

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université Ammar Telidji - Laghouat

Faculté de Technologie

Département de GENIE CIVIL

Mémoire de Master

Présenté par :

ELHAMDOU Nadia

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique
Option : Ressources en Eau

THÈME :

**EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES DE
QUELQUES BASSINS VERSANTS DANS L'OUEST ALGERIEN
PAR L'APPLICATION DES INDICATEURS DE LA QUALITE DE
L'EAU**

Soutenue publiquement le 16 Octobre 2016

Devant le jury composé de :

Mr. Sekkoum M.
Mr. Hamlat A.
Mr. Stamboul M
Mme. Yamani Kh

Président
Encadreur
Examineur
Examinatrice

Remerciements

Tout d'abord je remercie Dieu qui ma encourager à réaliser ce travail.

Je tiens à exprimer nos profondes gratitudees à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Particulièrement mon encadreur

Dr Hamlat Abdelkader pour son aide et conseils qui m'ont été très précieux.

Mes sincères remerciements aux membres de

*Jury M. Sekkoum Mohamed. M. Stamboul Madani et Mme Yamani
Kheira*

Mes sincères remerciements à Madame la Directrice de ANRH de Djelfa :Daïnda Mekideche et monsieur Directeur de ANRH d'Oran.

Mes remerciements vont aussi à tout qui contribués de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail:

Pour ma mère galerie, sein sa mon Dieu in chaa ellah.

A mon chère père qui est fait de moi ce que

je suis maintenant.. Pour leur amour et leur sacrifice .

A mes chers frères

A mes chères sœurs

Chacun avec son nom sans exceptionnelle surtout

Aicha et Zohra

A m'aime : Fatima Bacha

ainsi que tous cadre de département de génie civil et

les collègues de ma promotion de génie de civil année 2016.

Résumé

L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité des eaux souterraines de quelques nappes situées dans la région Nord-Ouest du pays. Nous avons fait une application de l'indicateur de la qualité de l'eau sur une série de données entre Janvier 2001 et Décembre 2006, dont l'objectif principal est d'évaluer la qualité des eaux souterraines et leur degré de potabilité, ainsi que leur aptitude à l'irrigation.

La pertinence des eaux souterraines à des fins d'irrigation des stations étudiées a été évaluée à partir de sept paramètres de qualité : le rapport d'adsorption du sodium (SAR), le pourcentage en sodium (% Na), l'alcalinité résiduelle des eaux (RSC), l'indice de perméabilité (IP), le pourcentage en magnésium (% Mg), indice ratio de corrosivité CRI, ratio ou coefficient de Kelly (RK).

L'étude est basée sur le suivi d'un ensemble de paramètres dont certains sont mesurés in situ et d'autres par des analyses physicochimiques réalisées au laboratoire de l'ANRH de 46 stations de surveillance de la qualité des eaux souterraines réparti sur 13 nappes d'eau souterraines qui appartiennent aux bassins versants : La Tafna, La Macta, Côtiers Oranais, Chott Chergui.

Les résultats montrent les eaux souterraines de mauvaise et moyenne qualité caractérisent la majorité des nappes étudiée dans ces bassins.

Mots clefs : Nord-Ouest, qualité, eaux souterraines, indice, Tafna, Macta, Côtiers Oranais, Chott Chergui.

Abstract

The aims of this study is to evaluate water quality of some aquifers located in the northwest region of the country. We have made an application of water quality indice on data range and series between January 2001 and December 2006, whose main objective is to assess quality of the groundwater, thier level of potability and suitability for irrigation.

The pertinence of groundwater for irrigation of the studied stations was assessed from seven quality parameters: Sodium adsorption ratio (SAR), Soluble sodium percentage (Na%), Residual sodium carbonate (RSC), Permeability index (PI), Corrosively ratio index (CRI), Magnesium adsorption ratio (MAR) and Kelly's ratio (KR).

The study is based on monitoring of a set of parameters, some of which are measured in situ and others by physicochemical analyzes at laboratory of ANRH of 46 monitoring stations spread over 13 aquifers located within basins: Tafna, Macta, Coastal Oran, Chott Chergui.

The results show that the water quality of poor and medium quality characterize the majority of studied aquifers.

Keywords: northwest, quality, groundwater, WQI, Tafna, Macta, Coastal Oran, Chott Chergui.

ملخص الدراسة:

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم نوعية المياه الجوفية لبعض الطبقات الجوفية الواقعة شمال غرب الجزائر، في هذا العمل قمنا بتطبيق مؤشر نوعية الماء على مجموعة من المعطيات في الفترة بين جانفي 2001 و ديسمبر 2006 حيث كان الهدف الرئيسي هو تقدير نوعية المياه الجوفية و مدى صلاحيتها للشرب و الري.

تقدير ملائمة المياه الجوفية لأغراض الري تمت عن طريق حساب سبعة مؤشرات للمحطات المدروسة والتي هي : تقرير امتصاص الصوديوم (SAR)، النسبة المئوية للصوديوم (NA%)، الملوحة المتبقية للمياه (RSC)، مؤشر النفاذية (IP)، النسبة المئوية للمغنيزيوم (MG %)، نسبة مؤشر التآكل (CRI)، نسبة عامل كيلبي (RK).

إعتمدت الدراسة على متابعة مجموعة من العناصر المقاسة في من جهة و على التحاليل الفيزيوكيميائية النجزة في مخبر الوكالة الوطنية للموارد المائية (ANRH) من جهة أخرى ، ل 46 محطة مراقبة المياه الجوفية موزعة على 13 طبقة جوفية تابعة لأحواض التغذية (تافنة ، المقطع ، الشريط الساحلي الوهراني، الشط الشرقي).

أضهرت النتائج بأن نوعية المياه الجوفية تتباين ما بين السيئة و المتوسطة لمعظم الطبقات الجوفية في هذه الأحواض.

الكلمات المفتاحية: شمال غرب ، نوعية، المياه الجوفية، مؤشر، تافنة، مقطع ، الشريط الساحلي الوهراني ، الشط الشرقي.

Tables des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre I: rétrospective des indices de qualité de l'eau	3
I.1. Introduction :.....	3
I.2. Historique des indices de qualité de l'eau.....	3
I.3. Sélection d'un indice :	4
I.3.1. Critères de sélection des indices :	4
I.3.2. Les étapes communes d'IQE :.....	5
I.4. Les avantages d'indice de qualité de l'eau :.....	6
I.5. Mécanisme de fonctionnement d'un indice :	7
I.6. Rôle et exploitation des indices de qualité de l'eau :.....	9
I.7. Les Caractéristiques de Modèles d'agrégation :	10
Chapitre II : Cadre méthodologique :.....	11
II.1. Indice de la qualité des eaux souterraines (DWQI) :.....	11
II.2. Indice de la qualité de l'eau en vue d'irrigation	13
II.2.1. LE RAPPORT D'ADSORPTION DU SODIUM (SAR).....	13
II.2.2. POURCENTAGE DE SODIUM (%NA) « Soluble sodium percentage (SSP)'	13
II.2.3. ALCALINITE RESIDUELLE DES EAUX (RSC).....	13
II.2.4. INDICE DE PERMEABILITE (IP).....	14
II.2.5. POURCENTAGE DE MAGNESIUM (%MG)	14
II.2.6. Indice ratio de corrosivité CRI	14
II.2.7. Ratio ou coefficient de Kelly (RK)	14
Chapitre III : Présentation de la région d'étude	15
III.1. Introduction :	15
III.2. Présentation de la zone d'étude :.....	15
III.2.1. Climatologie.....	16
III.2.2. Température :	16
III.2.3. Pluviométrie :	16
III.2.4. Géologie	16
III.3. Présentation des données	17
III.4. Echantillonnage et analyse :.....	19
III.5. Aperçus sur les différentes nappes étudiés	22
III.5.1. Les aquifères du bassin versant de la Tafna :	22
III.5.1.1. Les monts de Tlemcen.....	22
III.5.1.2. LA PLAINE DE MAGHNIA.....	23
III.5.2. Les aquifères du bassin versant « Côtiers Oranais »	23
III.5.2.1. La plaine côtière oranaise (plaine d'Ain Turk).....	23
III.5.2.2. La plaine de Ain Témouchent	24
III.5.2.3. La sebkha d'Oran.....	24
III.5.2.4. La nappe karstique du Murdjadjo-Bredeah	24
III.5.2.5. La nappe de la M'leta (Mio-pliocène)	25
III.5.2.6. La nappe du Quaternaire.....	25
III.5.2.7. La région d'Ouled Taoui-Ouled Boudjemaâ	26
III.5.2.8. Le plateau d'Oran	26
III.5.3. Les aquifères du bassin versant de la MACTA.....	26
III.5.3.1. La nappe D'EGHRISS (Mascara)	26
III.5.3.2. Les monts de SAIDA.....	27

III.5.3.3.	La nappe de Sidi Bel Abbas.....	27
III.5.3.4.	La vallée de l'Oued Melghir.....	28
III.5.3.5.	La Haute et Moyenne Mekerra.....	28
III.5.4.	Les aquifères du bassin du Chott Chergui.....	28
III.5.4.1.	La nappe du Chott Chergui.....	28
Chapitre IV : Résultats et interprétations :.....		30
IV.1.	Résultats de l'indice de la Qualité des eaux souterraines (DWQI) :.....	30
IV.2.	Résultats de l'indice de la qualité de l'eau en vue d'irrigation.....	33
IV.2.1.	LE RAPPORT D'ADSORPTION DU SODIUM (SAR).....	35
IV.2.2.	POURCENTAGE DE MAGNESIUM (%MG).....	35
IV.2.3.	POURCENTAGE DE SODIUM (%NA).....	35
IV.2.4.	ALCALINITE RESIDUELLE DES EAUX (RSC).....	38
IV.2.5.	INDICE DE PERMEABILITE (IP).....	39
IV.2.6.	Indice ratio de corrosivité CRI.....	39
IV.2.7.	Ratio ou coefficient de Kelly (RK).....	39
IV.3.	Représentation graphique et identification des faciès.....	40
IV.3.1.	Diagramme de Piper :.....	42
Conclusion générale.....		46
Bibliographie :.....		48
Annexe		

Liste des tableaux et figures

Tableau I.1 : Principales technique d'agglomération	9
Tableau II.1 : les poids relatifs des paramètres physico-chimiques	12
Tableau II.2 : Classification de la qualité des eaux souterraines selon DWQI	12
Tableau III.1: les paramètres physico-chimique de quelques stations de la région d'étude : cas de la station AT1S. Djelloul et Ain El Turk.	18
Tableau III.2: Caractéristiques des stations de surveillance de la qualité des eaux souterraines étudiées.	19
Tableau III.3 : les balances ioniques pour les stations qui dépassent 5 %	21
Tableau IV.1: Classification des eaux souterraines du bassin versant du Côtiers Oranais (2001-2006).....	31
Tableau IV.2: Classification des eaux souterraines du bassin versant de la Tafna (2001-2006).....	31
Tableau IV.3: Classification des eaux souterraines du bassin versant de la Macta (2001-2006).....	32
Tableau IV.4: Classification des eaux souterraines du bassin versant de Chott Chergui (2001-2006).....	32
Tableau IV.5 : Résultats des différents paramètres de qualité de l'eau pour l'usage agricole de quelques nappes, bassin versant « Côtiers oranais »	33
Tableau IV.6 : Résultats des différents paramètres de qualité de l'eau pour l'usage agricole de quelques nappes, bassin versant « Tafna »	33
Tableau IV.7 : Résultats des différents paramètres de qualité de l'eau pour l'usage agricole de quelques nappes, bassin versant « Chott Chergui »	34
Tableau IV.8 : Résultats des différents paramètres de qualité de l'eau pour l'usage agricole de quelques nappes, bassin versant « Macta »	34
Tableau IV.9 : Qualité de l'eau basée sur le rapport d'adsorption du sodium (SAR).....	35
Tableau IV.10: Qualité de l'eau basée sur le pourcentage de magnésium	35
Tableau IV.11: Classification des eaux d'irrigation selon les %Na.	36
Tableau IV.12: Qualité de l'eau souterraine basée sur l'alcalinité résiduelle des eaux.....	38
Tableau IV.13. Qualité de l'eau souterraine basée sur l'indice de perméabilité.....	39
Tableau IV.14. Qualité de l'eau souterraine basée sur l'indice ratio de corrosivité CRI.....	39
Tableau IV.15 : Classification des eaux souterraines basée sur le RK.....	39
Figure III.1. Localisation géographique des bassins étudiés.	15
Figure III.2: localisation des stations de la surveillance de la qualité des eaux souterraines utilisées	20
Figure III.3: Extrait de la carte de localisation et dénomination des aquifères en Algérie	22
Figure IV.1: Diagrammes de Wilcox : nappe Monts de Tlemcen.....	37
Figure IV.2: Diagrammes de Wilcox : nappe « Plaine de Sidi Bel Abbes »	38
Figure IV.3: Diagramme de Scholler-Berkalof. Nappe plaine Côtière oranais.....	40
Fig. IV.4 : Diagramme de Scholler-Berkalof. Nappe plaine de Saida	41
Figure IV.5: Diagramme de Scholler-Berkalof. Nappe plaine de Ghris	42
Figure IV.6 : Diagramme de Piper nappe de la Plaine Côtière.	43
Figure IV.7 : Diagramme de Piper nappe de Plaine de Saida.	44
Figure IV.8 : Diagramme de Piper nappe de Plaine de Ghris	45

Liste des abréviations et des unités :

ANRH	agence nationale des ressources hydriques
pH	potentiel hydrogène
TDS	solides dissous totaux
Na ⁺	sodium
K ⁺	potassium
Ca ²⁺	calcium
Mg ²⁺	magnesium
Cl ⁻	chlorure
HCO ₃ ⁻	bicarbonate
SO ₄ ⁻²	sulfates
NO ₃ ⁻	nitrates
NH ⁺⁴	ammoniac
AEP	alimentation en eau potable
SAR	rapport d'adsorption du sodium
% Na	pourcentage de sodium
RSC	alcalinité résiduelle des eaux
IP	indice de perméabilité
%Mg	pourcentage de magnésium
CRI	indice ratio de corrosivité
RK	ratio de Kelly
IQE	indice de qualité de l'eau
ABH	agence des bassins hydrographiques
Mg/l	milligramme par litre
MO _{acide}	matière organique acide
RS	résidu sec
DWQI	indice de qualité de l'eau potable
IWQI	indice de qualité de l'eau pour l'irrigation
m/s	mètre par second
m ² /s	mètre carré par second
OCC	Oranais Chott Chergui
BV	bassins versants

Introduction générale

Introduction générale

L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenu progressivement une préoccupation mondiale. En Algérie la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile. La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un grand problème de détérioration de la qualité de cette source souterraine, déjà en quantité limitée [1].

La Compréhension des propriétés hydrauliques des couches aquifères et la caractérisation hydrochimique de l'eau qu'elles contiennent sont nécessaires pour la planification et la gestion des ressources en eau souterraine dans le secteur d'étude [2].

La gestion de la ressource « eau » exige des intervenants une bonne connaissance de la qualité de celle-ci et des différentes sources de pollution pouvant l'affecter. Afin de pouvoir prendre des décisions éclairées, le gestionnaire doit avoir accès à une information simple, synthétique et bien ciblée. Les données concernant la qualité de l'eau sont à l'opposé d'une telle définition; elles se rapportent à une multitude de descripteurs (phosphore, oxygène, pH, coliformes fécaux, etc.) mesurés à plusieurs reprises et à plusieurs endroits [3].

L'Agence Nationale des Ressources Hydriques « ANRH » possède des points de suivi de la qualité des eaux de surface et souterraines, La méthode pour évaluer la qualité de l'eau au niveau des agences de l'ANRH consiste à établir des rapports décrivant les tendances et le degré de conformité ou de non-conformité de chaque variable aux lignes directrices officielles ou à d'autres objectifs [4], [5]. Cette démarche a l'avantage de fournir une grande quantité de données et de renseignements.

Pour résoudre ce problème, on peut simplifier les données multivariées sur l'eau en utilisant un indice qui combine mathématiquement toutes les mesures de la qualité de l'eau et fournit une description générale et facile à comprendre de l'eau. Ainsi, on peut se servir de cet indice. Un indice peut fournir des renseignements sur l'état général de l'eau et son évolution. Comme la plupart des programmes de surveillance, cependant, l'indice ne révélera pas les effets des déversements et autres événements aléatoires et temporaires, à moins que ces événements soient relativement fréquents ou leurs effets, persistants [6].

Dans ce contexte et pour contribuer à combler cette carence sur l'état de la qualité des eaux dans ces régions, nous avons fait une application de l'indicateur de la qualité de l'eau sur une série de

données entre Janvier 2001 et Décembre 2006, dont l'objectif principal est d'évaluer la qualité des eaux souterraines et leur degré de potabilité, ainsi que leur aptitude à l'irrigation.

L'étude est basée sur le suivi d'un ensemble de paramètres dont certains sont mesurés in situ et d'autres par des analyses physicochimiques réalisées au laboratoire de l'ANRH de 46 stations de surveillance de la qualité des eaux souterraines réparti sur 13 nappes d'eau souterraines qui appartiennent aux bassins versants : La Tafna, La Macta, Côtiers Oranais, Chott Chergui. Ces différents paramètres ont été analysés sur le plan physico-chimique: température, conductivité électrique, pH, TDS, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ ,...

Après une introduction générale, on a fait un aperçu sur la définition des indices de la qualité dans le premier chapitre, on décrit dans la partie cadre méthodologique le mécanisme de fonctionnement de l'indicateurs choisi pour évaluer la qualité des eaux souterraines dans région ainsi les différentes indices pour évaluer l'aptitude de l'eau à l'irrigation que le rapport d'adsorption du sodium (SAR), le pourcentage en sodium (% Na), l'alcalinité résiduelle des eaux (RSC), l'indice de perméabilité (IP), le pourcentage en magnésium (% Mg), indice ratio de corrosivité CRI, ratio ou coefficient de Kelly (RK). Dans le troisième chapitre on présenter la région d'étude ainsi les différents stations choisi. Dans la partie résultats et interprétations on évaluer la qualité de l'eau sur la lumière de l'application de différents indices ; enfin on a conclu notre travail par une conclusion générale et perspective.

Chapitre I: rétrospective des indices de qualité de l'eau

Chapitre I: rétrospective des indices de qualité de l'eau

I.1. Introduction :

Plusieurs définitions des indicateurs sont disponibles et en voici deux qui caractérisent les indicateurs que:

« Les indicateurs sont des variables [...] qui fournissent des renseignements sur d'autres variables plus difficiles d'accès [...] Les indicateurs servent aussi de repère pour prendre une décision [...] » . [7]

« Ils fournissent des informations au sujet d'un système complexe en vue de faciliter sa compréhension [...] aux utilisateurs de sorte qu'ils puissent prendre des décisions appropriées qui mènent à la réalisation d'objectifs » . [7]

Ces deux définitions posent les bases de la construction de l'indicateur. Celui-ci peut résulter d'une mesure, d'une observation, d'une donnée statistique, d'un calcul, d'une sortie de modèle dans le cas d'indicateurs simples ou d'une agrégation de variables pour des indicateurs composites. Deux aspects ressortent en tout cas « fournir un renseignement, une information » au sujet d'une autre grandeur ou d'un système difficile à mesurer ou décrire directement, ceci pour aider à « prendre une décision ». L'indicateur a donc une vocation d'être utilisé par des acteurs et doit donc répondre à des critères de faisabilité, de simplicité et de lisibilité.

Plusieurs indices de la qualité des eaux ont été développés et, dans certains cas, utilisés, que ce soit au Québec ou ailleurs. Tous ces indices fonctionnent un peu de la même façon : ils requièrent la mesure d'un certain nombre de descripteurs physico-chimiques ou bactériologique bien sélectionnés, puis, pour chacun de ces descripteurs, la conversion de la concentration mesurée en un sous-indice adimensionnel à l'aide d'une courbe d'appréciation de la qualité de l'eau; ces sous-indices sont alors agrégés à l'aide d'une formule mathématique pour produire l'indice final [3].

I.2. Historique des indices de qualité de l'eau

Considérant les origines des indices de qualité des eaux, Ott (1978) relate dans son ouvrage que le besoin de représenter la qualité de l'eau se manifesta · déjà vers 1850. C'est en Allemagne que furent réalisés les premiers efforts dans ce domaine. À cette époque, les travaux effectués tentèrent de mettre en relation le niveau de pureté de l'eau et la présence de certains organismes biologiques. Progressivement, plusieurs pays européens emboîtent le pas en créant et en appliquant différents systèmes de classification pour estimer la qualité des eaux présentes sur leur territoire. Ces systèmes se regroupent en deux genres: ceux se rapportant à la quantité de pollution présente et ceux se rapportant aux communautés d'organismes macroscopiques et

microscopiques. La fonction de ces méthodes de classification est de caractériser des milieux aquatiques parmi divers niveaux de pollution [8].

Par opposition à cette pratique, les indices utilisant une échelle numérique pour représenter le spectre de la qualité de l'eau ne sont apparus que plus récemment. En effet, Clesten 1965 que Horton proposa la transformation des données de la qualité de l'eau en une appréciation globale de celle-ci (Couillard, 1982b). Jusqu'à maintenant, on estime à plus d'une centaine le nombre d'auteurs ayant œuvré dans le champ des indices de qualité de l'eau (Béron et al., 1982). Aujourd'hui, la littérature scientifique renferme plusieurs dizaines d'indices de qualité de l'eau [8].

I.3. Sélection d'un indice :

I.3.1. Critères de sélection des indices :

Fréchette (1978) dans son étude comparative des indices de qualité de l'eau, il affirme que les critères de sélection les plus importants pour choisir un indice sont les objectifs de l'indice et de la nature de l'information utilisée et soutien que plusieurs autres critères d'importance secondaire peuvent influencer le choix d'un éventuel utilisateur, par exemple on retrouve parmi ces critères: le milieu de mesure, la relativité de la valeur finale, l'échelle d'utilisation ou l'aptitude à la vulgarisation [8].

Tout en considérant les critères de sélection de Fréchette (1978), D'autres critères ont été formulés afin de compléter le profil idéal de l'indice désiré. La somme de ces deux séries de caractéristiques a créé l'ensemble des critères de sélection qui ont été appliqués voici la gamme de critère qui ont été retenus [8]:

1-L'objectif principal d'un indice est le premier facteur discriminant à employer. Grace à la définition du but d'un indice, le champ d'application déterminé, c'est-à-dire que la catégorie d'utilisation visée par l'indice et les usages considérés de la ressource eau sont identifiés.

2-Le second critère de sélection. Les indices de qualité de l'eau emploient différents types de paramètres comme, le type physico-chimique (métaux, nutriments, décompte bactériologique, ... etc.), le type économique et même le type biologique (nombre d'espèce présentes, potentiel de fertilité, chlorophylle A. etc.).

L'indice choisi devra utiliser un type de paramètres apte à représenter le phénomène de la détérioration de la qualité de l'eau, l'indice doit inclure des paramètres caractéristiques d'eau de débordement de réseau unitaire exemple MES, bactéries et virus, nutriments) et leur accorder une pondération significative.

3-L'étape subséquence du processus de sélection cherche à obtenir l'adéquation entre la gamme de paramètres mesurés lors de la campagne d'échantillonnage et la série de paramètres constituant chaque indice, Fréchette (1978) recommande que l'application d'un indice de qualité ne doit s'effectuer que si la correspondance entre les paramètres disponibles et ceux exigés atteignent au moins la somme de 75% de la pondération totale des paramètres.

4-Il y'a une autre considération importante est la relativité du résultat généré par l'indice de qualité de l'eau. L'indice recherché doit donner des valeurs absolues comme résultat du même indice pour d'autres lieux où d'autres moments, sachant que l'élément fondamental de ce travail est la comparaison de différents résultats d'un indice, pour illustrer les différentes variations de la qualité de l'eau, il est essentiel que l'indice sélectionné réponde à ce besoin. Les vecteurs de qualité de l'eau doivent être comparables dans le temps, dans l'espace et pour deux événements hydrologiques (temps sec, crue d'orage).

5- vérifier si le calage de l'indice est approprié aux conditions des eaux par exemple les nutriments sont des paramètres qui ont un impact beaucoup plus important sur la qualité des eaux naturelles que les paramètres de la matière carbonée (Cluis et al 1979) la pondération de l'indice recherché devrait accorder une plus grande importance aux paramètres des nutriments plutôt qu'aux paramètres de la matière carbonée, l'indice devrait avoir subi une étape de validation est avoir subi au moins quelques applications.

Une propriété nécessaire pour remplir le rôle de détection d'une fluctuation de la qualité de l'eau. Une technique de compilation produisant une sévère évaluation de la qualité sera en pratique un about intéressant pour l'indice de qualité désiré [8].

1.3.2. Les étapes communes d'IQE :

Les quatre étapes suivantes sont le plus souvent associés avec le développement de toute IQE selon la complexité étant destinée à des mesures supplémentaires peuvent être prises :

1. Sélection des paramètres.
2. Transformation des paramètres de différents unités et dimensions à une échelle commune.
3. Affectation des poids à tous les paramètres.
- 4 .L'affiliation des sous-indices.

Parmi ceux-ci, les étapes 1, 2 et 4 sont indispensables pour tous indices. Étape 3 est aussi communément prise par certains indices peuvent être formés sans cette étape. Indices de la qualité de l'eau, il est très facile pour juger si une source d'eau est utilisable ou pas,

et la façon dont une source compare à un autre, mais le développement de l'IQE est nullement une tâche facile. En fait, est heurté à plusieurs complications et incertitudes.

La façon dont différents IQE ont été mis au point pour des besoins différents, il serait clair que beaucoup de subjective opinion et le jugement est associé à chaque étape, en particulier les étapes 1 et 3. Il n'existe pas de technique ou un dispositif de 100% sur l'objectivité ou précision peut être obtenu dans les étapes suivantes. Même sélection des paramètres par l'analyse statistique des données passées, On ne peut que tenter de réduire la subjectivité et écart en impliquant grand nombre d'experts dans la collecte de l'opinion, et de le faire par techniques de collecte de l'opinion bien développés tels que Delphi (Abbasi 1995, Abbasi et Arya 2000).

1.4. Les avantages d'indice de qualité de l'eau :

La formulation et l'utilisation des indices ont été vivement recommandées par les organismes chargés de l'approvisionnement en eau et le contrôle de la pollution de l'eau. Une fois les données de la qualité de l'eau ont été recueillies par échantillonnage et d'analyse, un besoin de traduire dans une forme facile à comprendre. Ils sont pratiques pour examiner les tendances, à mettre en évidence des conditions environnementales spécifiques, et pour aider les décideurs à évaluer l'efficacité des programmes de réglementation.

Des informations qui sont exercées sur origine hydrique. De nombreux facteurs sont considérés comme les indices et les données de surveillance. En effet, presque toutes les fins pour lesquelles une évaluation de la qualité de l'eau, de l'utilisation, le traitement, l'allocation des ressources, l'information du public, la planification de l'environnement, les indices de qualité des eaux aident à:

1. *L'allocation des ressources* : Les indices peuvent être pour aider les gestionnaires dans L'allocation et de déterminer les priorités.

2. *Classement des allocations*: Les indices peuvent être appliqués pour faciliter et comparer la Qualité de l'eau à différents lieux ou zones géographiques

3. *Application des normes* : Les indices peuvent être appliqués à des endroits spécifiques afin de Déterminer la mesure et les critères existants sont satisfaits ou dépassé.

4. *L'analyse des tendances* : Les indices peuvent être appliqués à la qualité de l'eau donnée à différents points dans le temps pour déterminer les changements dans la qualité (dégradation ou amélioration) qui ont eu lieu au cours de la période.

5. *L'information du public* : Le score de l'indice étant un outil facile les indices peuvent être utilisés pour tenir le public informé de l'ensemble de la qualité de n'importe quelle source.

6 .La recherche scientifique : La qualité essentielle d'un indice qui se traduit par une grande quantité de données à un seul score est extrêmement précieux, par exemple, dans la détermination de l'efficacité des différentes mesures ou des stratégies de traitement des eaux avec la référence pour un plan d'eau, l'effet de développement sur la qualité de l'eau (Tansen .A 2012)

I.5. Mécanisme de fonctionnement d'un indice :

Le processus de fonctionnement d'un indice de la qualité de l'eau est généralement simple. Pour opérer, la majorité des indices utilise des paramètres, des pondérations, des fonctions de transformation de la qualité de l'eau et des techniques d'agglomération. Pour une meilleure compréhension de cette procédure, analysons chaque opération.

La pondération consiste à donner une importance relative qui est différente pour chacun des paramètres inclus dans l'indice. L'importance relative d'un paramètre est habituellement exprimée par un coefficient appelé l'indice de pondération ou poids. Ce facteur établit une hiérarchie entre l'importance d'un paramètre donné et l'ensemble des autres paramètres utilisés. Généralement, la somme des facteurs de pondération sera égale à 1.0. Plus un paramètre sera important, plus son poids relatif sera élevé [8].

La fonction de transformation de la qualité, dont l'usage est très répandu, fait le lien entre la concentration d'un paramètre et la qualité de l'eau. Pour y parvenir, la procédure nécessite l'utilisation d'un graphique ou d'une fonction mathématique qui transformera chaque valeur d'un paramètre en une valeur estimée ou « cote » de qualité de l'eau. Chacun des paramètres d'indice possède une courbe de qualité et celle-ci est établie selon des critères particuliers à ce paramètre.

Les cotes de qualité varient selon l'amélioration ou la détérioration de la qualité de l'eau. Les valeurs attribuées s'étendent entre zéro et une puissance de dix, pour chacune des fonctions de transformation d'un même indice, les bornes inférieure et supérieure sont identiques. L'avantage principal de la fonction d'appréciation de la qualité réside dans le fait que l'on peut transformer rapidement la concentration d'un paramètre en une cote de qualité, représentant la qualité d'une eau pour un usage donné. Un autre avantage est celui de passer d'un système paramétrique à un système sans dimension, c'est-à-dire d'éliminer les unités de concentration (souvent différentes d'un paramètre à l'autre) et ainsi faciliter le calcul de l'indice global.

L'emploi d'un processus d'agglomération ou de compilation a pour but de condenser toutes les cotes de qualité issues des fonctions de transformation et de pondérer, s'il y a lieu, ces cotes en fonction d'un certain poids. C'est à la fin de cette étape qu'est obtenu le résultat final:

L'indice de qualité de l'eau. La littérature évoque une gamme de techniques pour accomplir le processus d'agglomération. (reproduit la liste des principales méthodes de compilation accompagnées de leur expression mathématique.

D'autre part, la littérature propose des versions modifiées de ces formulations ainsi que d'autres types de formules de compilation plus spécifiques.

En effet, House et Ellis (1980) rapportent une technique dérivée de la forme additive, soit la version du Solway River Planning Board de l'addition pondérée ou non pondérée. Certaines méthodes de compilation s'appuient sur des considérations statistiques plus complexes. D'autres techniques emploient une combinaison de formule additive et de paramètres simples. Enfin, quelques indices utilisent un seul paramètre ou même des formules élaborées dont le résultat est relatif, c'est-à-dire comparable pour les mêmes conditions d'application (Fréchette, 1978).

1-Indice Additif pondérée	$I_{AP} = \sum_{i=1}^n q_i w_i$
2-Indice Additif non pondérée	$I_{ANP} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i$
3-Indice multiplicatif pondérée	$I_{MP} = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$
4-Indice multiplicatif non pondérée	$I_{MNP} = \left[\prod_{i=1}^n q_i \right]^{1/n}$
5-Indice basé sur l'opération minimum	$I_{\min} = \min(q_1, q_2, \dots, q_n)$
6-Indice basé sur l'opération maximum	$I_{\max} = \max(q_1, q_2, \dots, q_n)$
7-Indice Additif pondérée du Solway RPB	$I_{APS} = \frac{1}{100} \left(\sum_{i=1}^n q_i w_i \right)^2$
8-Indice additif non pondérée du Solway RPB	$I_{APS} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i \right)^2$

Tableau I.1 : Principales technique d'agglomération [8].

Ou :

w_i : le poids du paramètre i

q_i : la cote de qualité du paramètre i

n : le nombre du paramètre.

I.6. Rôle et exploitation des indices de qualité de l'eau :

Les indices synthétisent un certain nombre de données d'un milieu et transmettent une image à des usagers qui possiblement ne connaissent aucunement les éléments constitutifs de cette synthèse. Même s'il existe un grand nombre d'indices de qualité de l'eau, cet outil de communication est nettement sous-exploité par plusieurs spécialistes de la ressource en eau [8].

I.7. Les Caractéristiques de Modèles d'agrégation :

a- Ambiguïté et éclipse :

Dans la section précédente. Ce sont deux caractéristiques des méthodes d'agrégation .À savoir l'ambiguïté est provoquée par une méthode d'agrégation quand l'indice dépasse le seuil critique (valeur inacceptable), sans aucun des sous-indices dépassant le niveau critique, l'éclipse est causé quand l'indice ne dépasse pas le niveau critique (valeur inacceptable) malgré un ou plusieurs sous-indices dépassant les niveaux.

b-compensation :

Une méthode modèle d'agrégation avec une bonne compensation est celle qui n'est pas dérivée vers l'extrêmes (c'est-à-dire sous-indice le plus élevé ou le plus bas). Mais cet attribut vient quand il est libre l'ambiguïté et les modèles sans éclipses sont souhaitées .En général, les méthodes d'agrégation sont considérées comme ayant une bonne compensation.

c .Rigidité :

La rigidité se manifeste quand la nécessité se pose pour d'autres variables dans un indice pour traiter la qualité de l'eau spécifique, mais le modèle d'agrégation. Pour ce faire certains changements peuvent être nécessaires dans le nombre de variables de qualité de l'eau. La rigidité est en relation avec le nombre (N) de sous-indices. Lorsque de nouveaux sous-indices sont ajoutés dans son modèle d'agrégation, on peut réduire artificiellement la valeur de l'indice indépendamment de l'amplitude de sous-indice. La plupart des méthodes d'agrégation n'ont pas toute disposition d'ajouter un paramètre supplémentaire dans son ensemble des constituants de la qualité de l'eau.

Si ces méthodes sont utilisées pour l'agrégation, alors la valeur de l'indice global diminue à mesure que le nombre de sous-indices augmente dépendamment de leur ordre de grandeur. Cette diminution de la valeur de l'indice global augmente, l'ambiguïté des indices qui sont déjà souffrant de ce problème et réintroduisent la question de l'ambiguïté des indices qui étaient libres à partir de ce problème [8].

Cadre méthodologique

Chapitre II : Cadre méthodologique :

II.1. Indice de la qualité des eaux souterraines (DWQI) :

Trois étapes sont suivies pour calculer l'indice de la qualité des eaux souterraines « DWQI ». Dans la première étape chacun des paramètres a été attribué par un poids (w_i) en fonction de son rapport d'importance dans la qualité globale de l'eau destinée en AEP. Un poids maximum de 5 a été attribué au paramètre nitrate en raison de son importance dans l'évaluation de la qualité de l'eau. Dans la deuxième étape, le poids relatif est calculé à partir de l'équation suivante :

$$W_i = w_i / \sum_{i=1}^n w_i$$

où W_i est le poids relatif, w_i est le poids de chaque paramètre et n est le nombre de paramètres. Les valeurs calculées de W_i sont données dans le tableau II.1.

Dans la troisième étape, une échelle de notation (cote) de la qualité (q_i) pour chaque paramètre est assignée en divisant sa concentration par sa concentration standard respective fixée selon les lignes directrices énoncées dans la norme Algérienne décret exécutif n° 11- 125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine (voir l'annexe). Et le résultat est multiplié par 100.

$$q_i = (C_i/S_i) * 100$$

où C_i est la concentration de chaque paramètre chimique dans l'échantillon d'eau en mg/L, et S_i est la norme de l'eau potable Algérienne pour chaque paramètre chimique en mg/L selon les lignes directrices de la norme algérienne fixée dans le décret.

Pour le calcul de l'DWQI, le SI_i est le premier déterminé pour chaque paramètre. La somme des valeurs SI_i donne l'indice de qualité de l'eau pour chaque échantillon.

$$SI_i = W_i * q_i$$

$$WQI = \sum SI_i$$

SI_i est le sous-indice du paramètre i ème

q_i est la notation basée sur la concentration du paramètre i ème

n le nombre de paramètres.

No.	Paramètre	Poids (Wi)	Norme de potabilité (Si)	Ci	Poids relatif (Wi)
1	pH	4	8,00	7,70	0,111
2	Calcium	2	75,00	43	0,056
3	Magnesium	1	50,00	61	0,028
4	Chloride	3	250,00	89	0,083
5	Total dissolved solid	5	500,00	600	0,139
6	Nitrate	5	50,00	9	0,139
7	conductivité	4	1500,00	650	0,111
8	Bicarbonate	3	120,00	256	0,083
9	Potassium	2	12,00	4	0,056
10	Phosphore	1	5,00	0,0799	0,028
11	Sodium	2	200,00	41	0,056
12	Sulfate	4	250,00	76	0,111
SUM		36			1

Tableau II.1 : les poids relatifs des paramètres physico-chimiques

L'indice de qualité de l'eau souterraine a été classé dans le tableau suivant :

WQI	Qualité de l'eau
<50	Excellente
50-100	Bonne
100-200	Mauvaise
200-300	Très mauvaise
>300	inapproprié

Tableau II.2 : Classification de la qualité des eaux souterraines selon DWQI [9].

II.2. Indice de la qualité de l'eau en vue d'irrigation

Dans notre cas un système de classification pour évaluer l'aptitude de l'eau à usage d'irrigation a été déterminé à travers six indices qui sont : le rapport d'adsorption du sodium (SAR), le pourcentage en sodium (% Na), l'alcalinité résiduelle des eaux (RSC), l'indice de perméabilité (IP), le pourcentage en magnésium (% Mg), indice ratio de corrosivité CRI, ratio ou coefficient de Kelly (RK).

II.2.1. LE RAPPORT D'ADSORPTION DU SODIUM (SAR)

Le rapport d'adsorption du sodium (SAR) est un paramètre important pour déterminer l'aptitude des eaux souterraines à des fins d'irrigation car il mesure le danger de l'alcali-sodium pour les cultures. Le sodium pénètre dans l'aquifère par la pluie et par la dissolution des roches. En raison de ses effets sur les sols et les plantes, il est considéré parmi les principaux facteurs régissant l'eau d'irrigation [10]. Ce rapport est déterminé en utilisant la formule suivante:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Où les concentrations de tous les ions sont indiquées en milliéquivalent par litre.

Le SAR donne des indications sur le risque d'alcalisation du milieu. Les risques sont faibles si $SAR < 10$, moyen si SAR est compris entre 10 et 18, élevés si $SAR > 18$ et très élevés si $SAR > 26$.

II.2.2. POURCENTAGE DE SODIUM (%NA) « Soluble sodium percentage (SSP) »

Le Na^+ est un cation important qui se détériore au-delà de la structure du sol et réduit le rendement des cultures.

Lorsque la concentration de Na^+ est élevée dans l'eau d'irrigation, Na^+ tend à être absorbé par les particules d'argile et sera remplacé par les ions de Mg^{2+} et Ca^{2+} . Ce processus d'échange de Na^+ dans de l'eau par Ca^{2+} et Mg^{2+} dans le sol réduit la perméabilité. C'est pour cela que le pourcentage en Sodium est considéré comme un indice important pour l'évaluation de l'eau destinée à l'irrigation. Le %Na est calculé selon la formule ci-dessous [10]:

$$SP = \left(\frac{Na * 100}{Ca + Mg + Na} \right)$$

Où les concentrations de tous les ions sont indiquées en milliéquivalent par litre.

II.2.3. ALCALINITE RESIDUELLE DES EAUX (RSC)

En plus de la SAR et %Na, l'excès de la somme de carbonate et de bicarbonate dans l'eau souterraine au profit de la somme de calcium et le magnésium influe également sur l'inadaptation des eaux souterraines pour l'irrigation. Cela s'appelle l'Alcalinité résiduelle des eaux (RSC). Le RSC est calculé en utilisant la formule donnée ci-dessous [10]:

$$RSC = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$$

Où les concentrations sont indiquées en milliéquivalent par litre.

II.2.4. INDICE DE PERMEABILITE (IP)

La perméabilité du sol est affectée par l'utilisation à long terme de l'eau d'irrigation et est influencée par le contenu de sodium, de calcium, de magnésium et de bicarbonate dans le sol. L'indice de perméabilité est déterminé par l'équation suivante [10] :

$$IP = \frac{Na + \sqrt{HCO_3}}{Ca + Mg + Na} * 100$$

Où les concentrations sont indiquées en milliéquivalent par litre.

II.2.5. POURCENTAGE DE MAGNESIUM (%MG)

Le pourcentage de magnésium ou danger de magnésium exprime la mesure de l'effet du magnésium dans l'eau d'irrigation. L'excès de magnésium affecte la qualité des sols qui peut se traduire en faible rendement des cultures. Le %Mg est calculé comme suit [10]:

$$\%Mg = \frac{Mg^{2+} * 100}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$$

Où toutes les concentrations sont indiquées milliéquivalent par litre.

II.2.6. Indice ratio de corrosivité CRI

L'ampleur de la corrosivité de l'eau peut être évaluée à l'aide d'un périmètre connu comme indice rapport Corrosivité (CRI), qui peut être déterminé en utilisant la formule suivante [11]:

$$CR = \frac{\frac{Cl}{25.5 + 2SO_4}}{2 \left(CO_3 + \frac{HCO_3}{100} \right)}$$

II.2.7. Ratio ou coefficient de Kelly (RK)

Le coefficient de Kelly est donné par l'expression suivante [11]:

$$KR = \frac{Na^{2+}}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$$

Na⁺ , Ca²⁺, Mg²⁺ sont exprimées en méq/L . La qualité de l'eau est bonne pour l'irrigation, lorsque le ratio de Kelly est inférieur à 1.

Chapitre III : Présentation de la région d'étude

Chapitre III : Présentation de la région d'étude

III.1. Introduction :

Afin de mise en application de tous les indices qui sont cités dans le chapitre précédent, et vue de la disponibilité des données sur quelques nappes dans la région d'étude, dans ce chapitre on va faire une présentation de la région d'étude et de faire un aperçus sur les stations de la surveillance de la qualité des eaux de différentes nappes étudiées.

III.2. Présentation de la zone d'étude :

Les nappes sur lesquels a porté l'étude de l'évaluation de la qualité de l'eau sont situés au nord-ouest de l'Algérie. Ils appartiennent à différents bassins versants hydrologiques (Bassin de la Tafna, bassin du Côtiers Oranais, Bassin de la Macta et bassin du Chott chergui (Fig.1). La région d'étude est limitée au Nord par la Mer Méditerranée, au Sud par le Sahara, à l'Est par la région Chélif et à l'Ouest par le Maroc.

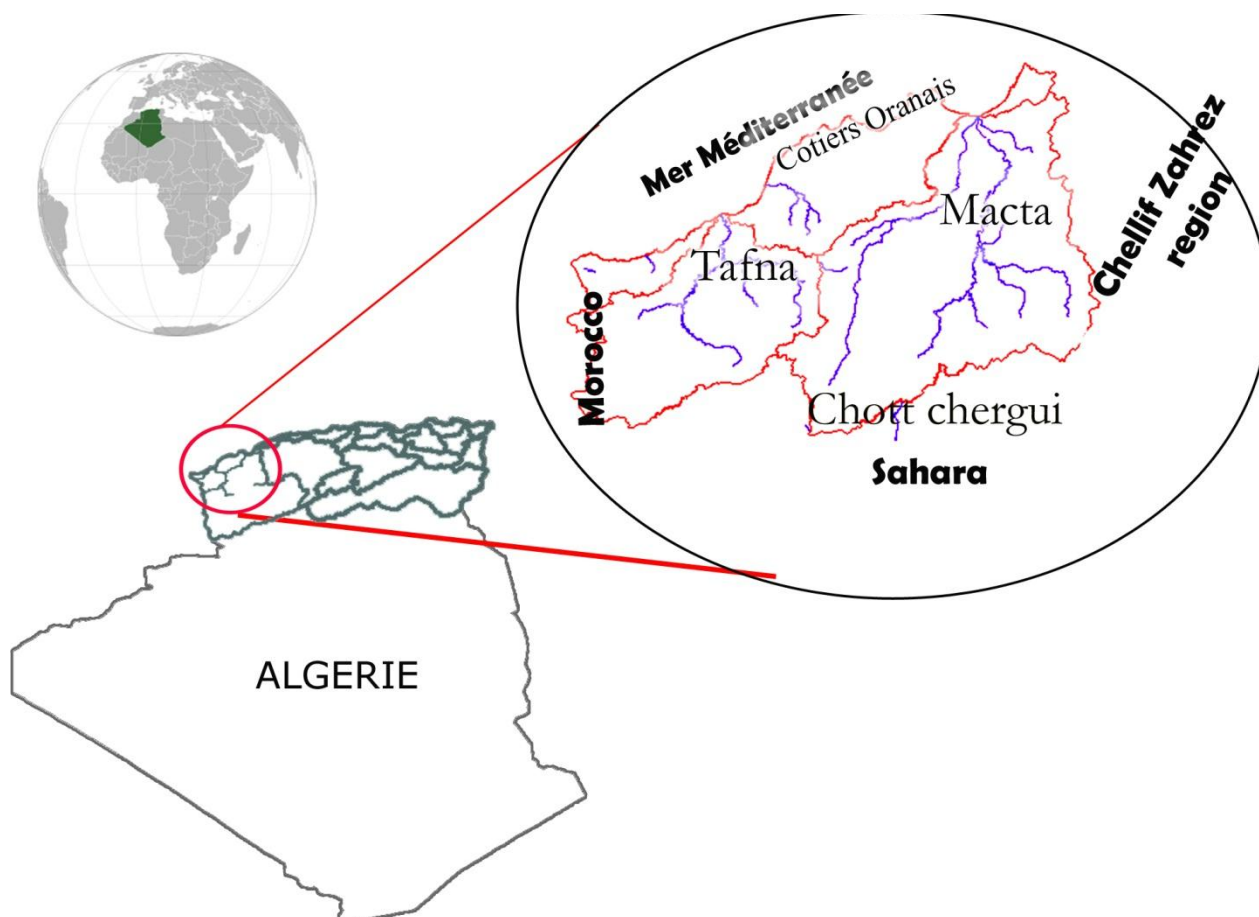


Figure III.1. Localisation géographique des bassins étudiés.

III.2.1. Climatologie

La région hydrographique OCC est caractérisée par un climat semi-aride à deux saisons prédominantes, une saison fraîche et humide s'étend du mois d'Octobre au mois de Mai, l'autre saison, sèche plus chaude s'étend du mois de Juin à Septembre [12].

III.2.2. Température :

Avec la pluviométrie, la température de l'air est une caractéristique importante du climat. Les températures moyennes de la région subissent des variations régionales et saisonnières. L'influence de la Mer Méditerranée, qui tend à adoucir les températures, est assez marquée sur les zones littorales. De même le contraste saisonnier est bien marqué entre l'hiver et l'été, les minima thermiques sont généralement atteints en Janvier, les maxima en Juillet / Août [12].

III.2.3. Pluviométrie :

La pluviométrie est très variable à travers le territoire; elle a imprimé les grands traits de la répartition régionale des ressources en eaux.

Les précipitations varient du Nord au Sud. On note également des écarts notables entre les régions Est et Ouest.

Les précipitations annuelles dans la région est :

- **Bassin de Tafna** : La pluviométrie moyenne annuelle pour l'ensemble du bassin est de 450 mm/an.
- **Bassin de Macta** : La pluviométrie moyenne annuelle pour l'ensemble du bassin de la Macta est entre 400 à 550 mm/an.
- **Bassin de Chott Chergui** : une moyenne annuelle des précipitations n'excédant pas 250 mm avec une baisse très nette, ces dernières décennies, pour atteindre actuellement une hauteur inférieure à 100 mm/an [12].

III.2.4. Géologie

La région appartient à l'unité tectonique maghrébine. Cette unité comporte un ensemble de zones mobiles toujours actives et caractérisées par une tectonique souple.

On trouve successivement du nord au sud :

- une chaîne alpine (Tell Occidentale),
- une zone tabulaire (Haute plaine oranaise),
- une chaîne tertiaire (Atlas saharien) limitée au sud par l'accident atlasique qui la sépare du bouclier saharien.

La structure géologique de la région est liée aux mouvements de l'orogénèse alpine qui ont contribué dès l'éocène, lors des phases de plissement successives, à configurer et individualiser des domaines géologiquement homogènes [12].

Le territoire de la région hydrographique couvre plusieurs domaines distincts sur deux zones tectoniques:

1. **Le Tell occidental**, constitué globalement par un empilement de nappes de charriage, dont les plus méridionales surmontent les sédiments des Hautes plaines à structures tabulaires. Ces nappes se répartissent en deux catégories, les plaines telliennes à matériel marno- calcaire du Crétacé inférieur et les nappes de flysch constituées par des formations argilo gréseuses d'âge Crétacé à Miocène.
2. **Les Hautes plaines oranaises**, sont formées principalement par les affleurements des monts de Tlemcen à l'Ouest et les monts de Saida à l'Est. elles sont constituées pour l'essentiel de formations secondaires transgressives sur un socle primaire avec des sédiments carbonatés rigides, qui leur confèrent une nature très karstique (calcaire et dolomie).

De manière générale, la géologie de la région se caractérise par une grande variabilité lithologique et structurale. Elle est dominée par des formations quaternaires, généralement alluvionnaires, des différentes plaines, alors que les massifs montagneux sont caractérisés par une lithologie qui diffère d'une région à une autre.

Au point de vue structural, la zone occidentale de la région est marquée par une succession de horsts et de grabens orientés globalement ENE-WSW, depuis les monts de Tlemcen jusqu'au massif des Traras. Les compartiments sont limités par de grandes failles normales dont le rejet vertical peut dépasser 500 m. Cette tectonique qui a compartimenté les formations calcaires a eu pour effet d'isoler, plus ou moins, les aquifères karstiques les uns des autres.

III.3. Présentation des données

Les données analytiques et les prélèvements sur terrain ont été assurés par la structure régionale de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) et l'Agence du Bassin Hydrographique (A.B.H) de la région Oranie Chott-Chergui. Les données ont été effectuées aux laboratoires d'analyses chimiques des eaux de l'ANRH.

Les données physicochimiques des eaux souterraines des nappes étudiées obtenues sont présentées dans les tableaux qui vont suivre. La mesure de tous les paramètres est en mg/l, sauf, le pH, volume (Hm³).

Code station	Nom St		Ca	Cl	CO3	Cond	HCO3	K	MES105	Mg	MOAcide	Na	NH4	NO2	NO3	Ph	PO4	Rs105	SiO2	SO4	T	Turb
F00200039	AT1 S. Djelloul	23/01/2001	180	359	0	1870	428	4	33	34	1,80	191	0,04	0	20	7,00	0,25	1320	22,60	168	26	30,00
F00200039	AT1 S. Djelloul	10/04/2004	184	332	0	1760	439	6	4	6	1,30	223	0,02	0	18	7,00	0	1460	25,00	163	29	1,00
F00200039	AT1 S. Djelloul	28/08/2004	137	355	0	1880	348	4	4	46	4,70	209	0,03	0,02	17	7,80	0,01	1300	21,50	204	27	1,00
F00200039	AT1 S. Djelloul	27/12/2004	194	383	0	1750	478	5	10	27	0,90	214	0	0	14	7,70	0	1540	16,40	200	26	6,00
F00200039	AT1 S. Djelloul	22/02/2005	188	447	0	1970	600	19	6	99	2,00	219	0,01	0	15	7,60	0,09	1400	12,40	306	28	9,00
F00200039	AT1 S. Djelloul	23/05/2005	123	234	0	2190	483	5	10	35	4,40	212	0,05	0,01	26	7,10	0,1	1560	19,60	220	30	5,00
F00200039	AT1 S. Djelloul	28/08/2005	101	489	0	2260	229	7	10	162	5,20	223	0,06	0,04	12	7,30	0	1860	32,00	400	29	5,00
F00200039	AT1 S. Djelloul	27/11/2005	201	403	0	1800	390	5	14	24	3,50	242	0,05	0,03	12	7,10	0	1300	32,00	217	28	6,00
F00300743	Ain El Turk Levy	30/01/2001	139	572	0	2330	295	8	3	76	3,30	290	0,03	0,01	60	7,60	0,28	1780	21,00	192	22	4,90
F00300743	Ain El Turk Levy	05/04/2004	43	89	0	650	256	4	3	61	2,80	41	0,06	0	9	7,70	0,08	600	8,00	76	20,3	1,00
F00300743	Ain El Turk Levy	22/08/2004	140	616	0	2450	276	8	6	60	7,00	299	0,04	0,02	68	7,70	0	1880	29,70	202	22	2,00
F00300743	Ain El Turk Levy	26/02/2005	142	616	0	2460	269	10	14	67	3,40	331	0,07	0,02	71	7,30	0,02	1860	24,80	200	20	9,00
F00300743	Ain El Turk Levy	21/05/2005	93	504	0	2770	313	10	22	55	5,10	370	0,02	0	66	7,10	0,04	1680	20,80	264	21	16,00
F00300743	Ain El Turk Levy	29/08/2005	87	600	0	2460	146	9	10	79	6,10	294	0,08	0,08	65	7,60	2,81	1880	29,00	202	24	5,00
F00300743	Ain El Turk Levy	22/11/2005	107	442	0	1950	237	8	46	59	5,60	311	0,03	0,05	90	7,90	0,09	1520	28,00	216	21	24,00
F00300743	Ain El Turk Levy	24/12/2006	128	505	0	1930	266	6	6	71	3,00	306	0,05	0,01	47	7,10	0,04	1460	22,40	232	20	1,00

Tableau III.1: les paramètres physico-chimique de quelques stations de la région d'étude : cas de la station AT1S. Djelloul et Ain El Turk. [13]

III.4. Echantillonnage et analyse :

Un total de 04 bassins versants (Tafna, Macta, Côtiers Oranais, Chott chergui) ; 13 nappes 46 forages et puits (2001 jusqu'au 2006). Le réseau d'échantillonnage a été bien choisi ce qui permet d'acquérir des données représentatives sur la variabilité spatiale de la qualité des eaux souterraines de l'aquifère étudiée.

	Nappes	SampleID	StationID	X	Y	Z	
Côtiers Oranais	Plaine côtière Oranaise	F00300743	Ain Turk	185350	277350	48	
		F00302668	E A C N7	183650	279800	36	
	Ouled Taoui – Ouled Boudjemaâ (06)	F00304207	STATION DE BREDEAH	178850	258900	88	
		F00304388	E N S E P Mostafa	198200	268690	100	
	Plaine de la M'léta (07)	F00304209	SIDI MAAROUF	206000	270600	110	
		F00303984	O.T 3	207500	257300	100	
		F00304001	PM1				
		F00303967	PM2				
	Flanc Sud du Murdjadjo (09)	F00304208	PM3				
	Plaine de Ain témouchent	F00300981	FSM				
	Macta	Plaine de Melghir	F00200039	A T I S.Djelloul	137000	234700	28
			F00404946	MCID F 37 (BLED HAMARNA)	233700	210000	440
		Plaine de Saida	G00300378	OUED SEFIOUN	219500	199500	500
F00301366			Giroud leon	287800	204325	690	
G00400474			AIN EL ZERGA	275050	175500	1020	
F00400542			Ain Soltane	288900	196650	120	
G00400275			PS1				
G00400296			PS2				
G00400473			PS3				
G00400475			PS4				
Plaine de Ghris		F00405233	PGH1				
		F00405234	MATMORE (E10)	273280	227430	476	
		F00405236	ROQUES EAC 1	259150	223300	454	
		F00405237	PGH2				
		F00405238	PGH3				
Haute et Moyenne Mekera		F00404754	DOUAR OULED MOHAMED	282800	238200	525	
		G00300440	TELAGH	201300	167500	965	
		G00300341	TENIRA	204250	194000	630	
		Plaine de Sidi Bel Abbas	F00303939	SIDI LAHCENE	192925	213600	485
F00304053			Caid Belarbi	213900	211100	545	
G00300439	TEGHALIMET		201650	178600	772		
Tafna	Plaine de Maghnia	G00200947	Sehb El Aoud	93200	173300	475	
		G00200942	E A C EX DJABER	97100	181100	355	
		G00200943	BRAZI A E K (Bled El Assaba)	86450	180550	433	
		G00200945	STATION S N T F	88299	175250	440	
	Monts de Tlemcen	G00200065	Ain Bendou	136650	186850	450	
		G00200941	SABRA	179050	111500	530	
		G00200488	AIN TAGA	132649	162800	1090	
		G00200759	SafSaf	137375	186675	585	
		G00200842	AIN EL HOUT (Tlemcen)	132650	189200	565	
		G00300211	AIN TELLOUT	165975	187350	720	
		G00300204	Ain Isser	159399	175750	811	
		G00300491	Derman (HASSI DERMAN)	137500	159800	1015	
	Chott chergui	Chott chergui	G00300521	CCH1			
G00300523			SKHOUNA	322600	137000	100	
G00300533			CCH2				

Tableau III.2: Caractéristiques des stations de surveillance de la qualité des eaux souterraines étudiées [13], [14].

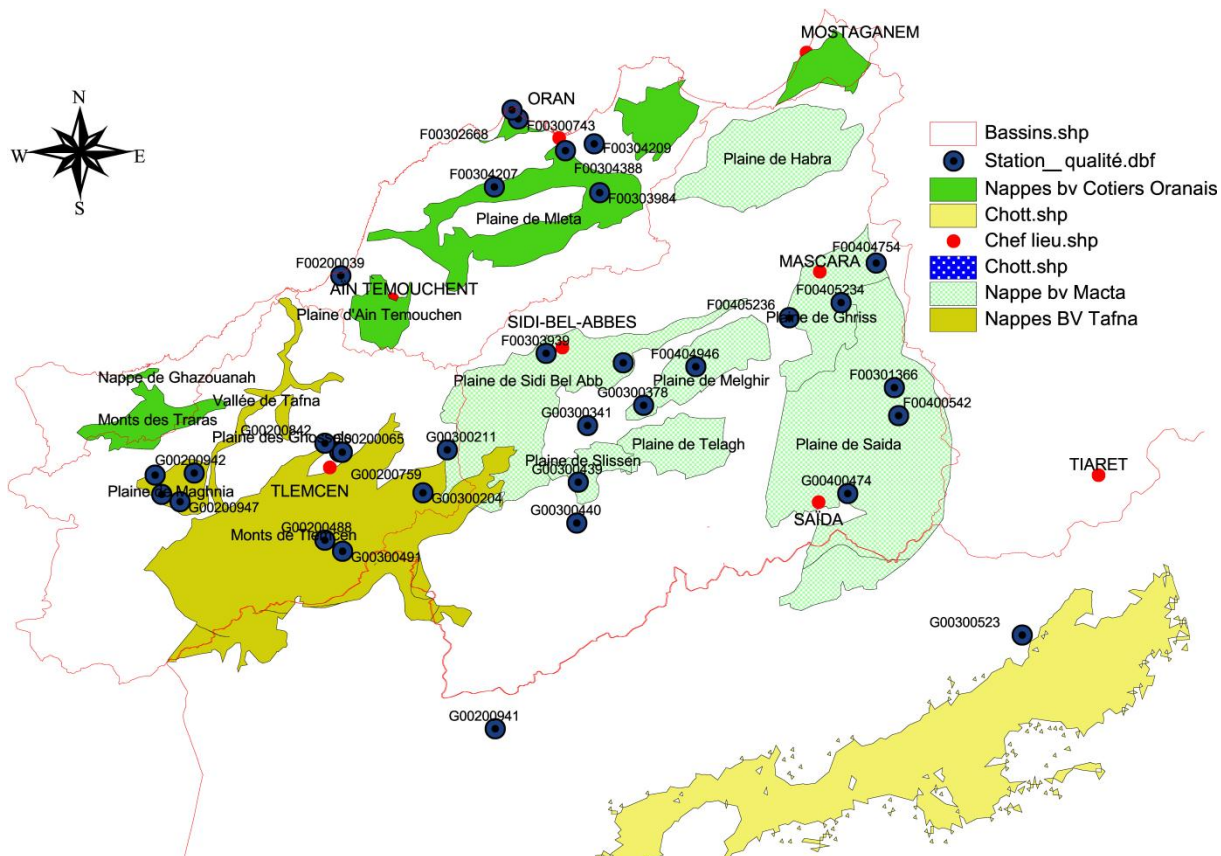


Figure III.2: localisation des stations de la surveillance de la qualité des eaux souterraines utilisées

Ces paramètres physico-chimiques réalisés par ANRH comme suivant :

- Les paramètres physiques sont : Température, pH, CE.
- les paramètres chimiques sont : Ca^{+2} , Cl^- , CO_3 , conductivité, HCO_3^- , K, MES, Mg, MO acide, Na^+ , NH_4 , NO_2 , NO_3 , pH, PO_4 , RS, SiO_2 , SO_4 , T, turb.

La précision analytique de la mesure des ions est déterminée en calculant l'erreur absolue en équilibre ionique par la formule suivante :

$$E(\%) = [(\sum \text{cations} - \sum \text{anions}) / (\sum \text{cations} + \sum \text{anions})] * 100$$

Le tableau suivant (cf. Tableau III.3) présente les différentes stations ont été exclues à cause de leur valeur de la balance ionique qui dépasse 5%.

Nappe	Echantillon	Date de prélèvement	Balance ionique
Plaine de Saida	F00400542	19/02/2006	+ 6%
Plaine de Maghnia	G00200947	20/03/2006	+13%
Plaine de Ghris	F00405236	19/07/2005	+15 %
Plaine de Monts de Tlemcen	G00200065	20/09/2005	+12 %
Plaine de Monts de Tlemcen	G00200065	17/06/2006	-37 %
Flanc Sud du Murdjadjo	F00300981	26/02/2005	-17%
Plaine de la M'léta	F00304001	10/04/2004	+57 %
Plaine de M'léta	F00304208	18/09/2006	-13%

Tableau III.3 : les balances ioniques pour les stations qui dépassent 5 %

III.5. Aperçus sur les différentes nappes étudiés

III.5.1. Les aquifères du bassin versant de la Tafna :

III.5.1.1. Les monts de Tlemcen

Situation géographique

Les Monts de Tlemcen sont situés à l'ouest de l'Algérie, à environ 150 km au sud-ouest de la ville d'Oran. Ils sont limités [15] :

- Au nord, par les Monts de Traras
- A l'ouest par la frontière Algéro-marocaine
- Au sud par la plaine de Sebdou
- A l'est par la vallée de la Tafna

Structure de l'aquifère

L'aquifère principal des Monts de Tlemcen est constitué par les calcaires et dolomies du Jurassique supérieur (Lias-Dogger), dont l'épaisseur peut varier de 40 m à 400 m. B. Colignon a distingué trois grands types d'aquifères :

- Les aquifères "perchés" limités par les terrains imperméables, comme dans le synclinal de Merchiche, ou le bassin du Mefrouch,
- Les aquifères à plongement nord sous les terrains Miocène,
- Les aquifères à plongement sud, sous les conglomérats des Hauts Plateaux.

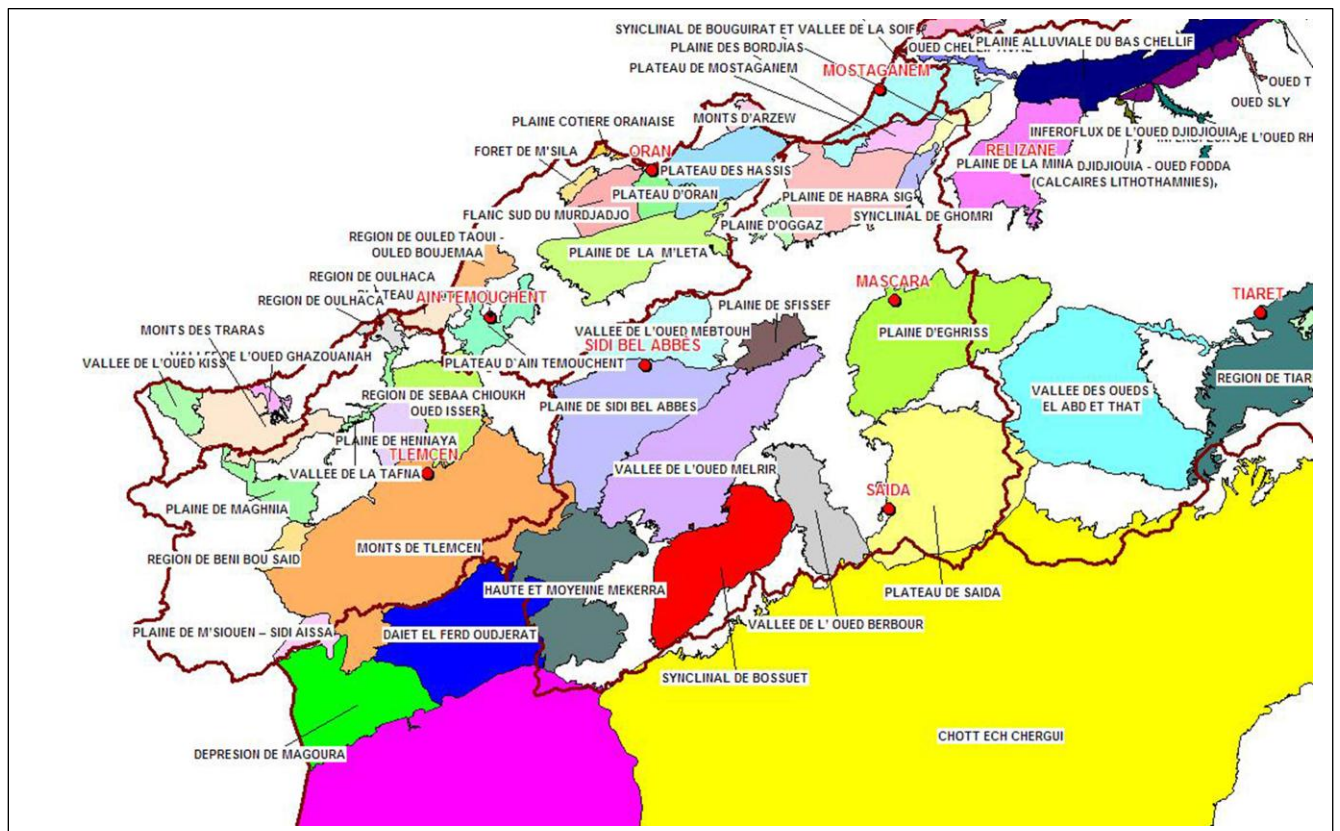


Figure III.3: Extrait de la carte de localisation et dénomination des aquifères en Algérie

III.5.1.2. LA PLAINE DE MAGHNIA

1. Situation géographique

La plaine de Maghnia est une cuvette allongée suivant une direction ENE-WSW, qui a été comblée par les dépôts provenant de l'érosion des montagnes environnantes. Située au nord-ouest de la ville de Tlemcen, elle couvre une superficie de 350 km². La plaine est limitée au nord par les monts de Traras, à l'ouest par la frontière Algéro-marocaine, au sud par les Monts de Tlemcen, et à l'est par la vallée de la Tafna.

Hydrogéologie

Le réservoir est constitué par des lentilles d'éléments grossiers (galets et graviers), comprises dans les alluvions du Plio-Quaternaire, et reposant sur le Pliocène inférieur marneux.

En plus d'une alimentation par les pluies (entre 3 Hm³/an et 6 Hm³/an, selon les estimations), la nappe de Maghnia est alimentée latéralement par la nappe des Angad (Maroc). L'alimentation par les calcaires du Jurassique semble effective, surtout au sud, par un système de "trop plein". Y Bonnet considère que « *le réservoir Jurassique participe à l'alimentation de la nappe du Plio-Quaternaire par les débordements en amont, et par le moyen de faille* ». La zone nord est sans communication avec les calcaires du Jurassique [15].

Il est constitué par les sources qui émergent au niveau des oueds Ouederfou et Mouilah, ainsi que par d'anciens chenaux enterrés. Les différentes cartes piézométriques réalisées depuis 1970 montrent que l'écoulement de la nappe s'effectue du sud-ouest vers le nord-est.

Les paramètres hydrodynamiques de la nappe de Maghnia varient dans de larges proportions, selon que l'on se situe au centre de la plaine ou en bordure. La transmissivité est comprise entre 5 10⁻⁵ m²/s et 1.10⁻¹ m²/s.

Les valeurs du coefficient d'emmagasinement augmentent vers l'intérieur du bassin, et sont comprises entre 0.4% et 4.5%.

La recharge de la nappe de Maghnia par les pluies, calculée par le modèle mathématique, est de l'ordre de 3.4 Hm³/an. La carte des ressources en eau avance le chiffre de 5.7 Hm³/an en année moyenne, et 1.2 Hm³/an en année sèche. A cette recharge par les pluies, il faut ajouter les apports provenant de la nappe des Angad (Maroc), estimés à 15.07 Hm³/an. La recharge à partir des calcaires jurassiques n'est pas quantifiée. Nous retiendrons comme ressources exploitables pour la nappe de Maghnia, les résultats du modèle mathématique, qui donne une valeur de l'ordre de 18.4 Hm³/an.

III.5.2. Les aquifères du bassin versant « Côtiers Oranais »

III.5.2.1. La plaine côtière oranaise (plaine d'Ain Turk)

Situation géographique

La plaine côtière oranaise est située à environ 10 km à l'ouest de la ville d'Oran. Elle est limitée au nord par la mer, à l'ouest par les Andalouses et le djebel Lindlès, au sud par le djebel Murdjadjo et Bou Sfer, et à l'est par le Djebel Santon. Sa superficie est de 21.8 km² [15].

Hydrogéologie

L'hydrogéologie de la région de Ain Turk est constituée par deux systèmes aquifères :

- la nappe aquifère des éboulis de pente,
- la nappe aquifère des sables, grès et lumachelles.

Les ressources sont faibles puisque l'Etude ANRH/Energoprojekt les a estimés à 0.27³ Hm /an, en année moyenne.

III.5.2.2. La plaine de Ain Témouchent

Situation géographique

Le plateau d'Ain Témouchent, situé à environ 80 km au sud-ouest de la ville d'Oran, est limité au nord par l'oued Mallah, à l'ouest par le plateau de Sidi Safi, au sud par le massif des Sebbaa Chioukh, à l'est par la Sebkhah d'El Mallah, et l'extrémité occidentale du Tessala. Sa superficie est de 244.6 km² [15].

Hydrogéologie

Les principaux aquifères de la région d'Ain Témouchent sont constitués par :

- Les calcaires fissurés et karstifiés du Miocène supérieur,
- Les laves volcaniques fissurées du Plio-Quaternaire (Région de la ville d'Ain Témouchent – Sidi Ben Adda). D'autres formations aquifères ont été identifiées, mais n'ont qu'une importance secondaire à cause de leurs faibles ressources.

III.5.2.3. La sebkhah d'Oran

Situation géographique

Située à 26 km au sud de la ville d'Oran, la Sebkhah d'Oran est une vaste dépression endoréique, allongée grossièrement NE-SW. Elle est limitée [15]:

- Au nord par le Djebel Murdjadjo, dont le versant sud est fortement entaillé par une série d'oueds,
- Au sud par les Monts du Tessala,
- A l'est par la plaine de la M'leta,
- A l'ouest par les villages d'El Amria, et Hassi El Ghella dans la plaine de Ain Témouchent.

Hydrogéologie

Les réservoirs d'eau souterraine liés à la Sebkhah d'Oran, sont constitués par la nappe karstique du Murdjadjo-Bredeah, et la nappe des grès Mio-pliocène de la M'leta.

III.5.2.4. La nappe karstique du Murdjadjo-Bredeah

La nappe des calcaires du Murdjadjo est en fait constituée d'une partie calcaire, et d'une partie alluviale. Le faciès calcaire s'étend sur une superficie de plus de 120 km², et son épaisseur est de l'ordre de 100m. Au nord de la Sebkhah, les calcaires sont en contact avec les alluvions quaternaires perméables, et reposent sur les schistes dans la partie nord du Murdjadjo, et sur les marnes du Miocène en bordure de la Sebkhah. Ils forment une nappe qui s'étend entre Boutlelis à l'Ouest et Ain Beida à l'Est [15].

L'alimentation de la nappe s'effectue par infiltration des eaux de pluies et de ruissellement sur les schistes du Jurassique et du Crétacé. L'infiltration est rapide, favorisée par l'existence d'une fissuration assez importante des calcaires.

Les calcaires du Murdjadjo sont drainés par une série de sources dont les plus importantes sont celles de Ras El Ain (70 à 80 l/s), de Messerguine (25 l/s), et de Brédeah (350 l/s).

La perméabilité des calcaires dépend du degré de karstification, elle est estimée à une valeur comprise entre 10^{-5} et 10^{-3} m/s. La transmissivité des calcaires est souvent difficile à déterminer, mais des essais sur forages ont donné des valeurs comprises entre 2.10^{-3} et $1.4.10^{-2}$ m²/s. Le coefficient d'emmagasinement n'a pas été déterminé.

Le calage en régime permanent, effectué dans le cadre de l'étude de la Sebkhah par SOGREAH, donne un débit d'entrée dans la nappe des calcaires de 600 l/s, soit 18.9 Hm³/an. B. Sourisseau a estimé l'alimentation de ces mêmes calcaires à 475 l/s (environ 15 Hm³/an), mais en tenant compte de la diminution de la pluie dans une proportion de l'ordre de 25%. La recharge actuelle ne serait plus que de 400 l/s.

III.5.2.5. La nappe de la M'leta (Mio-pliocène)

La nappe dite de la M'leta est constituée par les calcaires miocènes des Monts Tessala, qui plongent vers le nord et le nord-ouest sous la plaine de la M'leta, et par les grès du Pliocène inférieur qui affleurent sous forme d'une structure anticlinale à Oum El Gueraz. Les grès surmontent les calcaires et forment un aquifère unique [15].

La recharge se fait directement par les eaux météoriques sur toute la surface de l'impluvium. L'infiltration est favorisée par la grande perméabilité, qui caractérise les calcaires miocènes et les grès supérieurs.

Les eaux infiltrées ne sont drainées par aucune source. Elles contribuent probablement à la recharge des autres nappes, par drainance, ou par échange latéral.

Les transmissivités déterminées à partir des essais réalisés sur les forages de la M'leta, varient entre

$0.4 \cdot 10^{-3}$ et $1.5 \cdot 10^{-3}$ m²/s. Le coefficient d'emmagasinement est de l'ordre de 10^{-3} .

Le bilan calculé par modèle mathématique en régime permanent par SOGREAH, donne pour la nappe de la M'leta un débit d'entrée de 150 l/s soit 4.7 Hm³/an.

III.5.2.6. La nappe du Quaternaire

La nappe est constituée par les dépôts du Quaternaire, transgressifs sur le Miocène, et le Pliocène. Les plus anciens sont constitués de grès attribué au Calabrien. Le Villafranchien est représenté par une accumulation d'éboulis de pentes, de cônes de déjection, de dépôts alluviaux, et de rares dépôts éoliens. Dans la plaine de la M'leta, l'aquifère Quaternaire est constitué de deux niveaux : les alluvions récentes argilo-limoneuses, qui sont peu productives, et les limons caillouteux. Entre Oran et Es Senia, la nappe est constituée de grès calabriens, tandis qu'au nord de la Sebkhah, on retrouve encore les alluvions qui recouvrent partiellement les calcaires du Murdjadjo [15].

La recharge de la nappe du Quaternaire se fait par :

- Les eaux météoriques à travers l'impluvium,
- Les oueds,
- Latéralement par les affleurements calcaires.

Entre Oran et Es Senia la nappe est drainée par quelques sources situées au niveau du Ravin Blanc et des falaises d'Oran. Au nord de la Sebkhah, les formations du Quaternaire se déversent dans les formations sableuses rouges et les alluvions, situées à l'aval. Elles peuvent

également alimenter les calcaires lorsque ceux-ci sont fortement sollicités.

Les seules valeurs disponibles sont celles des grès du Calabrien, situés entre Oran et Es Senia. La transmissivité est de 2.10^{-3} m²/s, tandis que le coefficient d'emmagasinement est de 0,3.

B. Sourisseau avait estimé la recharge de la nappe alluviale à 90 l/s, pour une pluie moyenne de 410mm. Pour tenir compte d'une diminution de la pluviométrie, d'environ 25%, SOGREAH chiffre les apports à 75 l/s (environ 2.4 Hm³/an).

III.5.2.7. La région d'Ouled Taoui-Ouled Boudjemaa

La région d'Ouled Taoui-Ouled Boudjemaa est située dans la wilaya d'Ain Témouchent (bassin côtiers Oranais). Elle est limitée au nord et à l'ouest par la mer, au sud par les plateaux de Sidi Safi et d'Ain Temouchent, et à l'est par la plaine de la M'leta. Sa superficie est de 184.8 km².

Les ressources en eau de la région ont été estimées par l'ANRH et ENERGOPROJEKT (2009) à 2.6 Hm³ /an.

III.5.2.8. Le plateau d'Oran

Le plateau d'Oran est situé autour de la ville d'Oran ; il est limité au nord par la mer, à l'ouest par le Murdjadjo, au sud par la plaine de la M'leta, et à l'est par le plateau des Hassis. Sa superficie est de

153.9 Km² [15].

Il est constitué par des schistes d'âge jurassique et crétacé, surmontés par des formations du Miocène supérieur, du Pliocène, et du Quaternaire.

L'aquifère est constitué par les formations du Plio-quaternaire. L'écoulement se fait vers les dépressions, appelées Ravin (Ravin Blanc, Ravin Créssonnière, etc.) où l'on observe des suintements et des sources de faible débit.

Les ressources exploitables du Plateau d'Oran seraient de l'ordre de 1 Hm³ /an. (Estimation ANRH/ENERGOPROJEKT 2009).

Il y a plusieurs paramètres qui peuvent être indicateurs de la qualité des eaux d'une région ou d'un cours d'eau, tell les propriétés physique, chimique et biologique, d'où les pourcentages et les concentrations sont indicateur de bonne ou de mauvaise qualité des eaux. Bien sûr pour la détermination de la qualité d'une eau, une base des données englobant tous les paramètres physicochimiques biologiques a été nécessaire. Les données utilisées dans notre étude, sont recueillies dans le cadre du réseau d'observation de la qualité des eaux, mis en place par l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique (A.N.R.H) et l'Agence du Bassin Hydrographique (A.B.H) depuis 2001. Ce réseau a été renforcé tant au niveau du nombre de stations, que de la fréquence de prélèvement et des paramètres d'analyse.

III.5.3. Les aquifères du bassin versant de la MACTA

III.5.3.1. La nappe D'EGHRISS (Mascara)

Situation géographique

La nappe d'Eghriss appelée également nappe de Mascara, située à l'ouest de l'Algérie, est un bassin d'effondrement entouré par plusieurs reliefs, et notamment par :

- Les Monts des Beni Chougrane au nord et à l'ouest,
- Les Monts de Saida au sud,
- A l'est, le bassin de la Macta, limité par une barrière imperméable de marnes et d'argiles,

Hydrogéologie

La nappe dite de Mascara, ou nappe d'Eghriss, est en fait constituée par 4 niveaux aquifères plus ou moins en communication.

III.5.3.2. Les monts de SAIDA

Situation géographique

La ville de Saïda est située à environ 150 km au sud-est de la ville d'Oran, elle peut être repérée par les coordonnées :

$$X=266.000 \quad Y=170.000$$

Caractéristiques hydrodynamiques

Les caractéristiques hydrodynamiques principales, telles que la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement, varient selon que la nappe soit libre ou captive. Même dans la nappe captive on note des différences sensibles selon les zones, dépendant souvent de l'épaisseur des formations. Dans les zones où l'épaisseur est importante, le coefficient de perméabilité est compris entre $5 \cdot 10^{-4}$ m/s et 10^{-5} m/s, alors que là où l'épaisseur est faible, le coefficient de perméabilité varie de 10^{-5} m/s à 10^{-6} m/s. La transmissivité de la nappe captive dépend également de l'épaisseur des dépôts : Dans les zones à forte épaisseur de sédiments, la transmissivité est comprise entre $5 \cdot 10^{-2}$ m²/s et 10^{-3} m²/s. Dans les zones à faible épaisseur, elles sont comprises entre 10^{-4} m²/s et 10^{-3} m²/s. Dans la nappe libre, la transmissivité varie selon l'épaisseur mouillée, et la karstification. Généralement elle est de l'ordre de 10^{-4} m²/s, mais il existe des zones à transmissivité plus élevée (10^{-2} m²/s).

Le coefficient d'emmagasinement de la nappe captive est également variable. Il est de l'ordre de $5 \cdot 10^{-3}$ à la périphérie de la nappe, et de 10^{-4} à 10^{-5} dans la partie profonde. Dans la zone de la nappe captive, il est compris entre 10^{-5} et 10^{-6} .

III.5.3.3. La nappe de Sidi Bel Abbas

Situation géographique

La plaine de Sidi Bel Abbés est située à environ 80 km au sud d'Oran. Elle est limitée par les monts du Tessala au nord, les collines qui séparent les bassins versants des oueds Isser et Mekera à l'ouest, les monts de Tlemcen et Saida au sud, et la série marneuse de Bouhnifia, qui prolonge les Beni-Chougrane à l'Est [15].

Hydrogéologie

Les nappes aquifères associées à la plaine de Sidi Bel Abbés sont au nombre de quatre. Mais les terrains des nappes charriées situées au nord de la plaine, et les formations détritiques du Miocène et du Pliocène continental n'ont qu'une importance secondaire, à cause de leurs faibles potentialités, et de la mauvaise qualité de l'eau. Les nappes les plus importantes sont constituées par les calcaires jurassiques de Sidi Ali Ben Youb, et le remplissage Plio-quadernaire.

III.5.3.4. La vallée de l'Oued Melghir

Situation géographique

L'oued Melghir prend sa source dans la région de Tenira, puis traverse les monts de Beni Chougrane. A la confluence avec les oueds Hounet et Saïda, en amont de Bou Hnifia, il est relayé par l'oued El Hammam qui traverse la ville de Mohammedia. La vallée a une superficie de 1 431 km² [15].

Hydrogéologie

Les systèmes aquifères principaux de la région sont représentés par :

- Les alluvions et les conglomérats du Plio-Quaternaire,
 - Les calcaires de Remailia, d'un âge allant du Kimméridgien supérieur à l'Hauterivien.
- Ces deux formations constituent généralement une seule nappe aquifère. Le reste des formations joue le rôle d'imperméable à semi perméable et ne sont pas aquifères.

Dans la région, c'est surtout la nappe aquifère du Plio-Quaternaire qui est exploitée, par des puits ne dépassant pas les 7m de profondeur. Un essai de pompage a été effectué sur l'un de ces puits, localisé aux environs de Tenira, et a montré que la transmissivité est de l'ordre de $8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Le pompage a été effectué à un débit de 3.6 l/s. Concernant les ouvrages profonds, sept forages d'une profondeur comprise entre 100 et 200m exploitent la nappe ; ils sont localisés à l'amont de la vallée, aux environs de la localité de Tenira.

III.5.3.5. La Haute et Moyenne Mekerra

La haute et moyenne Mekerra est située au sud-ouest du bassin de la Macta. Elle est limitée au nord par la plaine de Sidi Bel Abbés et la vallée de l'Oued Melghir, à l'ouest par les monts de Tlemcen, au sud par le bassin du chott Chergui, et à l'est par le synclinal de Dhaya (Bossuet). Sa superficie est de 1 038 km² [15].

Les formations aquifères de la haute et moyenne Mekerra sont constituées par les calcaires et dolomies du Jurassique de la région de Sidi Ali Ben Youb, et par les formations du Mio-plio-quaternaire de la région de Tenira. Le crétacé est présent surtout dans la haute Mekerra, entre Ras El Ma et Slissen.

L'ANRH et ENERGOPROJEKT (2009) ont estimé les ressources en eau de la haute et moyenne Mekerra à 10.7 Hm³/an.

III.5.4. Les aquifères du bassin du Chott Chergui

III.5.4.1. La nappe du Chott Chergui

La nappe du Chott Chergui participe dans de larges proportions à l'alimentation en eau potable de la nappe de Saïda. Les eaux forages C1 et C5 fournissent un débit total de 500 l/s [15].

Situation géographique

Le plateau de Saïda est situé à environ 150 km au sud-est de la ville d'Oran. Il est limité au nord par la nappe d'Eghriss, à l'ouest par les Monts de Tlemcen, au sud par la dépression du Chott Chergui, et l'est par les Monts de Frenda. Sa superficie est 17 031.6 km².

Hydrogéologie du Chott Chergui

La nappe du Chott Chergui constitue la deuxième source d'alimentation en eau potable de la ville de Saïda

Le chott Chergui est un bassin de subsidence, dont les formations aquifères (surtout l'Aalénobathonien), épousent la structure. Les calcaires Sénonien sont concentrés surtout sur la bordure nord du bassin. L'Aaléno-bathonien, d'une épaisseur comprise entre 100 et 200m est constitué par une série dolomitique de base, surmontée par des alternances à dominance marneuses. Le Sénonien dolomitique est formé au nord-est par une barre relativement peu étendue. Il repose en discordance sur l'Aaléno-bathonien, et affleure sous forme de lambeaux au nord d'Ain Skhouna.

L'alimentation de l'Aaleno-bathonien et du Sénonien se fait par les affleurements situés :
Au nord-ouest (1000 km² environ) Au sud-ouest (350 km²) Au nord-est (400 km² d'affleurement Sénonien)

Le volume annuel d'eau infiltrée dans la couche inférieure serait compris entre 47 et 51 Hm³.

L'écoulement se fait vers le centre du bassin. Le chott joue le rôle de surface évaporatoire dans laquelle se déversent les sources dont celles Ain Skhouna et Ain Snouss.

Les valeurs de la transmissivité sont sensiblement les mêmes pour les formations de calcaire-dolomitique de l'Aaleno-bathonien et du Sénonien. Elles sont comprises entre $2 \cdot 10^{-2}$ et $4 \cdot 10^{-2}$ m/s. Il existe en fait sur l'ensemble du bassin une grande hétérogénéité faisant varier la transmissivité dans de larges proportions. Le coefficient d'emmagasinement de la nappe captive déterminé à partir de mesures d'essais de débit sont compris entre $0.2 \cdot 10^{-3}$ et $0.9 \cdot 10^{-3}$. Cette variation est liée à la variation d'épaisseur et de lithologie des formations en place.

Chapitre IV : Résultats et interprétations

Chapitre IV : Résultats et interprétations :

IV.1. Résultats de l'indice de la Qualité des eaux souterraines (DWQI) :

La classification de la qualité de l'eau basée sur les valeurs de l'indicateur de la qualité de l'eau est présentée dans les tableaux IV.1, IV.2, IV.3 et IV.4.

Pour les nappes du bassin de la Tafna et le Côtiers Oranais

D'après les résultats obtenus, nous constatons que les eaux souterraines de mauvaise et moyenne qualité caractérisent la majorité de la zone étudiée, la répartition de l'indice est caractérisée par bonne qualité pour les nappes Plaine de Maghnia et Monts de Tlemcen qui se localise dans le bassin de la Tafna. Les nappes du bassin versant du Côtiers Oranais (Plaine côtière Oranaise, Ouled Taoui – Ouled Boudjemaâ, Plaine de la M'léta, Flanc Sud du Murdjadjo et Plaine de Ain témouchent) présentent une mauvaise qualité généralement. Une très mauvaise qualité affecte quelques stations de Plaine de la M'léta. (cf. tableau IV.1, IV.2)

Pour les nappes du bassin de la Macta

Les eaux souterraines de mauvaise et moyenne qualité caractérisent la majorité des nappes étudiée dans ce bassin (cf. tableau IV.3)

Pour les nappes du bassin du Chott Chergui

La répartition de l'indice est caractérisée par mauvaise qualité pour la station de Ain Skhouna et le reste (cf. tableau IV.4)

BV	Nappes	SampleID	StationID	2001	2004	2005	2006	DWQI	Qualité
Côtiers Oranais	Plaine côtière Oranaise	F00300743	Ain Turk	168,45	121,38	166,60	148,11	151,13	Mauvaise
		F00302668	EAC N7	146,37	134,47	137,44	139,38	139,41	Mauvaise
	Ouled Taoui – Ouled Boudjemaâ (06)	F00304207	STATION DE BREDEAH	223,73	478,77	588,27	538,93	457,42	impropres à la consommation/irrigation
		F00304388	E N S E P Mostafa	211,88		213,84	211,44	212,38	très Mauvaise
	Plaine de la M'léta (07)	F00304209	SIDI MAAROUF	219,39	170,71	183,55	187,10	190,19	Mauvaise
		F00303984	O.T 3	178,25	182,93	180,25		180,48	Mauvaise
		F00304001	PM1	221,83	168,65			195,24	Mauvaise
		F00303967	PM2		202,50	216,93		209,72	Très mauvaise
	F00304208	PM3	272,25	270,49	280,91	263,21	271,71	Très Mauvaise	
	Flanc Sud du Murdjadjo (09)	F00300981	FSM	139,19	148,85	142,61		143,55	Mauvaise
	Plaine de Ain témouchent	F00200039	A T 1 S.Djelloul	137,47	140,13	153,91		143,84	Mauvaise

Tableau IV.1: Classification des eaux souterraines du bassin versant du Côtiers Oranais (2001-2006)

BV	Nappes	SampleID	StationID	2001	2004	2005	2006	DWQI	Qualité
Tafna	Plaine de Maghnia	G00200947	Sehb El Aoud	121,27	98,96	89,81	74,55	96,15	Bonne
		G00200942	E A C EX DJABER	132,51	126,54	105,14	113,17	119,34	Mauvaise
		G00200943	BRAZI A E K (Bled El Assaba)	159,81	153,88	152,14	155,44	155,32	Mauvaise
		G00200945	STATION S N T F		111,44	110,40	121,06	114,30	Mauvaise
	Monts de Tlemcen	G00200065	Ain Bendou	92,75		82,42	86,98	87,38	Bonne
		G00200941	SABRA		96,79	81,78	82,10	86,89	Bonne
		G00200488	AIN TAGA			67,83	69,95	68,89	Bonne
		G00200759	SafSaf	82,11	79,93	78,03	82,07	80,53	Bonne
		G00200842	AIN EL HOUT (Tlemcen)	112,85	101,65	101,93	109,05	106,37	Mauvaise
		G00300211	AIN TELLOUT			85,05	84,47	84,76	Bonne
		G00300204	Ain Isser			76,79	77,53	77,16	Bonne
		G00300491	Derman (HASSI DERMAN)			82,51	92,50	87,50	Bonne

Tableau IV.2: Classification des eaux souterraines du bassin versant de la Tafna (2001-2006)

BV	Nappes	SampleID	StationID	2001	2004	2005	2006	DWQI	Qualité	
Macta	Plaine de Melghir	F00404946	MCID F 37 (BLED HAMARNA)		155,92	145,76		150,84	Mauvaise	
		G00300378	OUED SEFIOUN			165,27	160,27	162,77	Mauvaise	
	Plaine de Saida	F00301366	Giroud leon		469,04				469,04	impropres à la consommation/irrigation
		G00400474	AIN EL ZERGA		82,62	78,59	76,80	82,39	80,10	Bonne
		F00400542	Ain Soltane		128,03	111,75	153,27	127,64	130,17	Mauvaise
		G00400275	PS1				91,07	96,31	93,69	Bonne
		G00400296	PS2		93,83	83,44	80,47	84,01	85,44	Bonne
		G00400473	PS3		74,99	72,37	70,11	67,79	71,32	Bonne
		G00400475	PS4				75,33	84,71	80,02	Bonne
	Plaine de Ghris	F00405233	PGH1		117,62				117,62	Mauvaise
		F00405234	MATMORE (E10)		110,62	82,93	86,10		93,22	Bonne
		F00405236	ROQUES EAC 1 (SIDI MOHAMED ELHABIB)			109,28	109,76	113,71	110,91	Mauvaise
		F00405237	PGH2		173,70	182,28	188,02	189,46	183,36	Mauvaise
		F00405238	PGH3		263,54	342,16	221,10	128,27	238,77	Très Mauvaise
		F00404754	DOUAR OULED MOHAMED		77,36	73,45	100,09	79,20	82,53	Bonne
	Haute et Moyenne Mekera	G00300440	TELAGH				92,18	86,28	89,23	Bonne
		G00300341	TENIRA				143,24	141,68	142,46	Mauvaise
	Plaine de Sidi Bel Abbes	F00303939	SIDI LAHCENE				182,12		182,12	Mauvaise
		F00304053	Caid Belarbi				97,10	93,29	95,20	Bonne
		G00300439	TEGHALIMET				140,22	134,23	137,22	Mauvaise

Tableau IV.3: Classification des eaux souterraines du bassin versant de la Macta (2001-2006)

BV	Nappes	SampleID	StationID	2001	2004	2005	2006	DWQI	Qualité
Chott chergui	Chott chergui	G00300521	CCH1			184,59	177,36	180,98	Mauvaise
		G00300523	SKHOUNA			91,39	81,47	86,43	Bonne
		G00300533	CCH2			173,50	182,66	178,08	Mauvaise

Tableau IV.4: Classification des eaux souterraines du bassin versant de Chott Chergui (2001-2006)

IV.2. Résultats de l'indice de la qualité de l'eau en vue d'irrigation

Le système de classification pour évaluer l'aptitude de l'eau à usage d'irrigation peut être déterminée à travers des paramètres indice de qualité tels que le rapport d'adsorption du sodium (SAR), le pourcentage en sodium (% Na), l'alcalinité résiduelle des eaux (RSC), l'indice de perméabilité (IP), le pourcentage en magnésium (% Mg), indice ratio de corrosivité CRI, ratio ou coefficient de Kelly (RK).

BV	Nappes	SampleID	StationID	SAR	SSP (% NA)	RSC	IP	CR	MAR (%Mg)	RK
Côtiers Oranais	Plaine côtière Oranaise	F00300743	Ain Turk	5,18	50,15	-6,68	60,12	3,96	50,9	1,09
		F00302668	EAC N7	4,8	51,75	-3,34	62,58	3,72	55,01	1,08
	Ouled Taoui – Ouled Boudjemaâ (06)	F00304207	STATION DE BREDEAH	15,26	64,37	-24,63	68,09	5,56	41,16	1,89
		F00304388	E N S E P Mostafa	7,96	59,49	-7,67	66,8	3,19	54,42	1,49
	Plaine de la M'léta (07)	F00304209	SIDI MAAROUF	5,58	50,67	-10,78	57,25	6,21	38,02	1,03
		F00303984	O.T 3	3,33	35,55	-10,72	45,15	1,38	46,94	0,55
		F00304001	PM1	5,82	48,36	-13,93	55,39	3,97	59,85	1,02
		F00303967	PM2	8,81	63,11	-6,28	70,39	4,87	62,1	1,71
		F00304208	PM3	10,32	63,59	-7,82	70,18	2,49	53,24	1,95
	Flanc Sud du Murdjadjo (09)	F00300981	FSM	4,57	50,29	-5,27	61,5	2,81	52,91	1,03
	Plaine de Ain témouchent	F00200039	A T 1 S.Djelloul	3,82	43,54	-5,64	55,73	1,81	31,31	0,78

Tableau IV.5 : Résultats des différents paramètres de qualité de l'eau pour l'usage agricole de quelques nappes, bassin versant « Côtiers oranais »

BV	Nappes	SampleID	StationID	SAR	SSP (% NA)	RSC	IP	CR	MAR (%Mg)	RK
Tafna	Plaine de Maghnia	G00200947	Sehb El Aoud	2,08	32,99	-5,41	47,99	2,52	63,28	0,5
		G00200942	E A C EX DJABER	2,38	34,74	-5,3	48,97	2,58	58,04	0,53
		G00200943	BRAZI A E K (Bled El Assaba)	2,79	32,93	-12,07	41,37	5,23	64,05	0,49
		G00200945	STATION S N T F	2,12	30,59	-6,65	43,78	2,63	64,33	0,44
	Monts de Tlemcen	G00200065	Ain Bendou	0,83	19,36	-1,06	50,39	0,33	46,94	0,25
		G00200941	SABRA	1	20,21	-2,4	43,74	0,56	65,31	0,24
		G00200488	AIN TAGA	0,63	15,15	-1,04	47,29	0,26	38,33	0,18
		G00200759	SafSaf	0,6	14,02	-1,39	43,11	0,3	56,95	0,15
		G00200842	AIN EL HOUT (Tlemcen)	0,9	18,27	-2,52	41,97	0,47	38,65	0,22
		G00300211	AIN TELLOUT	0,76	16,53	-1	44,54	0,32	45,96	0,19
		G00300204	Ain Isser	0,84	18,58	-1,28	46,21	0,38	41,57	0,22
		G00300491	Derman (HASSI DERMAN)	1,64	29,5	-1,28	52,93	0,73	51,93	0,42

Tableau IV.6 : Résultats des différents paramètres de qualité de l'eau pour l'usage agricole de quelques nappes, bassin versant « Tafna »

BV	Nappes	SampleID	StationID	SAR	SSP (% NA)	RSC	IP	CR	MAR (%Mg)	RK
Chott chergui	Chott chergui	G00300521	CCH1	1,64	29,5	-1,28	52,93	0,73	51,93	0,42
		G00300523	SKHOUNA	1,01	20,08	-3,08	42,38	0,63	57,12	0,24
		G00300533	CCH2	2,76	33,39	-8,37	44,97	2,41	17,88	0,5

Tableau IV.7 : Résultats des différents paramètres de qualité de l'eau pour l'usage agricole de quelques nappes, bassin versant « Chott Chergui »

BV	Nappes	SampleID	StationID	SAR	SSP (% NA)	RSC	IP	CR	MAR (%Mg)	RK
Macta	Plaine de Melghir	F00404946	MCID F 37 (BLED HAMARNA)	3,11	37	-7,01	48,91	1,8	73,6	0,58
		G00300378	OUED SEFIOUN	2,31	27,93	-11,09	38,5	2,18	59,39	0,38
	Plaine de Saida	F00301366	Giroud leon	9,7	52,26	-33,13	55,27	5,82	39,78	1,09
		G00400474	AIN EL ZERGA	0,58	13,06	-2,12	39,7	0,39	55,18	0,14
		F00400542	Ain Soltane	3,39	43,47	-4,19	57,84	2,32	27,46	0,79
		G00400275	PS1	0,84	16,75	-2,22	40,83	0,4	62,79	0,19
		G00400296	PS2	1,09	21,82	-2,11	45,74	0,48	60,45	0,27
		G00400473	PS3	0,51	12,69	-2,36	40,09	0,45	61,83	0,14
		G00400475	PS4	0,57	13,13	-1,67	41,05	0,28	61,48	0,14
	Plaine de Ghris	F00405233	PGH1	2,17	32,15	-4,01	48,6	1,53	52,22	0,47
		F00405234	MATMORE (E10)	1,28	23,66	-1,68	47,97	0,54	53,7	0,31
		F00405236	ROQUES EAC 1 (SIDI MOHAMED ELHABIB)	1,74	26,89	-5,13	42,86	1,61	61,87	0,36
		F00405237	PGH2	6,09	54,13	-8,75	61,47	4,62	44,09	1,22
		F00405238	PGH3	5,76	48,97	-14,72	55,82	5,71	63,3	0,99
	Haute et Moyenne Mekera	F00404754	DOUAR OULED MOHAMED	1,79	31,84	-3,07	51,4	0,89	38,07	0,46
		G00300440	TELAGH	1,15	21,92	-3,12	43,24	0,48	58,6	0,27
	Plaine de Sidi Bel Abbes	G00300341	TENIRA	1,88	26,16	-9,12	37,94	2,11	49,78	0,35
		F00303939	SIDI LAHCENE	3,39	37,9	-10,22	47,29	2,52	34,25	0,61
		F00304053	Caid Belarbi	4,1	41,12	-8,79	54,22	2,6	59,07	0,77
			G00300439	TEGHALIMET	1,76	25,36	-7,88	38,72	1,28	55,23

Tableau IV.8 : Résultats des différents paramètres de qualité de l'eau pour l'usage agricole de quelques nappes, bassin versant « Macta »

IV.2.1. LE RAPPORT D'ADSORPTION DU SODIUM (SAR)

Les valeurs de SAR sont comprises entre 0 et 10 dans toutes les stations sauf les stations F00304207; F00304208 ou les valeurs SAR est situé entre 10 et 18.

Paramètre	range	Classe d'eau	Echantillons
SAR	0-10	Pour tous types de sols	toutes les stations sauf F00304207; F00304208
	10-18	De préférence pour les sols à texture grossière	F00304207 ; F00304208
	18-26	pouvant avoir une influence néfaste. good soil managemet is required	
	>26	Inadéquate	

Tableau IV.9 : Qualité de l'eau basée sur le rapport d'adsorption du sodium (SAR)

IV.2.2. POURCENTAGE DE MAGNESIUM (%MG)

Les valeurs de %Mg calculées à partir des eaux souterraines de la zone d'étude se situent entre 17,88 et 73,6. Si %Mg > 50% l'eau n'est pas appropriée et nuisible pour l'irrigation et il affecte négativement la croissance des cultures. Si %Mg < 50% indique que l'eau est appropriée pour l'irrigation.

Environ 65% des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent des valeurs de %Mg dépasse 50%, donc ils ne sont pas appropriées pour l'irrigation. Le reste des eaux souterraines 35% sont sans danger pour l'irrigation, comme la valeur du risque de magnésium dans les moins de 50.

Paramètre	range	Classe d'eau	Echantillons
MAR (%Mg)	<50%	Bonne	F00304207;F00304209;F00303984;F00200039;F00301366; F00400542;F00405237;F00404754;G00300341;F00303939; G00200488;G00200842;G00300211;G00300204;G00300533
	>50%	Mauvaise	le reste des stations

Tableau IV.10: Qualité de l'eau basée sur le pourcentage de magnésium

IV.2.3. POURCENTAGE DE SODIUM (%NA)

Le calcul de %Na dans les échantillons d'eau souterraine dans la zone d'étude nous montre que les eaux des stations appartiennent aux quatre classes : 20% des stations ont des pourcentages de Na% de l'ordre inférieur à 20, les qualifiants de très bonnes pour l'irrigation. 48% des stations ont des pourcentages de Na% se situent entre 20-40 %, les qualifiants de bonnes pour l'irrigation, 26% des stations ont des pourcentages de Na% se situent entre 40-

60 %, les qualifiants médiocres pour l'irrigation et Le reste des points d'eau, font partie de la classe médiocre.

Paramètre	range	Classe d'eau	Echantillons
SSP (% Na)	<20	Excellente	G00400473;G00400475;G00400275;G00400474;G00200488;G00200759, G00200842; G00300211;G00300204
	20-40	Bonne	F00303984;F00404946;G00300378;G00400296;F00405233;F00405234;F00405236;F00404754;G00300440;G00300341;F00303939 G00300439;G00200947;G00200942;G00200943;G00200945;G00200065;G00200941;G00300491;G00300521;G00300523;G00300533
	40-60	admissible	F00304053;F00405238;F00405237;F00400542;F00301366;F00200039;F00300981;F00304001;F00304209;F00300743;F00302668;F00304388
	60-80	Médiocre	F00304207;F00303967;F00304208
	>80	Mauvaise	

Tableau IV.11: Classification des eaux d'irrigation selon les %Na.

Les figures IV.1 et IV.2 montre la classification de l'eau d'irrigation selon le diagramme de WILCOX, cas de la nappe Monts de Tlemcen et Plaine de Sidi Bel Abbas à titre d'exemple, cette classification définie cinq classes d'eau, 1: excellente, 2: bonne, 3: admissible, 4: médiocre, 5: mauvaise. On ce qui concerne les nappes Monts de Tlemcen, les diagrammes de Wilcox donne deux classes: bonne et excellente et les classes bonne et médiocre pour la Plaine de Sidi Bel Abbas.

Monts de Tlemcen

Wilcox

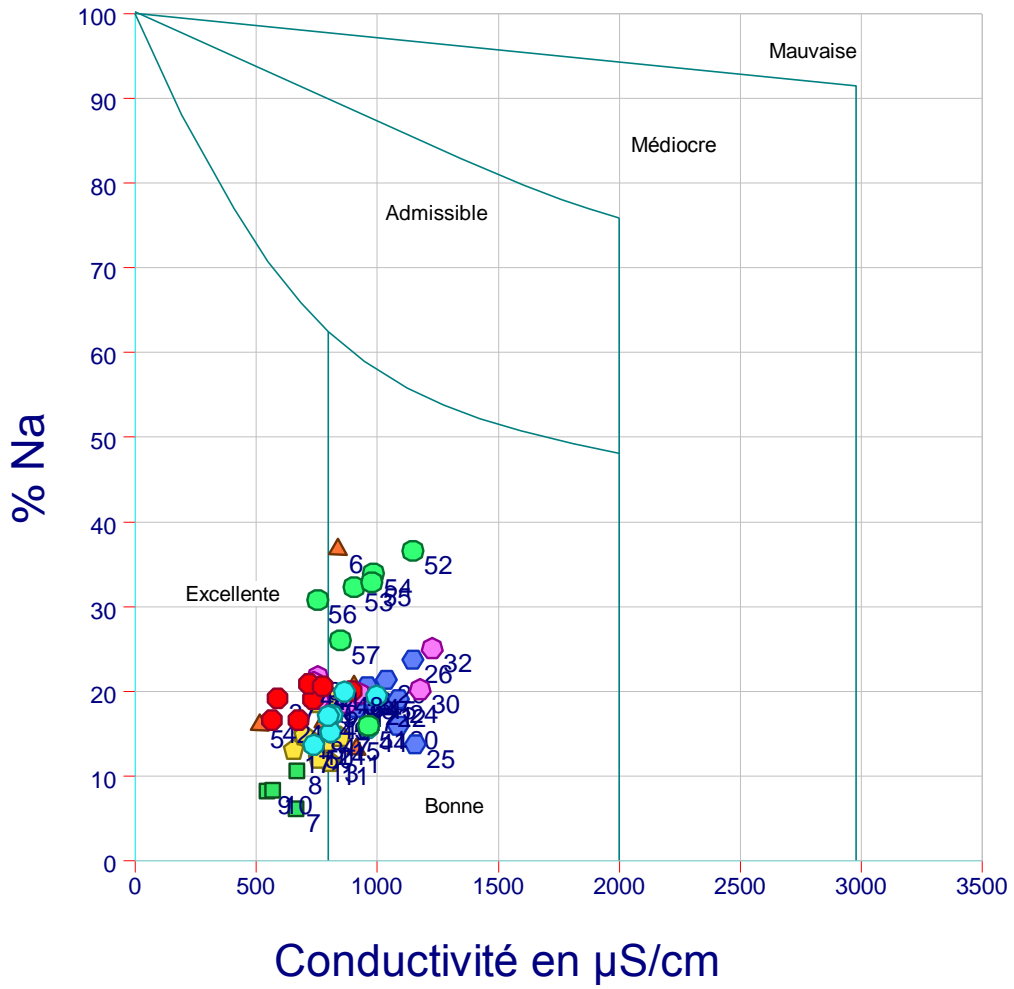


Figure IV.1: Diagrammes de Wilcox : nappe Monts de Tlemcen

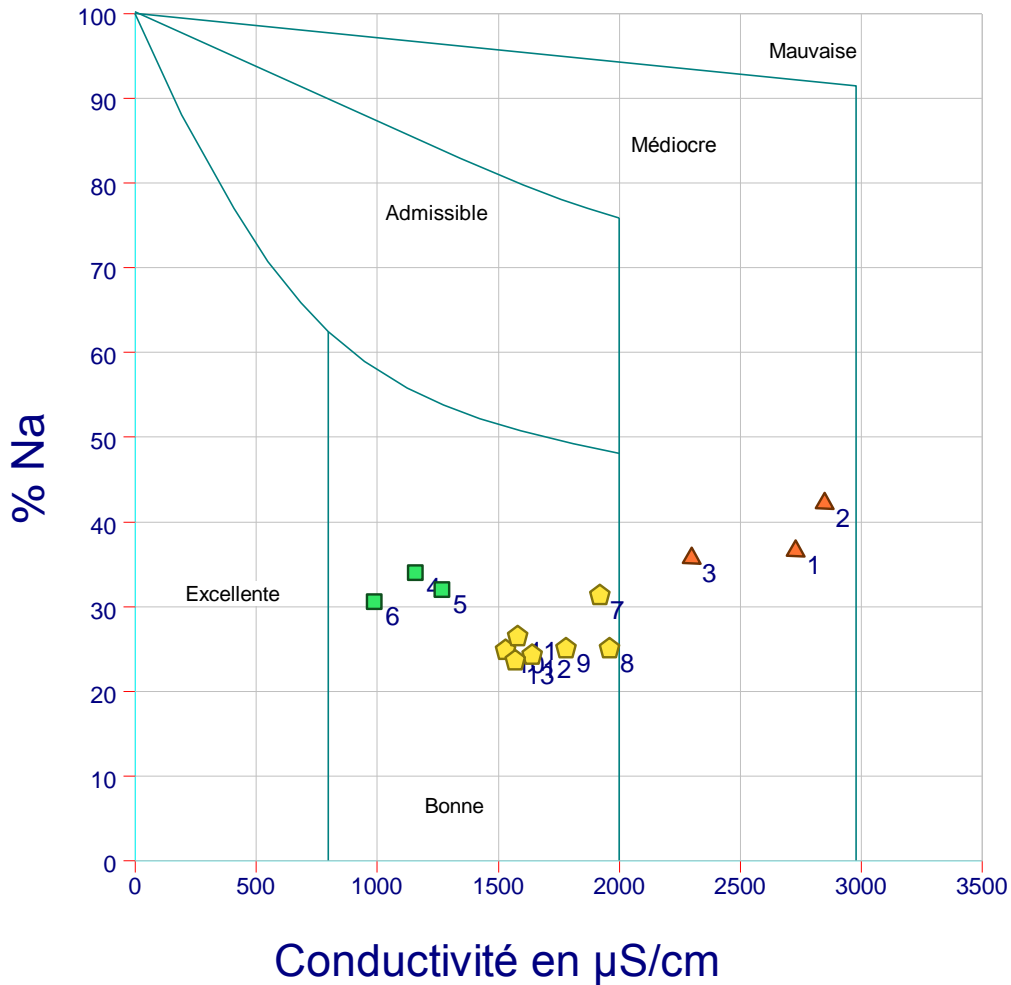


Figure IV.2: Diagrammes de Wilcox : nappe « Plaine de Sidi Bel Abbes »

IV.2.4. ALCALINITE RESIDUELLE DES EAUX (RSC)

Les valeurs de RSC calculées dans les échantillons d'eau souterraine de la zone d'étude sont inférieures à 1.25 meq/L, ce qui révèle que tout le site d'échantillonnage est bon à des fins d'irrigation.

On note que RSC négatif indique que l'accumulation de sodium est peu probable puisque le calcium et le magnésium sont au-delà de ce qui peut être précipité sous forme de carbonates.

Paramètre	range	Classe d'eau	Echantillons
RSC	<1.25	Bonne	Toutes les stations
	1.25-2.5	Médiocre	
	>2.5	Mauvaise	

Tableau IV.12: Qualité de l'eau souterraine basée sur l'alcalinité résiduelle des eaux

IV.2.5. INDICE DE PERMEABILITE (IP)

L'indice de perméabilité calculé pour les échantillons d'eaux dans notre étude se trouve entre 25 et 75%. Si la valeur de IP est inférieure à 25, l'échantillon relève la classe médiocre qui indique que l'eau souterraine n'est pas adaptée pour l'irrigation. Les eaux de la classe bonnes, IP est entre 25 et 75. Les échantillons avec IP supérieur à 75 sont classés comme excellente pour l'irrigation. Le calcul de ce paramètre montre clairement que 100% des échantillons d'eaux sont bons pour l'irrigation.

Paramètre	range	Classe d'eau	Echantillons
IP	<25	Médiocre	
	25-75	Bonne	toutes les stations
	>75	Excellente	

Tableau IV.13. Qualité de l'eau souterraine basée sur l'indice de perméabilité

IV.2.6. Indice ratio de corrosivité CRI

Les résultats montrent que la qualité des eaux de 36 % des stations est sécuritaire et non-corrosive.

Paramètre	range	Classe d'eau	Echantillons
CRI	<1	sécuritaire et non-corrosive « safe and non-corrosive »	G00400474;G00400275;G00400296;G00400473 ;G00400475;F00405234;F00404754;G00300440 ;G00200941;G00200488;G00200759;G0020084 2;G00300211;G00300204;G00300941;G003005 21;G00300523
	>1	risque de corrosion « suggestive of corrosiveness »	Le reste des stations

Tableau IV.14. Qualité de l'eau souterraine basée sur l'indice ratio de corrosivité CRI

IV.2.7. Ratio ou coefficient de Kelly (RK)

Les valeurs de RK obtenues sont inférieures à 1 sauf quelques stations qui sont montrés dans le tableau, par conséquent les stations qui ont des valeurs de RK inférieure à 1 appartiennent à la classe des eaux de bonnes qualités pour l'irrigation (Tableau).

Paramètre	range	Classe d'eau	Echantillons
RK	<1	Bonne qualité	toutes les stations sauf :
	>1	unsuitability	G00300743;F00302688;F00304207;F00304388;F003 04209;F00304001;F00303967;F00304208;F0030098 1;F00405237;F00301366

Tableau IV.15 : Classification des eaux souterraines basée sur le RK

IV.3. Représentation graphique et identification des faciès.

Pour une meilleure vision et une meilleure identification des faciès et de l'aspect qualitatif des eaux souterraines, ainsi que son évolution, la représentation graphique des résultats d'analyse, reste un outil incontournable.

Dans ce but, nous avons entrepris, dans notre cas cette démarche et choisi des diagrammes de représentation tels que celui de Schoeller-Berkaloff et Piper, afin de mieux cerner les particularités des eaux étudiées. La réalisation de ces diagrammes a été faite en utilisant le logiciel **Diagrammes**, conçu par Roland Simler (Laboratoire d'hydrogéologie, Université d'Avignon, 2004).

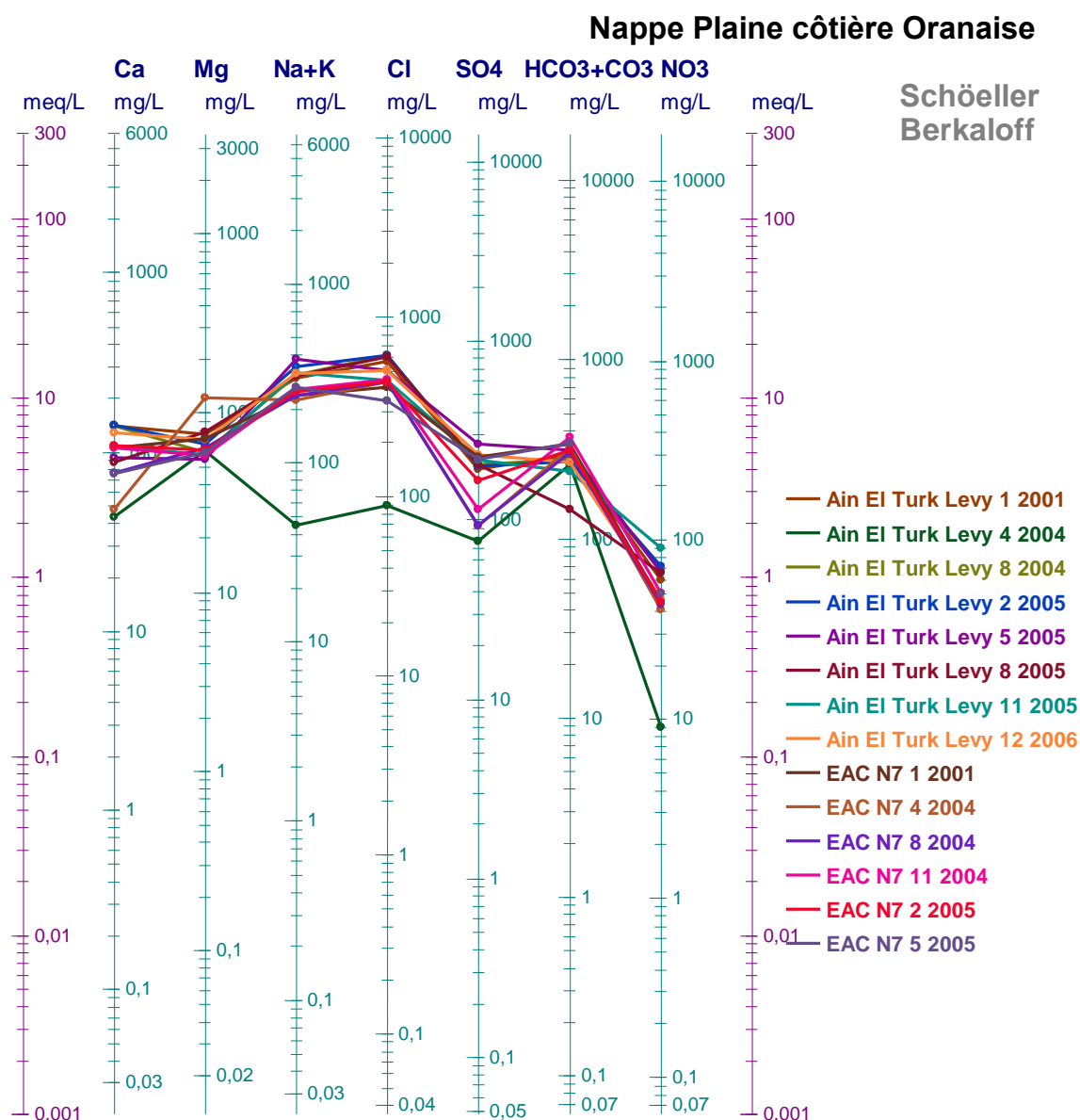


Figure IV.3: Diagramme de Scholler-Berkaloff. Nappe plaine Côtière oranais

Nappe Plaine de Saida

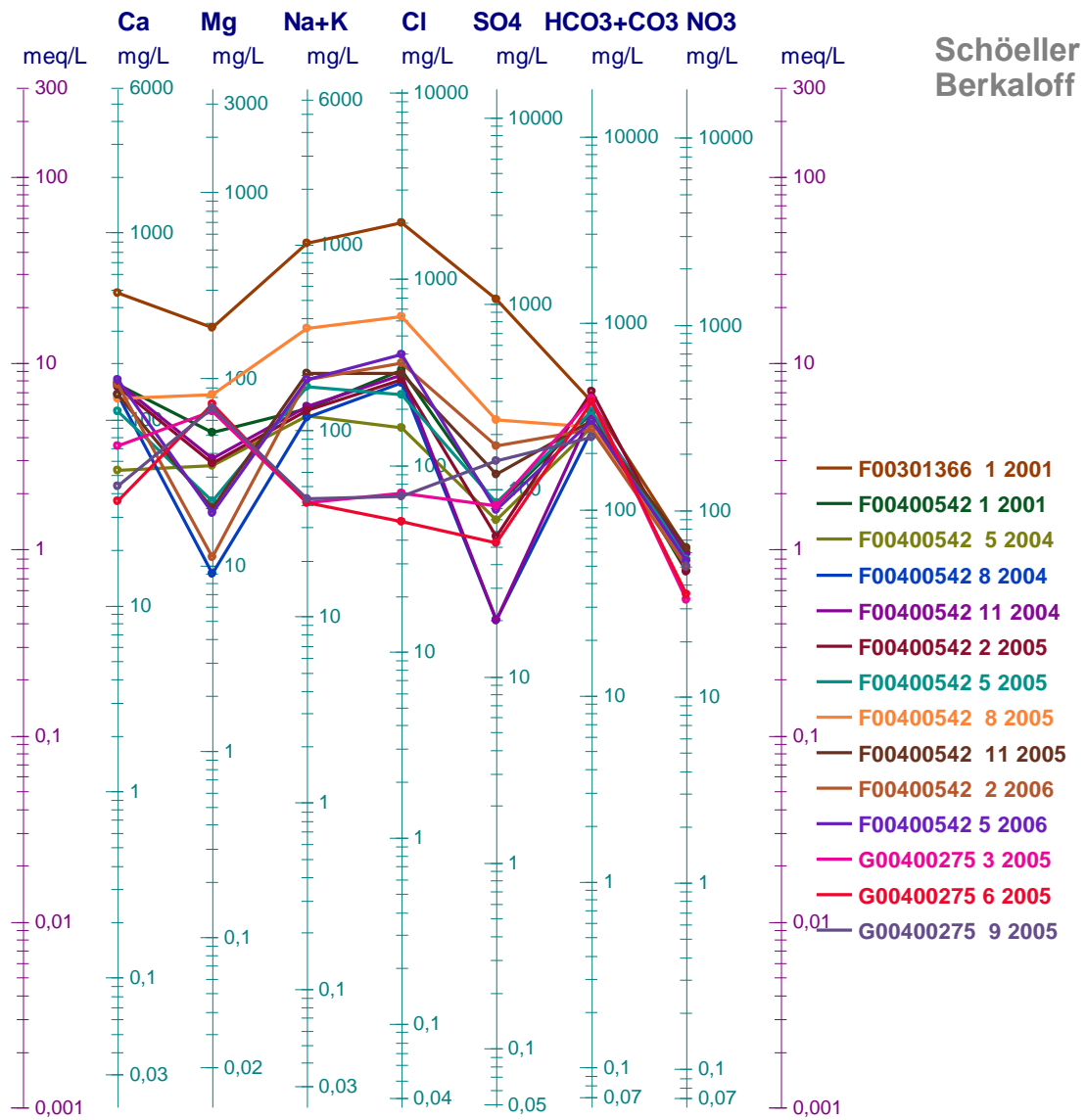


Fig. IV.4 : Diagramme de Scholler-Berkaloff. Nappe plaine de Saida

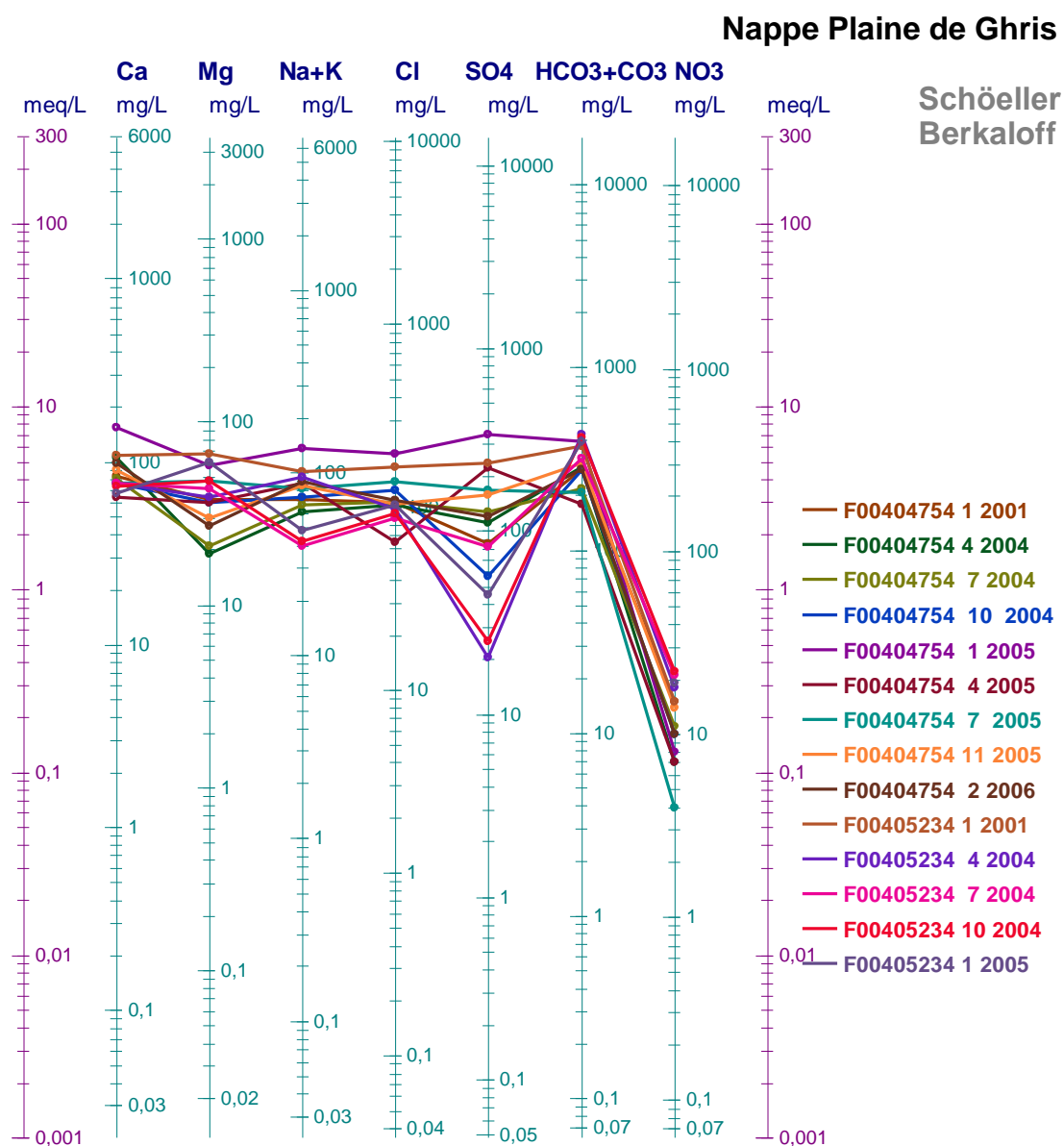


Figure IV.5: Diagramme de Scholler-Berkaloff. Nappe plaine de Ghris

IV.3.1. Diagramme de Piper :

Ce diagramme est un autre mode de représentation graphique et de classification d'une eau analysée. De forme triangulaire, il est subdivisé en trois zones de faciès. Les nuages de points concentrés dans une zone représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques.

Sur le diagramme de Piper nous allons interpréter les résultats d'analyses hydrochimiques, correspondant aux périodes d'observations, pour avoir une idée sur le faciès chimique des eaux de la région et sur son évolution temporaire, ainsi que sur le mode d'acquisition de ce faciès.

Nappe Plaine de Saida

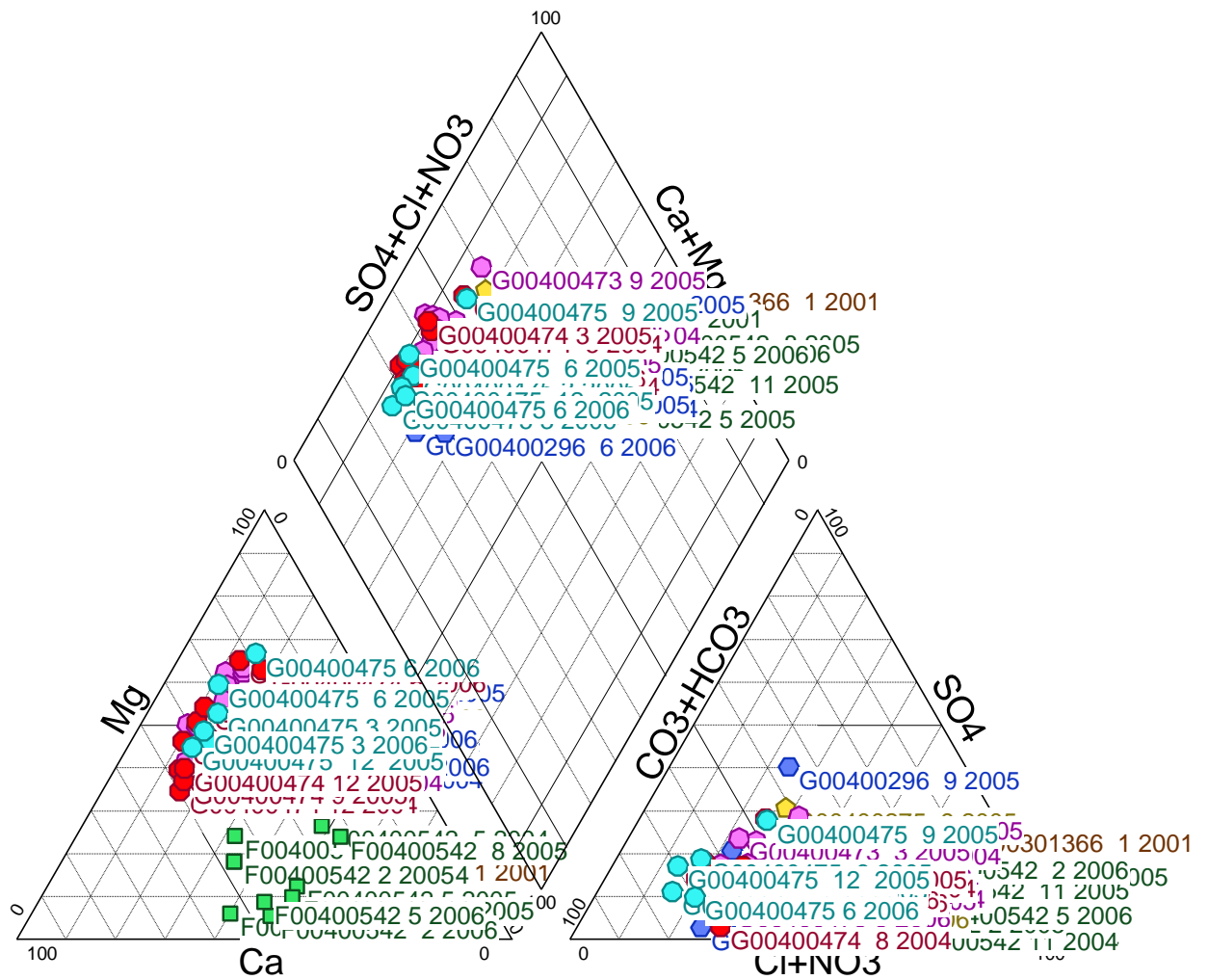


Figure IV.7 : Diagramme de Piper nappe de Plaine de Saida.

Pour la nappe de Plaine de Ghris, la représentation des données sur le diagramme triangulaire de Piper montre que :

- Pendant les mois de l'année 2004, on distingue deux faciès hydrochimiques, l'un bicarbonatée calcique et magnésien et l'autre chlorure et sulfaté _calcique et magnésienne en 2005.

Nappe Plaine de Ghris

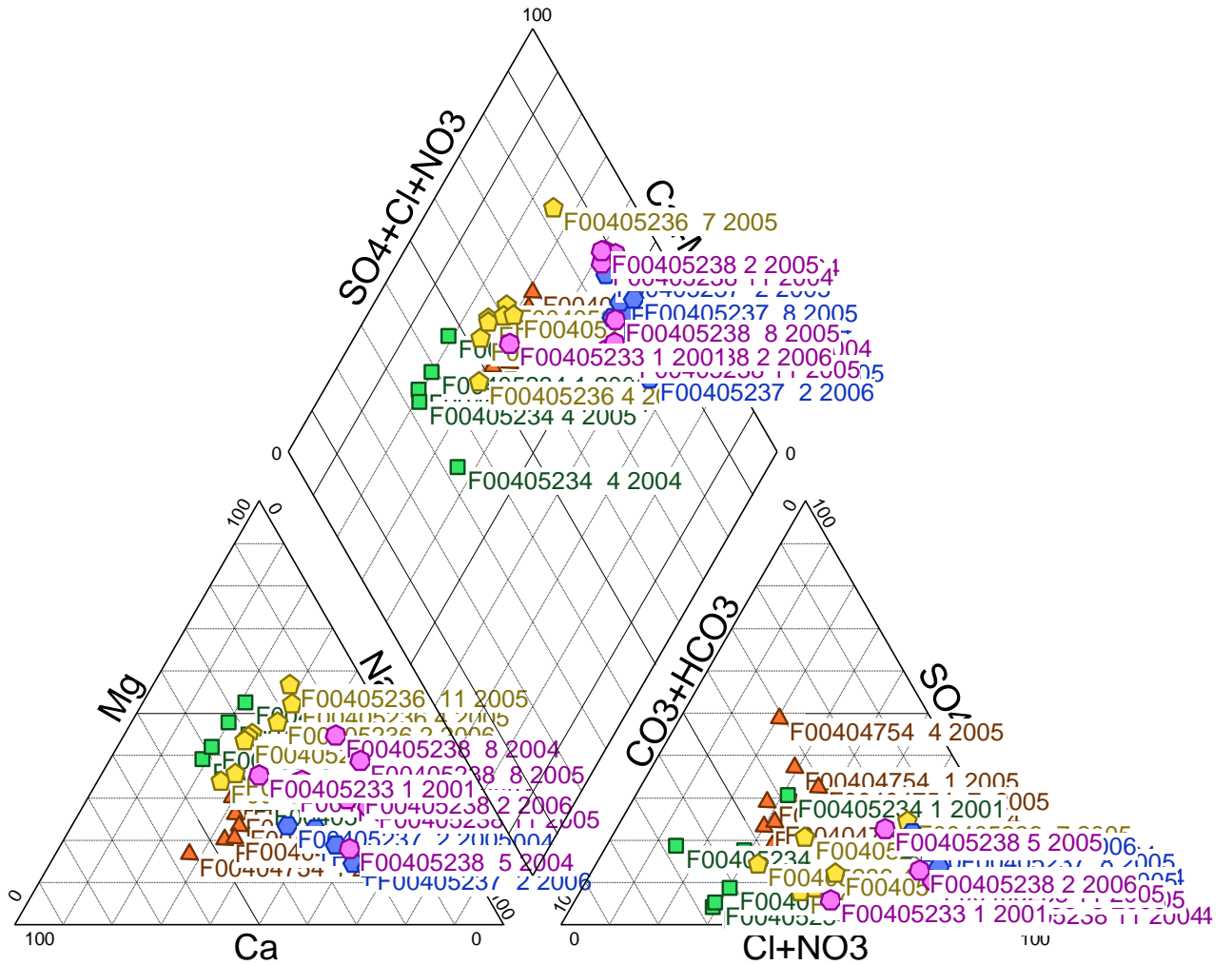


Figure IV.8 : Diagramme de Piper nappe de Plaine de Ghris

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans le domaine de l'eau souterraine, un indicateur d'état ou d'évolution de la qualité de l'eau peut être défini comme le résultat d'une ou plusieurs données brutes d'un ou plusieurs paramètres de la qualité de l'eau, traitées et représentées de façon à indiquer l'état qualitatif ou l'évolution temporelle de la qualité de la ressource étudiée.

Dans cette étude, nous avons évalué la qualité des eaux souterraines en vue de la consommation humaine et l'aptitude de ces eaux pour l'irrigation. L'étude est basée sur le suivi d'un ensemble de paramètres dont certains sont mesurés in situ et d'autres par des analyses physicochimiques réalisées au laboratoire de l'ANRH de 46 stations de surveillance de la qualité des eaux souterraines réparti sur 13 nappes d'eau souterraines qui appartiennent aux bassins versants : La Tafna, La Macta, Côtiers Oranais, Chott Chergui.

D'après les résultats obtenus, nous constatons que les eaux souterraines de mauvaise et moyenne qualité caractérisent la majorité de la zone étudiée, la répartition de l'indice est caractérisée par bonne qualité pour les nappes Plaine de Maghnia et Monts de Tlemcen qui se localise dans le bassin de la Tafna. Les nappes du bassin versant du Côtiers Oranais (Plaine côtière Oranaise, Ouled Taoui – Ouled Boudjemaâ, Plaine de la M'léta, Flanc Sud du Murdjadjo et Plaine de Ain témouchent) présentent une mauvaise qualité généralement. Une très mauvaise qualité affecte quelques stations de Plaine de la M'léta.

Pour les nappes du bassin de la Macta, les eaux souterraines de mauvaise et moyenne qualité caractérisent la majorité des nappes étudiée dans ce bassin. Et pour les nappes du bassin du Chott Chergui, la répartition de l'indice est caractérisée par bonne qualité pour la station de Ain Skhouna et de mauvaise qualité pour le reste.

La pertinence des eaux souterraines à des fins d'irrigation des stations étudiées a été évaluée à partir de sept paramètres de qualité : le rapport d'adsorption du sodium (SAR), le pourcentage en sodium (% Na), l'alcalinité résiduelle des eaux (RSC), l'indice de perméabilité (IP), le pourcentage en magnésium (% Mg), indice ratio de corrosivité CRI, ratio ou coefficient de Kelly (RK).

Nous souhaitons que ce type de travail doive être poursuivi par d'autres travaux afin de cerner le problème de la pollution des nappes dans la région. Nous souhaitons aussi que cette recherche constitue un pas en avant pour l'évaluation de la qualité des eaux souterraines et le diagnostic de la pollution.

Bibliographie

Bibliographie :

- [1] : Abdelbaki, C., & Hacène, F. B. (2007). Etude du phénomène de dégradation des eaux souterraines du groupement urbain de Tlemcen. *Revue des Energies Renouvelables*, 10(2), 257-263.
- [2] : El Hammoumi, N., Sinan, M., Lekhlif, B., & El Mahjoub, L. (2016). Évaluation de la qualité des eaux souterraines pour l'utilisation dans l'eau potable et l'agriculture: plaine de Tadla, Maroc. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 8(1).
- [3] : Hébert, S. (1996). Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau pour les rivières du Québec. Ministère de l'environnement et de la faune.
- [4] : Ministère des Ressources en Eau (MRE). (2006). Cadastre hydraulique, bassin Tafna. Document de synthèse. Agence de Bassin Hydrographique Oranais Chott Chergui (ABHOCC). Ministère de ressources en eau.2006
- [5] : Ministère des Ressources en Eau (MRE). (2006). Cadastre hydraulique, bassin Macta. Document de synthèse. Agence de Bassin Hydrographique Oranais Chott Chergui (ABHOCC). Ministère de ressources en eau.2006
- [6] : Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2001. Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux: Indice de qualité des eaux du CCME 1.0: Manuel de l'utilisateur, dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, 1999, Winnipeg, le Conseil.
- [7] : Gourrat, M. (2012). Valorisation des enquêtes agronomiques du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols 1ère campagne. <http://prodinra.inra.fr/record/344874>
- [8] : Yves lefebvre (1983) : impact de la pollution diffuse urbaine sur la qualité de l'eau de la rivière Saint Charls a l'aide d'indice de qualité ; mémoire de magister université de Québec.
- [9] : Vasanthavigar, M., Srinivasamoorthy, K., Vijayaragavan, K., Ganthi, R. R., Chidambaram, S., Anandhan, P., ... & Vasudevan, S. (2010). Application of water quality index for groundwater quality assessment: Thirumanimuttar sub-basin, Tamilnadu, India. *Environmental monitoring and assessment*, 171(1-4), 595-609.
- [10] : Ncibi, K., Gaaloul, N., & Gasmi, A. (2016). Contribution de l'analyse multivariée et des SIG pour la caractérisation hydrochimique de la nappe phréatique de la plaine de Sidi Bouzid (Tunisie centrale)/[Contribution of the multivariate analysis and the GIS for Hydrochemical characterization of phreatic aquifer to the plain of Sidi Bouzid (Central Tunisia)]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 15(3), 667.
- [11] : Orou, R. K., Soro, G., Soro, D. T., Traoré, A., Fossou, R. M. N. G., & Soro, N. (2016). Aptitudes À L'agriculture Des Eaux Souterraines Du Département d'Agboville (Sud-Est De La Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 12(21).

[12] : Ministère des Ressources en Eau (MRE). (2009). Plan directeur d'aménagement des ressources en eau Oranie - Chott Chergui, Rapport de Synthèse. Alger: Ministère de Ressources en Eau.

[13] : ANRH. ANRH Oran. Algérie

[14] : Agence de Bassin Hydrographique Oranais Chott Chergui (ABHOCC). Ministère de ressources en eau.

[15] : ANRH. (2009) Réalisation de la Carte des Ressources en Eau Souterraine du Nord de l'Algérie. Présentation des unités hydrogéologiques. Région Ouest. Projet coopération Algéro-Energoprojekt-Hidroinzenjering Consulting Engineers Belgrade (Serbia)

Annexe



الجمهورية الجزائرية
الديمقراطية الشعبية

الجريدة الرسمية

اتفاقات دولية، قوانين، ومراسيم
قرارات وآراء، مقررات، منشور، إعلانات وبلاعات

JOURNAL OFFICIEL

DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

CONVENTIONS ET ACCORDS INTERNATIONAUX - LOIS ET DECRETS
ARRETES, DECISIONS, AVIS, COMMUNICATIONS ET ANNONCES

(TRADUCTION FRANÇAISE)

ABONNEMENT ANNUEL	Algérie Tunisie Maroc Libye Mauritanie	ETRANGER (Pays autres que le Maghreb)	DIRECTION ET REDACTION SECRETARIAT GENERAL DU GOUVERNEMENT WWW. JORADP. DZ Abonnement et publicité: IMPRIMERIE OFFICIELLE Les Vergers, Bir-Mourad Raïs, BP 376 ALGER-GARE Tél : 021.54.35..06 à 09 021.65.64.63 Fax : 021.54.35.12 C.C.P. 3200-50 ALGER TELEX : 65 180 IMPOF DZ BADR: 060.300.0007 68/KG ETRANGER: (Compte devises) BADR: 060.320.0600 12
	1 An	1 An	
Edition originale.....	1070,00 D.A	2675,00 D.A	
Edition originale et sa traduction.....	2140,00 D.A	5350,00 D.A (Frais d'expédition en sus)	

Edition originale, le numéro : 13,50 dinars. Edition originale et sa traduction, le numéro : 27,00 dinars.

Numéros des années antérieures : suivant barème. Les tables sont fournies gratuitement aux abonnés.

Prière de joindre la dernière bande pour renouvellement, réclamation, et changement d'adresse.

Tarif des insertions : 60,00 dinars la ligne

SOMMAIRE**DECRETS**

Décret présidentiel n° 11-222 du 14 Rajab 1432 correspondant au 16 juin 2011 modifiant le décret présidentiel n° 10-236 du 28 Chaoual 1431 correspondant au 7 octobre 2010 portant réglementation des marchés publics.....	4
Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations.....	4
Décret exécutif n° 11-220 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les modalités de la concession d'utilisation des ressources en eau pour l'établissement d'installations de dessalement d'eau de mer ou de déminéralisation d'eaux saumâtres pour cause d'utilité publique ou pour la satisfaction de besoins propres.....	7
Décret exécutif n° 11-221 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 portant institutionnalisation des olympiades de la formation et de l'enseignement professionnels.....	10

DECISIONS INDIVIDUELLES

Décret présidentiel du 9 Joumada Ethania 1432 correspondant au 12 mai 2011 mettant fin aux fonctions du chef de daïra de Ras El Oued à la wilaya de Bordj Bou Arréridj.....	12
Décret présidentiel du 9 Joumada Ethania 1432 correspondant au 12 mai 2011 mettant fin aux fonctions du directeur général de l'office national interprofessionnel du lait et des produits laitiers (O.N.I.L.).....	12
Décret présidentiel du 9 Joumada Ethania 1432 correspondant au 12 mai 2011 mettant fin à des fonctions à l'inspection générale du travail.....	12
Décret présidentiel du 19 Joumada Ethania 1432 correspondant au 22 mai 2011 mettant fin aux fonctions d'une chargée d'études et de synthèse à l'ex-ministère du travail et de la sécurité sociale.....	12
Décret présidentiel du 9 Joumada Ethania 1432 correspondant au 12 mai 2011 mettant fin aux fonctions du directeur du centre national de recherche et de développement de la pêche et de l'aquaculture (C.N.R.D.P.A.).....	12
Décret présidentiel du 9 Joumada Ethania 1432 correspondant au 12 mai 2011 mettant fin aux fonctions du directeur de la pêche et des ressources halieutiques à la wilaya de Béchar.....	12
Décret présidentiel du 9 Joumada Ethania 1432 correspondant au 12 mai 2011 mettant fin aux fonctions du directeur de la chambre de wilaya de la pêche et de l'aquaculture de Tlemcen.....	12
Décret présidentiel du 9 Joumada Ethania 1432 correspondant au 12 mai 2011 portant nomination d'un chargé d'études et de synthèse au ministère de l'énergie et des mines.....	12
Décret présidentiel du 9 Joumada Ethania 1432 correspondant au 12 mai 2011 portant nomination d'un sous-directeur au ministère de l'énergie et des mines.....	13
Décret présidentiel du 9 Joumada Ethania 1432 correspondant au 12 mai 2011 portant nomination d'une sous-directrice au ministère des ressources en eau.....	13
Décret présidentiel du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 portant nomination d'une sous-directrice au ministère de l'éducation nationale.....	13
Décret présidentiel du 9 Joumada Ethania 1432 correspondant au 12 mai 2011 portant nomination au ministère du travail, de l'emploi et de la sécurité sociale.....	13
Décrets présidentiels du 9 Joumada Ethania 1432 correspondant au 12 mai 2011 portant nomination à l'agence nationale de développement de l'investissement.....	13
Décret présidentiel du 9 Joumada Ethania 1432 correspondant au 12 mai 2011 portant nomination d'un inspecteur au ministère de la pêche et des ressources halieutiques.....	13
Décret présidentiel du 9 Joumada Ethania 1432 correspondant au 12 mai 2011 portant nomination du directeur du centre national de recherche et de développement de la pêche et de l'aquaculture (C.N.R.D.P.A.).....	13

SOMMAIRE (suite)

ARRETES, DECISIONS ET AVIS

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DU DEVELOPPEMENT RURAL

- Arrêté interministériel du 6 Joumada Ethania 1432 correspondant au 9 mai 2011 fixant le nombre de postes supérieurs des ouvriers professionnels, des conducteurs d'automobiles et des appariteurs au titre des services extérieurs de la direction générale des forêts..... 14
- Arrêté du 24 Rabie El Aouel 1432 correspondant au 29 mars 2011 portant approbation du cahier des charges fixant les modalités de concession aux organismes publics des terres agricoles relevant du domaine privé de l'Etat..... 14

MINISTERE DU COMMERCE

- Arrêté du 12 Joumada Ethania 1432 correspondant au 15 mai 2011 fixant les modalités d'organisation et de fonctionnement du comité interministériel chargé de l'examen et de l'évaluation des demandes de compensation des prix de l'huile alimentaire raffinée ordinaire et du sucre blanc..... 16

**MINISTERE DE LA SANTE, DE LA POPULATION
ET DE LA REFORME HOSPITALIERE**

- Arrêté interministériel du 26 Rabie Ethani 1432 correspondant au 31 mars 2011 fixant les effectifs par emploi, leur classification et la durée du contrat des agents exerçant des activités d'entretien, de maintenance ou de service au titre du centre national de toxicologie..... 21
- Arrêté interministériel du 7 Rajab 1432 correspondant au 9 juin 2011 fixant le nombre de postes supérieurs des ouvriers professionnels, des conducteurs d'automobiles et des appariteurs de l'école nationale de management et de l'administration de la santé..... 22
- Arrêté interministériel du 7 Rajab 1432 correspondant au 9 juin 2011 fixant le nombre de postes supérieurs des ouvriers professionnels, des conducteurs d'automobiles et des appariteurs du laboratoire national de contrôle des produits pharmaceutiques..... 22

D E C R E T S

Décret présidentiel n° 11-222 du 14 Rajab 1432 correspondant au 16 juin 2011 modifiant le décret présidentiel n° 10-236 du 28 Chaoual 1431 correspondant au 7 octobre 2010 portant réglementation des marchés publics.

Le Président de la République,

Sur le rapport conjoint du ministre des finances et du ministre de l'habitat et de l'urbanisme,

Vu la Constitution, notamment ses articles 77-8° et 125 (alinéa 1er) ;

Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret présidentiel n° 10-236 du 28 Chaoual 1431 correspondant au 7 octobre 2010, modifié et complété, portant réglementation des marchés publics ;

Décrète :

Article 1er. — Les dispositions de l'article 69 du décret présidentiel n° 10-236 du 28 Chaoual 1431 correspondant au 7 octobre 2010, susvisé, sont modifiées comme suit :

« Art. 69. — Dans les formules de révision des prix, les indices de prix pris en considération sont ceux qui sont publiés au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire, au bulletin officiel des marchés de l'opérateur public (BOMOP) et dans toute autre publication habilitée à recevoir les annonces légales et officielles. Ces indices sont applicables par les services concernés à compter de la date de leur homologation et approbation par arrêté du ministre chargé de l'habitat.

.....(le reste sans changement)..... ».

Art. 2. — Le présent décret sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 14 Rajab 1432 correspondant au 16 juin 2011.

Abdelaziz BOUTEFLIKA.

-----★-----

Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations.

Le Premier ministre.

Sur le rapport du ministre des ressources en eau,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-3° et 125 (alinéa 2) ;

Vu la loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ;

Vu la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003, modifiée, relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ;

Vu la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, relative à l'eau ;

Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 04-196 du 27 Joumada El Oula 1425 correspondant au 15 juillet 2004 relatif à l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source ;

Vu le décret exécutif n° 07-69 du Aouel Safar 1428 correspondant au 19 février 2007 fixant les conditions et modalités d'octroi de la concession d'utilisation et d'exploitation des eaux thermales ;

Vu le décret exécutif n° 10-26 du 26 Moharram 1431 correspondant au 12 janvier 2010 fixant les méthodes et les produits chimiques utilisés pour le traitement et la correction des eaux de consommation humaine ;

Après approbation du Président de la République ;

Décrète :

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 50 de la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, susvisée, le présent décret a pour objet de fixer les objectifs de qualité auxquels doivent répondre les eaux souterraines ainsi que les écoulements et les retenues d'eaux superficielles destinées à l'alimentation en eau des populations.

Art. 2. — Les eaux minérales naturelles, les eaux de source et les eaux thermales régies par des dispositions spécifiques sont exclues du champ d'application du présent décret.

Art. 3. — Les objectifs de qualité prévus à l'article 1er ci-dessus correspondent à des valeurs maximales fixées dans l'annexe du présent décret pour les paramètres organoleptiques, physico-chimiques, chimiques et microbiologiques.

Art. 4. — Le contrôle de la conformité aux valeurs maximales est effectué, par l'administration chargée des ressources en eau, au niveau des ouvrages et installations de mobilisation d'eau suivants :

— puits, forages et autres ouvrages de captage d'eaux souterraines ;

- ouvrages de dérivation des écoulements de surface ;
- retenues d'eaux superficielles.

Art. 5. — Les prélèvements d'échantillons aux fins de contrôle de conformité sont effectués selon les périodicités minimales suivantes :

— pour les eaux souterraines : deux (2) prélèvements échantillons par an pour chaque point de prélèvement, à raison d'au moins un (1) échantillon par semestre.

— pour les eaux superficielles : quatre (4) échantillons par an pour chaque point de prélèvement, à raison d'au moins un (1) échantillon par trimestre.

Ces périodicités peuvent être augmentées pour tout ou partie des paramètres faisant l'objet d'analyses et, ce, en fonction de la qualité des ressources en eau.

Art. 6. — La liste des points de prélèvement et les modalités de prélèvement d'échantillons sont fixées par arrêté du ministre chargé des ressources en eau.

Art. 7. — Lorsqu' il est constaté un dépassement des valeurs maximales pour tout ou partie des paramètres, l'administration chargée des ressources en eau avise les organismes exploitants concernés aux fins de prendre les mesures adéquates permettant d'assurer la continuité de l'alimentation en eau des populations sans risque pour la santé.

Les modalités d'application du présent article sont fixées par arrêté du ministre chargé des ressources en eau.

Art. 8. — Le présent décret sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011.

Ahmed OUYAHIA.

ANNEXE

Objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations

Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Echelle Pt	200	20
	Odeur (taux dilution à 25°)	—	20	3
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Chlorures	mg/l Ci	600	500
	Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité	µS/cm à 20°C	2800	2800
	Demande biochimique en oxygène (DBO 5)	mg/l O2	7	< 3
	Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l O2	30	—
	Matières en suspension	mg/l	25	25
	Sulfates	mg/l SO4	400	400
	Taux de saturation en oxygène dissous	% O2	30	> 70
Température	°C	25	25	
	Ammonium	mg/l	4	0,5

ANNEXE (suite)

Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres chimiques	Baryum	mg/l	1	0,7
	Bore	mg/l	1	1
	Fer dissous	mg/l	1	0,3
	Fluor	mg/l	2	1,5
	Manganèse	mg/l	1	0,05
	Nitrates	mg/l NO ₃	50	50
	Phosphore	mg/l	10	5
	Arsenic	µg/l	100	10
	Cadmium	µg/l	5	5
	Chrome	µg/l	100	50
	Cuivre	Mg/l	2	0,05
	Cyanures	µg/l	100	50
	Mercure	µg/l	10	6
	Plomb	µg/l	50	10
	Sélénium	µg/l	50	10
	Zinc	mg/l	5	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques	µg/l	1	0,2
	Hydrocarbures dissous	µg/l	1000	10
	Phénols	µg/l	2	0,5
	Agents de surface	mg/l	0,5	0,2
Azote Kjeldhal	mg/l	3	1	
Pesticides	µg/l	1	0,5	
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100ml	20.000	20
	Entérocoques	n/100ml	10.000	20
	Salmonelles	—	Absence dans 1000 ml	Absence dans 5000 ml