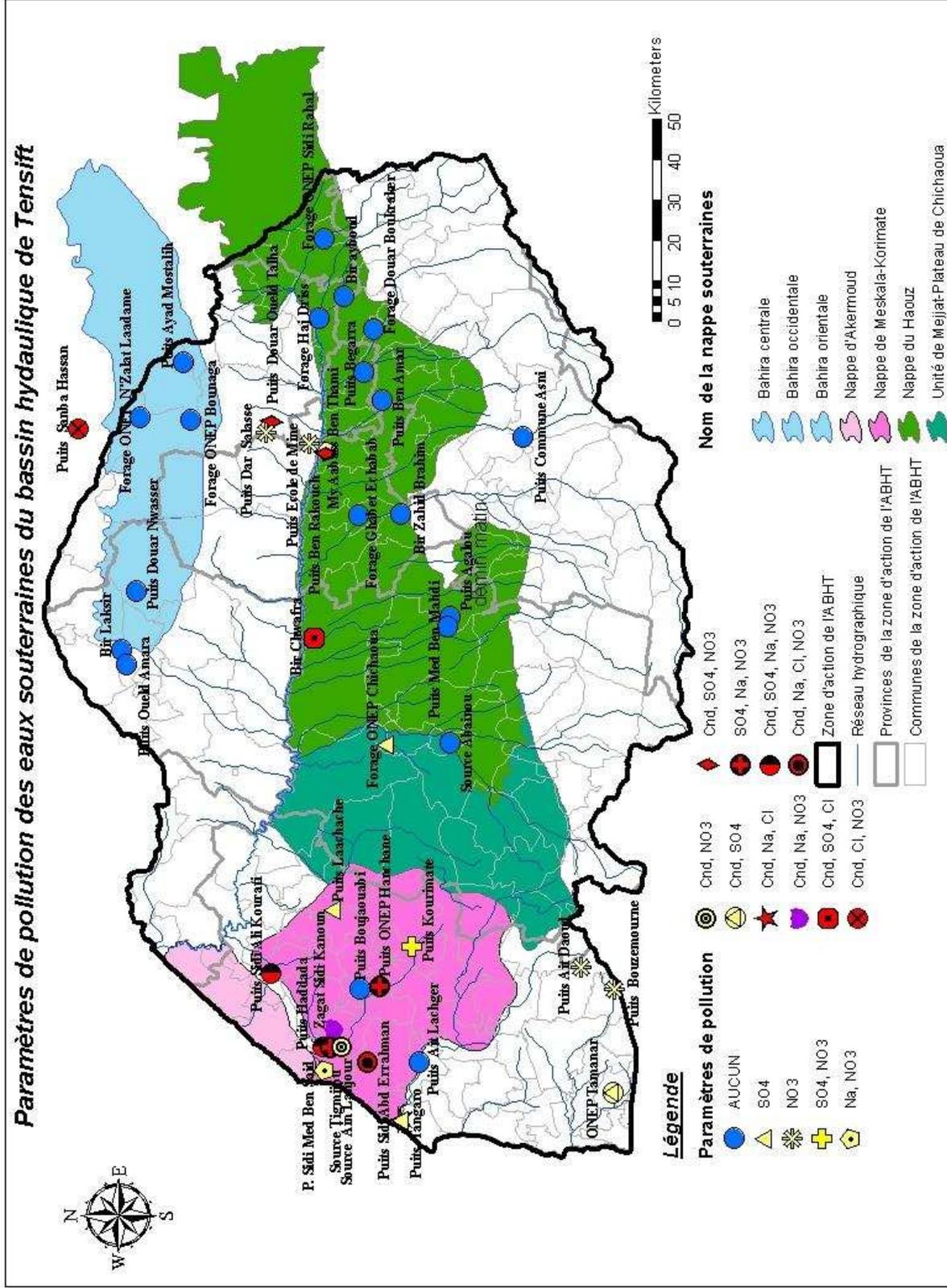


Figure 54: Paramètres de pollution des eaux souterraines du bassin hydraulique de Tensift

III.7 Conclusion

L'étude de la qualité des eaux du réseau de contrôle et de la surveillance de la qualité des ressources en eau (eaux de rivière, retenues de barrage et eaux souterraines) dans le bassin hydraulique de Tensift montre que l'eau provenant de ces ressources étudiées peut présenter quelques différences d'une région à l'autre, en fonction des caractéristiques hydrogéologiques de chaque région et en fonction aussi de l'impact de diverses pollutions que se soit naturelles ou anthropiques.

Ainsi, la comparaison des paramètres étudiés avec les normes marocaines de qualité des eaux destinées à l'utilisation humaine, nous permet de signaler que les ressources en eaux du bassin de Tensift Al-Haouz sont généralement de mauvaise qualité (pour 53 % des points de prélèvements).

La qualité globale des eaux de surface est mauvaise pour 60% des points de prélèvements, elles sont disposées à tout type pollution, surtout phosphatée.

Concernant les eaux des retenues de barrage, ils sont de bonne à moyenne qualité, et seule la pollution phosphatée représente une menace pour ces eaux en période de hautes eaux.

Pour La qualité des eaux souterraines, elles sont généralement de mauvaise qualité pour 53% des points d'échantillonnages. La minéralisation et la pollution azotée sont les sources importantes de pollution qui détériorent la qualité des nappes du bassin, par contre on note l'absence de toute pollution bactériologique et organique.

Pour plus de détail, La nappe d'Essaouira est la nappe la plus polluée du bassin. Parmi 17 points de prélèvements 15 sont de mauvaises qualités (88%). Les nitrates et la conductivité sont les paramètres de pollution les plus responsable.

Pour La nappe du Bahira, les eaux sont globalement de moyenne qualité. Parmi neuf (9) points, seuls trois (3) points sont de mauvaise qualité (33%). les nitrates et la conductivité sont aussi responsables.

Contrairement aux autres nappes, la nappe du Haouz est généralement de bonne qualité (65%), seuls cinq (5) points parmi 17 sont de mauvaise qualité (29%). Les types de pollution responsables de cette qualité sont la minéralisation et les composés azotés.

IV. CADRE JURIDIQUE DE LA PROTECTION ET LA PRESERVATION DES RESSOURCES EN EAU

Les agences des bassins Hydrauliques sont perçues comme étant des outils mis par le législateur à la disposition des usagers de l'eau et de l'ensemble des intervenants dans le secteur de l'eau. Ce sont à la fois des organes d'exécution et des organes de concertation.

Nous présentons, dans ce qui suit, les différents règlements, lois et projets de loi ainsi que les décrets d'application correspondants, réglementant l'activité de contrôle et de surveillance de la qualité des ressources en eau au Maroc.

Les principaux textes qui constituent le cadre juridique relatif à la qualité des ressources en eaux sont les suivants :

- la loi 10-95 sur l'eau ;
- la loi 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination ;
- la loi 11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement ;
- la loi 12-03 relative aux études d'impact sur l'environnement ;
- le décret n°2-04-553 relatif aux déversements, écoulements, rejets dépôts directs ou indirects dans les eaux superficielles (*Annexe 17*) ;
- le décret n°2-97-787 relatif aux normes de qualité des eaux et à l'inventaire du degré de pollution des eaux (*Annexe 18*);
- le décret n°2-05-1326 relatif aux eaux à usage alimentaire (*Annexe 19*);

Des arrêtés sont également en vigueur, relatifs à la qualité des eaux ; ils sont les suivants :

- L'arrêté n°1608-06 portant fixation des valeurs limites de rejets des industries du sucre ;
- L'arrêté n°1607-06 portant fixation des valeurs limites spécifiques de rejets domestiques ;
- L'arrêté n°1275-01 définissant la grille de qualité des eaux de surface ;
- L'arrêté n°2028-03 fixant les normes de qualité des eaux piscicoles ;
- L'arrêté n°1276-01 portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation ;
- L'arrêté n°1180-06 fixant le taux de redevances applicables aux déversements des eaux usées et définissant l'unité de pollution ;
- L'arrêté n°1277-01 portant fixation des normes de qualité des eaux superficielles utilisées pour la production de l'eau potable ;
- L'arrêté n°1275-01 définissant la grille de qualité des eaux de surface ;
- L'arrêté n°1606-06 portant fixation des valeurs limites spécifiques des rejets des industries de la pâte à papier, du papier et du carton.

IV.1 Les objectifs de protection et de préservation de la qualité des eaux

Les objectifs de qualité sont les spécifications techniques et les caractéristiques physiques, chimiques, biologiques, et bactériologiques auxquelles les cours d'eau, canaux, lacs, ou étangs doivent répondre en fonction de l'utilisation de leurs eaux (art. 56) de la loi sur l'eau et (art. 9) du décret n° 2-97-787 relatif aux normes de qualité et à l'inventaire de degrés de pollution.

Ces spécifications et ces caractéristiques sont fixées par l'arrêté conjoint des ministres chargés de l'eau et de l'environnement, après ceux de l'Intérieur, de l'Agriculture, de la Santé, de l'industrie et de l'Energie et des mines.

Ces objectifs nécessaires pour la conception du réseau de suivi de la qualité des ressources en eau n'ont jusqu'à présent été fixés pour aucun cours d'eau, canal, lac ou étang.

Le système de classification de la qualité des eaux, mis en place par l'application du décret n° 2-97-787 du 4 février 1998 relatif aux normes de qualité des eaux et l'inventaire du degré de pollution des eaux :

IV.1.1 Les normes de la qualité des eaux

La loi n° 11-03 relative à la mise en valeur de l'environnement prévoit dans son article 54 la fixation, au moyen de dispositions législatives et réglementaires, de normes et standards indispensables au maintien de la qualité de l'environnement compte tenu :

- ✚ Des plus récentes données scientifiques en matière.
- ✚ De l'état et de la capacité d'autoépuration du milieu récepteur.
- ✚ Des impératifs du développement socioéconomiques.
- ✚ Des exigences sanitaires.

Des normes et standards plus rigoureux peuvent être fixés pour certains secteurs pollueurs ou zones dont l'équilibre écologique est menacé.

Pour ce qui est des normes de qualité spécifiques à l'eau, celles visées par l'article 51 de la loi sur l'eau sont à la fois :

- Les procédures et les modes opératoires d'essai, d'échantillonnage et d'analyse.
- La grille de la qualité des eaux définissant des classes de qualité permettant de normaliser et d'uniformiser l'appréciation de la qualité des eaux.
- Les caractéristiques physico-chimiques, biologiques, bactériologiques des eaux alimentaires destinées directement au public, des eaux destinées à la production de l'eau potable, des eaux destinées à l'irrigation, des eaux piscicultures, des eaux de baignade,...

Ces normes de qualité sont fixées par les arrêtés conjoints des ministres chargés de l'eau et de l'Environnement après avis du ministre de la Santé et du ministre dont relève le secteur concerné par les normes à fixer. Elles sont révisées tous les dix ans ou chaque fois que les besoins les demandent (art. 2 du décret n° 2-97-787). Des arrêtés concernant les normes de qualité des eaux de surface destinées à la production de l'eau potable, des eaux destinées à l'irrigation et des eaux piscicoles ont été publiées :

L'arrêté n° 1275-01 du 17 octobre 2002 définissant la grille de la qualité des eaux de surface : Il classe les eaux de surface en 5 classes : excellente, bonne, moyenne, mauvaise, ou très mauvaise (art.1). Une quarantaine de paramètres sont utilisés pour classer les eaux. Mais pour les eaux qui ne subissent pas l'influence d'une pollution spécifique. Une grille simplifiée faisant intervenir une demi douzaine de paramètres est utilisée (art.2).

L'arrêté n° 1276-01 du 17 octobre 2002 portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation. Cet arrêté laisse à l'ABH la possibilité de permettre d'un côté l'utilisation à l'irrigation, des eaux qui ne répondent pas à certaines valeurs de normes de potabilité, telles que la salinité, à l'irrigation. Et d'un autre côté de déterminer les normes des eaux usées traitées pour l'utilisation dans l'irrigation.

L'arrêté n° 1277-01 du 17 octobre 2002 portant fixation des normes de grille des eaux superficielles utilisées pour la production de l'eau potable, Il distingue trois (3) catégories d'eau selon les procédures de traitement qu'elles requièrent (art.2).

L'arrêté n° 2027-03 du 5 Novembre 2003 fixant des normes de qualité des eaux piscicoles : il définit les eaux piscicoles comme étant des eaux courantes et stagnantes dans lesquelles vivent ou pourraient vivre les poissons et les mollusques (art. 2).

IV.1.2 L'inventaire du degré de pollution des eaux

L'inventaire du degré de pollution doit être effectué par l'ABH (art. 56 de la loi sur l'eau). Elle est tenue de le faire au moins une fois tous les cinq ans (art. 3 du décret 2-97-787). Il doit porter sur toutes les eaux qu'elles soient superficielles ou souterraines.

Pour procéder à l'inventaire du degré de pollution, il faut indiquer la période de l'exécution de cet inventaire, et préciser la liste des points d'eau et/ou de déversement où sont effectués les prélèvements en vue de déterminer les caractéristiques physique, chimique, biologique et bactériologique. Les procédures de l'inventaire de degré de pollution sont définies par l'article 3 du décret n° 2-97-787.

Les données et résultats de cet inventaire servent à l'établissement par l'ABH :

- Des fiches d'inventaire qui sont centralisées et exploitées au niveau de chaque ABH (art. 4)
- De cartes de vulnérabilité à la pollution des nappes souterraines (art. 6)

Ces documents révisés au moins tous les 5 ans, sont mis à la disposition des services de l'Etat, des collectivités locales et des établissements publics (art.5). Pour le public un rapport de synthèse des données et résultats de l'inventaire, comprenant des cartes de vulnérabilités à la pollution des nappes souterraines, est élaboré et mis à sa disposition par les ABH (art.7).

IV.1.3 Les valeurs limites de rejets

Les valeurs limites de rejets (VLR) sont les valeurs limites de certains paramètres indicateurs de la pollution dont le non respect entraîne une dégradation de la qualité de l'eau (art. 11) du décret n°2-04-553 relatif aux déversements, écoulements, rejets dépôts directs ou indirects dans les eaux superficielles ou souterraines). Ces valeurs peuvent être générales ou spécifique à certaines activités.

Les VRL sont fixées par arrêté conjoint des ministres chargés de l'Intérieur, de l'Eau, de l'Environnement, de l'industrie et de toute autre autorité gouvernementale concernée. Les mêmes arrêtés fixent les échéanciers dans lesquels les déversements doivent se conformer à ces valeurs (art. 12). Celles-ci font l'objet de révision dans les mêmes formes et conditions de leur fixation, tous les dix ans où chaque fois que la protection de la qualité de l'eau l'exige ou l'évolution des technologies le permet (art. 13).

A l'heure actuelle, il y a eu trois arrêtés fixant des valeurs limites spécifiques qui ont été publiés. Il s'agit de :

- L'arrêté conjoint n° 1606-06 du 25 juillet 2006 portant fixation des valeurs limites spécifiques de rejet des industries de la pâte à papier, du papier et du carton.
- L'arrêté conjoint n° 1607-06 du 25 juillet 2006 portant fixation des valeurs limites spécifiques des rejets domestiques.
- L'arrêté n° 1608-06 du 25 juillet 2006 portant fixation des valeurs limites spécifiques des rejets des industries de sucre.

IV.2 La loi 10-95 sur l'eau

En matière de protection des ressources en eau et pour préserver la qualité des ressources en eau, la loi sur l'eau permet d'effectuer certains contrôles soit par les ABH elles-mêmes, soit par la police de l'eau.

Les ABH procèdent de manière continue, en vertu des missions qui leur sont conférées par la loi sur l'eau, aux contrôles des déversements dans le cadre du suivi de la qualité des ressources en eau, par :

- Les études des ressources en eau sur le plan qualitatif (art. 20 paragraphe 5 de la loi)
- La réalisation des mesures de la qualité et l'application de toutes les dispositions législatives et réglementaires relatives à la protection des ressources en eau (art. 20, paragraphe 6 de la loi).

En outre, dans le cadre de leurs pouvoirs généraux de gestion des ressources en eau, les ABH sont amenées à contrôler les déversements effectués dans les eaux du Domaine Public Hydraulique (DPH), c'est ainsi que leurs agents et les techniciens peuvent procéder à certains récolements après l'octroi d'une autorisation de déversement, pour s'assurer que les installations de traitement des eaux usées et les déversements effectués permettront de respecter les valeurs limites de rejets.

La police de l'eau, est constituée des officiers de police judiciaire et des agents commissionnés par l'administration et l'ABH, est assermentés (art.104 de la loi sur l'eau). Les agents formant cette police peuvent avoir accès aux installations de déversements, dans les conditions fixées par la réglementation, pour en vérifier les caractéristiques (art. 105). Ils peuvent également procéder aux prélèvements d'échantillons pour les analyser et, en cas de flagrant délit, confisquer les objets qui ont servi à commettre l'infraction (art. 109).

La constatation des infractions se fait par tout procédé utile, et notamment par des prélèvements d'échantillons. Si ces prélèvements ont lieu, il y a, séance tenante, rédaction d'un procès-verbal (art.106).

Au cas où le propriétaire ou l'exploitant est présent au moment de ce prélèvement, un échantillon doit lui être remis. Il doit également être informé de l'objet du prélèvement ; ce que le procès-verbal doit mentionner (art. 107).

La loi sur l'eau distingue une eau polluée d'une eau usée (art. 51). Une eau polluée est définie comme étant « une eau qui a subi, du fait de l'activité humaine, directement ou indirectement ou sous l'action d'un effet biologique ou géologique, une modification de sa composition ou de son état qui a pour conséquence de la rendre impropre à l'utilisation à laquelle elle est destinée. » De ce fait, une eau peut être considérée polluée pour l'alimentation humaine mais non polluée pour une utilisation industrielle. Alors qu'une eau usée est « une eau qui a subi une modification de sa composition ou de son état du fait de son utilisation ». Ainsi, une eau usée n'est pas forcément une eau polluée.

La loi sur l'eau consacre à la protection des ressources en eau contre la pollution tout son chapitre 6 (articles 51 à 57).

IV.3 La loi 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination

La loi 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination a pour finalité de prévenir et protéger la santé de l'homme, de préserver la faune, la flore, les eaux, l'air, le sol, les écosystèmes, les sites et paysages, et l'environnement dans sa globalité, contre les effets nocifs des déchets.

Plus précisément, ses objectifs sont les suivants :

- La prévention de la nocivité des déchets et la réduction de leur production ;
- L'organisation de la collecte, du transport, du stockage, du traitement des déchets et de leur élimination de façon écologiquement rationnelle ;
- La valorisation des déchets par le réemploi, le recyclage ou toute autre opération visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie ;
- La planification nationale, régionale et locale en matière de gestion et d'élimination des déchets ;
- L'information du public sur les effets nocifs des déchets, sur la santé publique et l'environnement ainsi que sur les mesures de prévention ou de compensation de leurs effets préjudiciables ;
- La mise en place d'un système de contrôle et de répression des infractions commises dans ce domaine.

IV.4 La loi 11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement

La loi 11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement fixe les règles de base et les principes généraux de la politique nationale dans le domaine de la protection et de la mise en valeur de l'environnement. Cette loi vise les objectifs suivants :

- La protection de l'environnement en général et l'eau précisément contre toutes formes de pollution et de dégradation quelle qu'en soit l'origine;
- L'amélioration du cadre et des conditions de vie de l'Homme ;
- La définition des orientations de base du cadre législatif, technique et financier concernant la protection et la gestion de l'environnement ;
- La mise en place d'un régime spécifique de responsabilité garantissant la réparation des dommages causés à l'environnement et l'indemnisation des victimes.

La loi 11-03 désigne par le terme eaux continentales, toutes les eaux qu'elles soient superficielles ou souterraines, à l'exclusion des eaux de mer et des eaux salées souterraines.

A l'article 27, il est précisé que l'Administration devra prendre les mesures nécessaires visant à assurer l'inventaire régulier et périodique des eaux continentales, et à assurer leur gestion rationnelle, ainsi que la prévention et la lutte contre toute forme de pollution conformément à la législation et réglementation en vigueur.

De plus, l'article 29 précise que sous réserve des dispositions législatives et réglementaires relatives à l'eau, est fixée par voie réglementaire une liste de substances dangereuses dont le rejet, le déversement, l'immersion ou l'introduction de manière directe ou indirecte dans les eaux continentales, sont soit interdits, soit soumis à autorisation préalable délivrée par l'administration.

La loi précise également que l'administration, les collectivités locales et leurs groupements doivent prendre les mesures nécessaires afin de réduire le danger des déchets, de les gérer, de les traiter et de les éliminer de manière à réduire et/ou éviter leurs effets nocifs pour l'Homme, les ressources naturelles, la faune, la flore et la qualité de l'environnement dans sa globalité.

IV.5 La loi 12-03 relative aux études d'impact sur l'environnement

La loi n°28-03, promulguée en Mai 2003, relative aux études d'impact sur l'environnement, précise que l'étude d'impact sur l'environnement a pour objet :

- + d'évaluer de manière méthodique et préalable, les répercussions éventuelles, les effets directs et indirects, temporaires et permanents du projet sur l'environnement et en particulier sur l'homme, la faune, la flore, le sol, l'eau, l'air, le climat, les milieux naturels et les équilibres biologiques, sur la protection des biens et des monuments historiques, le cas échéant sur la commodité du voisinage, l'hygiène, la salubrité publique et la sécurité tout en prenant en considération les interactions entre ces facteurs;
- + de supprimer, d'atténuer et de compenser les répercussions négatives du projet :
- + de mettre en valeur et d'améliorer les impacts positifs du projet sur l'environnement;
- + d'informer la population concernée sur les impacts négatifs du projet sur l'environnement.

La loi liste également les projets soumis à l'étude d'impact à l'environnement regroupés selon cinq grandes catégories :

- 1- Etablissements insalubres, incommodes ou dangereux classés en première catégorie ;
- 2- Projets d'infrastructures ;
- 3- Projets industriels concernant l'industrie extractive, l'industrie de l'énergie, l'industrie chimique, le traitement des métaux, l'industrie des produits alimentaires, l'industrie textile, du cuir, du bois, du papier, de carton, de poterie et l'industrie de caoutchouc ;
- 4- Projets d'agriculture ;
- 5- Projets d'aquaculture et de pisciculture.

IV.6 Le décret relatif aux déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects dans les eaux superficielles

L'article premier de ce décret n° 2-04-553 du 24 Janvier 2005 définit le déversement comme étant tout déversement, écoulement, rejet, dépôt direct ou indirect dans une eau superficielle ou une nappe souterraine susceptible d'en modifier les caractéristiques physiques, y compris thermiques et radioactives, chimiques, biologiques ou bactériologiques.

Ce décret repose essentiellement sur les principes suivants:

→ L'unité de gestion de l'eau est le bassin hydraulique: la demande de l'autorisation de déversement est adressée au directeur de l'agence du bassin hydraulique concernée.

- La décision d'autorisation fixe notamment :
- L'identité de l'attributaire de l'autorisation de déversement;
- Le lieu de déversement
- La durée de l'autorisation qui ne doit pas dépasser 20 ans, renouvelable par tacite reconduction;
- Les modalités de l'échantillonnage et le nombre des analyses des déversements que l'attributaire doit faire par un laboratoire agréé;
- Les quantités des grandeurs caractéristiques de l'activité à déclarer annuellement à l'agence de bassin par les entités génératrices des eaux usées industrielles;
- Les valeurs limites des rejets;
- Les modalités de recouvrement de la redevance;
- Les échéanciers dans lesquels les déversements doivent se conformer aux valeurs limites.

→ Les caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques de tout déversement doivent être conformes aux valeurs limites de rejets, fixées par arrêtés conjoints des autorités gouvernementales chargées de l'intérieur, de l'eau, de l'environnement, de l'industrie et de toute autre autorité gouvernementale concernée.

→ L'eau est une ressource naturelle dont il est nécessaire de reconnaître la valeur économique à travers l'application du principe pollueur-payeur.

Le présent décret mentionne l'habilitation des Agences de Bassins Hydrauliques à percevoir des redevances. Ces dernières sont dues en contrepartie de l'autorisation de déversement que délivre l'agence de bassin, et ce lorsque le déversement est susceptible d'en modifier les caractéristiques physiques, chimiques ou bactériologiques et celui de l'utilisation de l'eau du domaine public hydraulique.

IV.7 Le décret relatif aux normes de qualité des eaux et à l'inventaire du degré de pollution des eaux

En vertu de ce décret, selon son article n°1, les normes de la qualité ont pour objet de définir :

- Les procédures et les modes opératoires d'essai, d'échantillonnage et d'analyse ;
- La grille de qualité des eaux définissant des classes de qualité permettant de normaliser et d'uniformiser l'appréciation de la qualité des eaux;
- Les caractéristiques physico-chimiques, biologiques et bactériologiques.

Ces normes sont fixées dans article n°2, et par des arrêtés conjoints des autorités gouvernementales chargées de l'Equipement et de l'Environnement et font l'objet de révisions tous les dix ans ou en cas de besoin.

En vertu du même décret, l'agence du bassin hydraulique effectue l'inventaire du degré de pollution des eaux superficielles et souterraines au moins une fois tous les cinq ans. Les résultats de cet inventaire sont mis à la disposition des services de l'Etat, des collectivités locales et des établissements publics.

IV.8 Le décret relatif aux eaux à usage alimentaire

Comme précisé aux premières lignes de son chapitre premier, ce décret n°2-05-1326 relatif aux eaux à usage alimentaire, s'adresse aux gestionnaires, exploitants et/ou propriétaires des installations de production ou de distribution de l'eau potable ou des installations de ravitaillement en eau potable. Ces derniers sont tenus de prendre toutes les mesures nécessaires pour se conformer aux normes de qualité de l'eau potable visées à l'article 59 de la loi 10-95.

Le décret n°2-05-1326 régit le traitement des eaux à usage alimentaire (Chapitre II), le ravitaillement des populations par tonneaux ou citernes mobiles (Chapitre III), et la surveillance de la qualité des eaux à usage alimentaire (Chapitre IV).

CONCLUSION GENERALE

Dans la limite des paramètres étudiés, la situation de la qualité des ressources en eaux dans le bassin de Tensift Al-Haouz est caractérisée par une qualité moyenne des eaux de retenues de barrage, une qualité globalement mauvaise des eaux de rivière surtout le long de oued Tensift et l'aval des villes et des centres du bassin. Le bassin est caractérisé aussi par une qualité généralement mauvaise des eaux souterraines surtout dans la nappe d'Essaouira, par contre les nappes de la Bahira et du Haouz sont moyennement polluées,

La mauvaise qualité de l'eau de la plus part des ressources en eaux du bassin est surtout influencée par une forte minéralisation et des teneurs élevées de composées azotés et phosphatés. Elle représente une grande menace pour toute utilisation humaine surtout alimentaire, la remédiation de cette situation nécessite l'élaboration d'un plan d'action susceptible d'améliorer la qualité des ressources en eau et assurant sa protection et sa préservation.

Le législateur marocain a proposé un certains nombre d'actions à caractères préventifs et correctifs commençant par la protection des ressources en eaux contre toutes formes de pollution et de dégradation quelle que soit l'origine. L'évaluation des répercussions éventuelles et des effets négatifs de tout projet sur l'environnement en général et l'air en particulier, pour les atténuer et les compenser, il faut assurer une élaboration d'un suivi de la qualité des ressources en eaux pour préciser les sources de pollution et les éviter et enfin une prévention de la nocivité des déchets solide et liquide par une réduction de leur production. Une gestion et une élimination rationnelle de ces déchets en assurant un raccordement au réseau d'assainissement et une construction des décharges contrôlées et des stations d'épurations des eaux usées.

PERSPECTIVES

La courte période des analyses étudiées (été 2009 et Hiver 2010), l'extension de la zone d'étude et le nombre limité des ressources examinées, ne permet absolument pas de tirer des conclusions définitives sur tout le bassin. Cette étude peut représenter tout simplement un guide sur la typologie de la qualité, ce qui exige des recherches futures qui doivent traiter plusieurs aspects à savoir :

- Des études de l'historique de la qualité des eaux dans le bassin afin de définir l'évolution de sa pollution dans le temps.
- Des études détaillées des points de mauvaise qualité d'eau pour pouvoir préciser l'origine de toute pollution et l'éviter ou essayer de la réduire.
- Une actualisation de l'inventaire du degré de pollution pour définir les zones exposées à toute pollution fictives ou potentielles afin d'actualiser le réseau de contrôle et de surveillance.
- Une détermination minutieuse de l'impact de chaque pollution en dégageant sa contribution à la modification de la qualité des ressources en eau dans ce bassin, afin de trouver les meilleures solutions pour s'adapter aux évolutions démographiques, industrielles, touristiques et agricoles et même des options pour réduire et atténuer leur vulnérabilité.

En perspective à ce travail aussi, nous souhaitons, après une maîtrise de situation de la qualité des eaux dans le bassin, une modélisation de toute la base de donnée des analyses de l'eau pour pouvoir prévoir toute évolution, et de déterminer les scénarios correspondants à l'évolution des paramètres analysés.

Sources bibliographiques

1. **ABHT. (2005)** - Barrages et lacs collinaires dans la zone d'action de l'ABHT, Rapport, p 34
2. **ABHT. (2006)** - Etat de la qualité des ressources en eau dans la zone d'action de l'ABH Tensift. Rapport de synthèse. p 34
3. **BAHIR, M.; Silva, M.O. & Carreira, P. (2007)**. Ressources en eau en zones semi-arides, Etat des lieux: Cas du Bassin d'Essaouira (Maroc Atlantique). In: Los acuíferos costeros: retos y soluciones (Pulido Bosch, A.; López Geta, J.A. & Ramos González, G., eds.), IGME, Madrid, 529-540.
1. **BZIOUI M.** (2004)- Rapport national 2004 sur les ressources en eau au Maroc. UN WATER-AFRICA , 94 p.
2. **CAMELO, S.R. DEMIGUEZ AND L. MARBAN.** (1997).- Heavy metals input with phosphate fertilizers used in Argentina, *Sci. Total Environ.* 204 , pp. 245–250.
3. **CATHERINE N. MULLIGAN , NEGINMALAK DAVARPANAH, MASA HARU FUKUE AND TOMOHIRO INOUE** .(2008)- Filtration of contaminated suspended solids for the treatment of surface water
4. **CHAVE P. A.** (1998)- Groundwater protection policies and practices in the United Kingdom.
5. **Débat National sur l'Eau. (2006)** - ABHT. Rapport, p24
6. **DRESCH. J.** (1941)- Recherche l'évolution du relief massif central du grand Atlas le Haouz et le Sous.
7. **EL GHARMALI A.** (2005)- Impact des résidus minier et des eaux résiduaires sur la contamination métallique des écosystèmes aquatiques et terrestres de la région de Marrakech, Maroc, thèse d'état, Université Cadi Ayyad, Fac. Sci. Semlalia, Marrakech .
8. **EI HARRADI N.** (2007)- Elaboration d'un système de gestion de base de données de la plaine de Mejjate et études du comportement hydrodynamique des sources Abainou, Drain TP, Ras El Ain et Ain R'Mech. D.E.S.A (Protection Et Aménagement Des Ressources En Eau)

9. **ENANAA N.** (2000)-Etude hydroclimatique et hydrogéologique des aquifères de la plaine de Mejjate ; simulation numérique des écoulements souterrains de la plaine de Mejjate,
10. **GROMAIRE-MERTZ M.C., A. GONZALES, S. GARNAUD AND G. CHEBBO.** (2001)- Caractérisation des eaux urbaines, TSM 5, pp. 41–52.
11. **KHALIL N. (1989)** - Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de la Bahira (Maroc occidental). Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech (Maroc). p 124
12. **LYAKHLOUFI.** (2001)- Vulnérabilité et risque de pollution de la nappe phréatique du Haouz de Marrakech. Thèse de Doctorat National, Université Cadi Ayyad, Fac. Sciences. Semlalia, Marrakech
13. **PATOIN M. and SIMONEAU M.** (2002)- Impacts de l'agriculture intensive sur la qualité de l'eau des rivières du Québec, Vecteur Environnement 35 (2002), pp. 61–66.
14. **RODIER J.1984.** L'analyse de l'eau, eau naturelles, eaux résiduaire et eau de mer 7^{ème} édition, Dunaud, 1365p
15. **RODIER J.1996.** L'analyse de l'eau. Edit. Dunod, 1965 p.
16. **SCHNEEBELI. G.** Hydraulique souterraine. 12^{ème} édition
17. **SAHILI E. (1996)** – Problématique des rejets liquides et solides au niveau de la région hydraulique du Tensift, diagnostic, impact sur le milieu naturel, humain et proposition d'un plan d'action. Thèse d'ingénieur chef, Direction Générale de l'Hydraulique, Ministre des travaux publics. p.178
18. **Sinan M. (2000)** - Méthodologie d'identification d'évaluation et de protection des ressources en eau des aquifères régionaux par couplage des SIG, de la géophysique et de la géophysique et de la géostatistique application à l'aquifère de Haouz de Marrakech (Maroc). Thèse Université Mohammed V, Rabat, Maroc
19. **TANIK A.** (1998)- Using the example of Istanbul to outline general aspects of protecting reservoirs, rivers and lakes used for drinking water abstraction.