

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

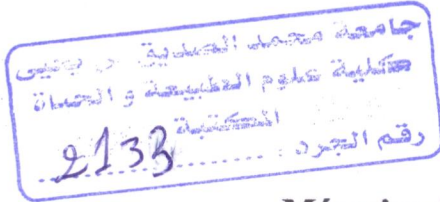
Université de Jijel

جامعة جيجل

Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des sciences de l'environnement et
Des Sciences Agronomiques



كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم علوم المحيط و العلوم الفلاحية



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme : Master Académique

Option : Toxicologie de l'Environnement

Thème

***Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques
des eaux de certains puits utilisés comme sources
d'eaux potables en milieu urbain dans la localité de
Jijel***

Les membres du jury :

Président : BENFRIDJA L.

Examineur : CHEBAB S.

Encadreur : KRIKA A.



Préparé par:

ROUINA Khaoula

GUEHAM Yassamina

Numéro d'ordre:.....

Session:.....





Remerciements

Toute notre parfaite gratitude et remerciement à Allah le plus puissant qui nous a donné la force, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions notre promoteur Mr KRJKA à sa sollicitude et pour son encouragement pendant toute cette période.

Nous saisissons également cette opportunité pour remercier l'ensemble des enseignants, qui ont contribué à notre formation.

Un grand merci pour les aimables membres de jury.

Sans oublier de remercier également tous les personnels du laboratoire de l'A.D.E et agents de maintenance de la résidence universitaire BOUSSAA Abd el Rahmen.

Enfin, A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce projet de fin d'étude.



Liste des abréviations

A.C.P : Analyse en Composent Principale

ADE : Algérienne des eaux

BCPL : Bouillon Lactosé au Pourpre de bromocresol

CE : Conductivité Electrique

CF : Coliformes Fécaux

CT : Coliformes totaux

E.coli : Escherichia coli

EPA : Environmental Protection Agency

ISO : Organisation Internationale de Standardisation

MTH : Maladie à Transmission Hydrique

NPP : Nombre le Plus Probable

ns : non significative

NTU : Unité Néphélométrie de Turbidité

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

SEQ-Eau : Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux

SF : streptocoques fécaux

Liste des figures

Figure 1. Cycle de l'eau	03
Figure 2. Situation géographique de la wilaya de Jijel	17
Figure 3. Le prélèvement de l'eau d'un puits	18
Figure 4. Exemple d'un point de prélèvement (Résidence Universitaire).....	19
Figure 05. Localisation des points de prélèvements.....	19
Figure 06. Variations spatiales des paramètres physico-chimiques de l'eau	26
Figure 07. Degrés de potabilité selon la qualité des paramètres.....	27
Figure 08. Représentation des variables sur le plan factoriel F1 et F2.....	33
Figure 09. Représentation des puits de prélèvement sur le plan factoriel F1 et F2.....	34
Figure 10. Degrés de potabilité selon la qualité des paramètres bactériologiques.....	36

Sommaire

Introduction.....	01
-------------------	----

Chapitre I. Etat des connaissances

I. L'eau.....	02
I.1. Différentes classes des eaux.....	02
I.1.1. Les eaux naturelles.....	02
I.1.2. Eaux superficielles.....	02
I.1.3. Eaux souterraines.....	02
I.2. Le cycle de l'eau dans la nature.....	02
I.3. Composition des eaux.....	04
I.3.1. Les matières minérales.....	04
I.3.2. Les matières organiques.....	04
I.3.3. Les matières dissoutes.....	04
I.3.4. Les matières colloïdales.....	05
I.3.5. Les matières en suspension.....	05
I.4. Situation de l'eau en Algérie.....	05
I.5. La pollution de l'eau.....	06
I.6. Traitement des eaux souterraines.....	06
I.7. Les paramètres de qualité.....	07
I.7.1. Les paramètres physico-chimiques.....	07
I.7.2. La minéralisation globale.....	08
I.7.3. Les paramètres de pollution.....	09
I.7.4. Les paramètres microbiologiques.....	11
I.8. Aspect réglementaire.....	13
I.8.1. L'Organisation Mondial de la Santé (OMS).....	14
I.8.2. Les directives Européennes.....	14
I.8.3. La réglementation Algérienne.....	14
I.9. Les Maladies à Transmission Hydrique (M.T.H).....	16

Chapitre II. Matériel et méthodes

II. Présentation de la zone d'étude.....	17
II.1. Situation et présentation de la région de Jijel.....	17
II.2. Climat.....	17

II.3. Prélèvements et analyses des eaux souterraines.....	18
II.4. Justification du choix des points de prélèvement.....	19
II.5. Justification du choix des paramètres étudiés.....	20
II.5.1. Le pH.....	20
II.5.2. La conductivité électrique.....	20
II.5.3. La turbidité.....	20
II.5.4. La spectrophotométrie.....	20
II.5.5. La titrimétrie.....	21
II.5.6. Analyses microbiologiques.....	21
II.6. Présentation des résultats.....	21

Chapitre III. Résultats et discussion

III. Le Système d’Evaluation de la Qualité des Eaux (SEQ-Eau).....	22
III.1. Qualité physico-chimique de l’eau.....	23
III.1.1. Le Potentiel d’hydrogène (pH).....	24
III.1.2. La conductivité électrique.....	24
III.1.3. La turbidité.....	26
III.1.4. Les sulfates.....	29
III.1.5. Les orthophosphates.....	29
III.1.6. Les nitrites.....	29
III.1.7. Les nitrates.....	30
III.1.8. Les chlorures.....	30
III.1.9. L’ammonium.....	30
III.1.10. Le calcium.....	31
III.1.11. Le magnésium.....	31
III.2. Corrélation entre les différents paramètres étudiés.....	32
III.3. Analyses en composantes principales (A.C.P).....	32
III.4. Qualité bactériologique de l’eau.....	34
Conclusion	38
Recommandations.....	39
Bibliographie	40
ANNEX 01.....	VI
ANNEX 02.....	XII

Introduction

L'eau, l'or bleu, c'est la vie, a-t-on l'habitude de dire. C'est en effet « le solvant universel » ; il est composé d'oxygène et d'hydrogène qui, avec le carbone sont indispensables à la formation cellulaire.

L'importance de l'eau pour la vie humaine et pour l'économie ne cesse de croître et l'approvisionnement en eau potable devient de plus en plus délicat, tant en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie que du développement accéléré des techniques industrielles.

En Algérie, la problématique de l'eau sera sans doute une préoccupation majeure durant ce siècle. Qu'elle soit souterraine ou superficielle, l'eau subit depuis une trentaine d'années une dégradation sensible et tend à se raréfier dans l'ensemble de pays. Les eaux souterraines, longtemps considérées comme pures et protégées par le sol contre les diverses activités humaines, elles sont de nos jours souvent touchées par l'infiltration de multiples contaminants à haut risque, dont les plus répandus sont les nitrates et l'utilisation de ces eaux à des fins alimentaires représente un danger pour la santé [1]. Cependant, la consommation d'une eau contaminée par les microorganismes est à l'origine des épidémies [2,3]. De plus, la contamination nitrique des eaux de consommation peut engendrer la méthémoglobinémie chez les nourrissons et des maladies cancérogènes chez les adultes [4].

Le présent travail s'intéresse à l'étude de la qualité des eaux souterraines de la ville de Jijel. Un suivi de paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de 11 puits représentatifs de la ville est réalisé afin de préciser la qualité alimentaire de ces puits, l'importance de la contamination et d'en déterminer l'origine.

Pour réaliser cette évaluation, on aura recours à un système simple et représentatif dénommé le Système d'Évaluation de la Qualité des Eaux (SEQ-Eau), qui va nous permettre d'établir une classification des eaux analysées en fonction de ces paramètres. Cette classification nous permettra d'établir un état de lieu de la qualité physico-chimique et bactériologique actuelle des eaux provenant des différents points de prélèvement destinés à des besoins alimentaires.

Le présent document est structuré en trois parties interdépendantes:

La première est une synthèse bibliographique, dont elle est consacrée à la qualité de l'eau (définition, grille de qualité, objectifs de qualité, paramètres de surveillance de la qualité, ...).

La seconde, purement pratique, elle sera réservée aux matériels et méthodes qui rassemblent une présentation générale de la zone d'étude, justification des choix des paramètres, enfin l'analyse de l'eau. La troisième autre sera consacrée aux résultats et discussion.

Le travail sera suivi d'une conclusion générale et des recommandations.

Chapitre I

Etat des connaissances

I. L'eau

I.1. Différentes classes des eaux

I.1.1. Les eaux naturelles

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface retenues ou écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux de mer.

Pour satisfaire ses propres besoins et en particulier pour la production d'eau potable, l'homme a recours essentiellement aux ressources d'eaux d'eau douces (eaux souterraines et de surface).

L'eau à l'état naturel, superficielle ou souterraine, n'est jamais « pure » c'est le milieu vivant qui se charge rapidement de divers éléments en contact des milieux qu'elle traverse et sur les quelles elle ruisselle [5].

I.1.2. Eaux superficielles

Elles sont constituées par les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents.

Elles ont pour origine les eaux ruisselantes ou les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau puis de rivière.

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versant ou hydrologique.

Au cours de son cheminement, l'eau se charge des éléments constitutifs de terrains [5].

I.1.3. Eaux souterraines

Les eaux qui ne sont ni évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrent dans le sol et sous-sol pour s'accumuler et constituer les eaux souterraines.

Les propriétés physico-chimiques des eaux souterraines sont étroitement liées à leurs origines géologiques ; c'est-à-dire déterminées par la nature, la structure et la composition des terrains.

Les eaux souterraines ont pendant longtemps été synonyme « eau propre » c'est-à-dire répondant naturellement aux normes de potabilité, cela est malheureusement inexact dans l'absolu car bon nombre d'eaux de nappes sont à présent contaminées par des éléments indésirables [5].

I.2. Le cycle de l'eau dans la nature

Le cycle de l'eau, c'est-à-dire l'ensemble des échanges sous sa forme liquide ou gazeuse entre les océans, les continents, l'atmosphère et les végétaux [6]. L'eau à la propriété particulière d'être renouvelable et en transit permanent comme ressource renouvelable, elle suit un cycle naturel à partir des océans [7].

Il est conditionné par l'alternance d'évaporation et de condensation. Le cycle de l'eau est complexifié par la multiplicité des trajets dans le sol, à la surface du sol et dans les organismes, ainsi que par les mouvements à toutes échelles de masse d'eau et d'air [8].

Ce cycle de l'eau est avant tout favorisé par le rayonnement solaire. De manière qualitative, on peut le décrire de la manière suivante : l'eau s'évapore dans l'atmosphère à partir des mers et d'autres eaux de surface (par exemple lacs), mais aussi à partir du sol et des plantes et elle est alors transformée, essentiellement sous forme de nuages. Elle retourne ensuite vers la terre à partir des nuages sous forme de précipitation, soit elle atteint la surface des lacs ou des mers, soit elle atteint la nappe phréatique à travers le sol [9]. (Fig. 01).

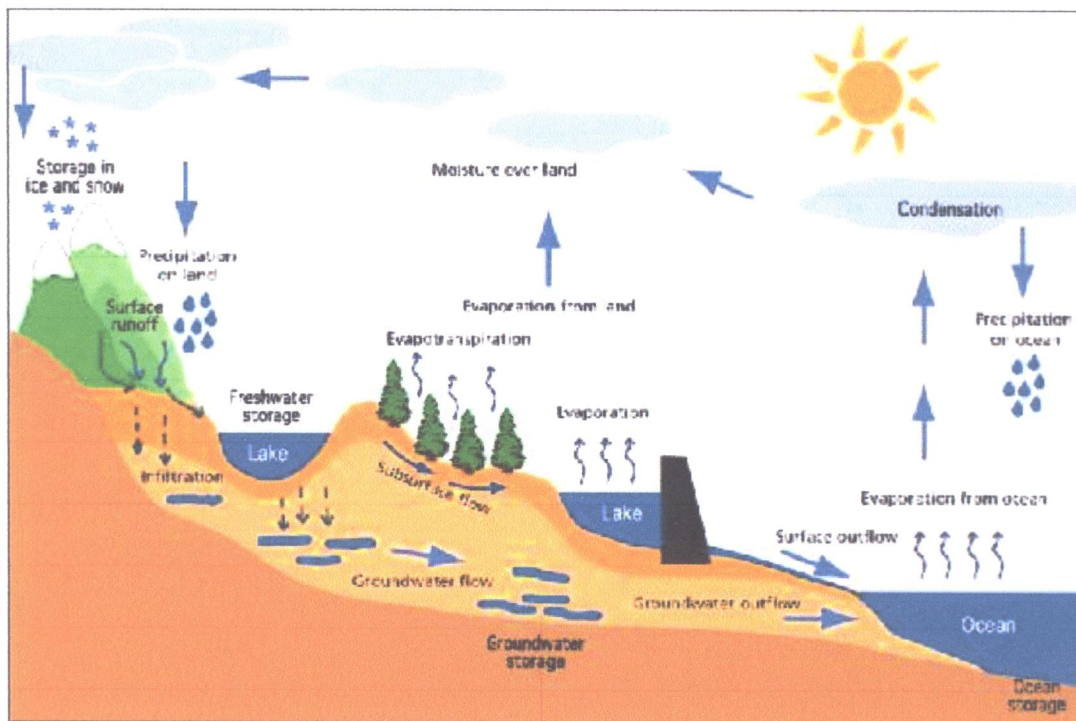


Figure 01. Cycle de l'eau [10].

L'eau douce ne représente que 2,5 % du volume total de l'eau sur terre, dont 2/3 sont concentrés dans les glaciers et 1/3 git dans les nappes souterraines ; seulement 0,3 % de l'eau douce est réparti dans les rivières, les lacs et les réservoirs [11].

Trois sources d'approvisionnement en eau sont disponibles dans le cycle hydrologique :

a- Les eaux de pluie : les eaux de pluie peuvent être collectées à partir des toitures des maisons dans des récipients ou dans des impluviums. A l'origine ces eaux sont pures sur le plan microbiologique, mais sur le plan chimique, il leur manque souvent certains éléments indispensables à la santé comme le sodium, magnésium, manganèse, fer, iode.

b- Les eaux de surface : composées d'eaux de mer, de fleuves, de rivières, de marigots, ces eaux couvrent la terre. Grossies par les eaux de ruissellement elles reçoivent toutes sortes de déchets contenant des germes nuisibles pour la santé.

c- Les eaux souterraines : formées par les eaux d'infiltration, les eaux souterraines sont exemptes de pollution. Cependant elles peuvent, d'une part être contaminées par la technique de puisage, la proximité des latrines ou d'autres sources de pollution, le manque de protection, d'autre part. Elles peuvent être chargées par les éléments minéraux ; eaux saumâtres (NaCl) ; eau dure (Ca^{++}) ; eau ferrugineuse (Fe^{++}) [12].

I.3. Composition des eaux

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées selon deux modes différents :

- Suivant leur nature chimique : organique ou minérale.
- Suivant leur état physique : matières dissoutes, colloïdales ou en suspension.

Ces distinctions sont arbitraires dans la mesure où, d'une part, une substance peut se trouver soit à l'état dissous, soit en suspension selon les conditions du milieu, et, d'autre part, l'eau est le siège de phénomènes de dégradation biologique qui peuvent transformer des substances organiques en substances minérales [13].

I.3.1. Les matières minérales

Ce sont essentiellement des composés ioniques, anions et cations, qui proviennent de la dissolution des roches dans l'eau qui circule à leur contact.

L'eau contient également des gaz dissous ayant une grande importance dans les phénomènes biologiques ainsi que chimiques par exemple la corrosion.

I.3.2. Les matières organiques

Ce sont, par définition, des composés du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote.

Ces matières proviennent soit de l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales qui se retrouvent dans l'eau. Elles se décomposent du fait de leur instabilité chimique et par l'action des micro-organismes de l'eau en formant des composés de plus en plus simples.

I.3.3. Les matières dissoutes

Ce sont des matières dispersées de façon homogène dans l'eau, faiblement polarisées ou ionisées.

Elles obéissent à des équilibres de dissolution qui sont fonction de la température et de la pression, ce dernier facteur étant très important pour les gaz.

Du fait de leur état dissous, ces molécules sont difficiles à éliminer de l'eau à traiter par les procédés physiques classiques, décantation et filtration. Si leur élimination est nécessaire, par exemple pour les nitrates, il faudra utiliser des méthodes chimiques ou biologiques.

I.3.4. Les matières colloïdales

L'état colloïdal est un état intermédiaire entre l'état dissous et la suspension. Les matières colloïdales sont constituées d'éléments de petite taille chargés négativement, ce qui explique qu'ils se repoussent et se répartissent de façon dispersée et désordonnée dans la masse liquide. Aussi, leur élimination de l'eau à traiter est difficile, car elles ne décantent pas de manière spontanée et sont peu retenues par les filtres. On devra utiliser des réactifs chimiques qui neutralisent les charges négatives superficielles et permettent leur agrégation. Cette étape est appelée coagulation-floculation; elle est suivie par une décantation pour éliminer les colloïdes agrégés, nommés floccs, qui peuvent alors décanter.

I.3.5. Les matières en suspension

Ce sont des particules solides dont la taille est supérieure à 10 μm , dispersées dans l'eau sans être chimiquement liées avec elle. De ce fait, leur élimination est assez simple, car, si l'on fait reposer l'eau, elles décantent de manière spontanée et peuvent être retirées de l'eau par des procédés physiques simples (décantation, filtration).

I.4. Situation de l'eau en Algérie

En Algérie, le déficit de cet or bleu est devenu inquiétant confirmant les diverses expertises partant d'hypothèses et usant de méthodologies différentes qui ont toutes conclu que ce pays se trouvera entre 2010 et 2025 confronté à cette pénurie quasi-endémique. Aujourd'hui, la facture des épidémies de MTH (maladie à transmission hydrique) est lourde pour l'état algérien. Le coût de ces épidémies a été évalué à l'équivalent du budget de construction de plus d'une dizaine de stations de traitement des eaux. Les principaux facteurs de ces maladies sont l'insuffisance des ressources hydriques conjuguée à l'absence de traitement de certains points d'eau. En effet sur les 53 Step (station d'épuration) existantes, 42 sont à l'arrêt depuis des années et les agriculteurs ne se gênent pas pour irriguer sauvagement leurs cultures avec cette eau polluée. Ajouter à cela, les déperditions d'eau potable dues à la vétusté des réseaux, estimées à 30% et les piquages illégaux de l'ordre de 10%, qui rognent sur un volume hydrique déjà bien bas. A travers ce constat la situation est alarmante et par conséquent il est urgent voire vital de définir une politique claire en matière de gestion, d'inventaire, de conservation, de traitement, d'utilisation et de recherche des ressources en eau, indispensable pour tout développement économique [14].

I.5. La pollution de l'eau

De nos jours, les problèmes de pollution constituent un danger de plus en plus important pour l'homme. Parmi ces problèmes, la contamination de l'eau se pose avec acuité. En effet, l'eau est affectée de façon croissante par des matières minérales et organiques et même des microorganismes dont certains sont pathogènes et donc dangereux pour la santé [15].

La pollution des eaux est une notion qui est en constante évolution dans le passé. La pollution concernait des substances ajoutées volontairement ou involontairement dans les eaux par l'homme. Une nouvelle définition de la pollution des eaux serait plutôt : toute substance qui interdit un usage de l'eau [16].

L'eau souterraine, qui est jugée la plus potable, est la ressource la plus couramment utilisée dans les pays en développement. Cependant, cette eau est aussi très vulnérable à la pollution, et sa protection s'impose à tous les niveaux.

Bien que se trouvant en profondeur, ces eaux souterraines peuvent être polluées. Malgré les nombreux filtrages que subissent les eaux souterraines, il est toujours possible qu'elles contiennent des bactéries ou des éléments indésirables. En effet, les puits sont généralement pollués par :

- la pénétration d'impuretés par les ouvertures.
- la contamination par la présence de fosses septiques.
- les fuites des conduits d'égouts.
- l'infiltration des dépotoirs ou les terrains d'enfouissement.
- les activités menées autour du puits.

Avec la pluie les eaux sont entraînées en partie par ruissellements et en partie s'infiltrent, contribuant à la recharge de la nappe, mais aussi sa pollution par l'entraînement des matières organiques et minérales de la surface [17].

Les nappes d'eau souterraines, alimentées uniquement par infiltration, ne sont pas épargnées, les polluants peuvent mettre longtemps à les atteindre mais y demeurer des dizaines d'années, voire d'avantage si la circulation de l'eau est lent, leur pollution n'est donc pas immédiate, mais en effet est plus durable et difficilement réversible [18].

I.6. Traitement des eaux souterraines

Les eaux souterraines qui ont une composition étroitement liée aux terrains qui les contiennent sont le plus souvent exemptes de germes pathogènes. C'est pourquoi on dit qu'elles sont naturellement pures. Néanmoins, la zone de captage doit être protégée par une réglementation efficace et prendre

des précautions pour éviter une contamination de l'eau dans le réseau de distribution. Lorsqu'une protection continue ne plus être garantie du point de captage au point de consommation, il est impératif de procéder à une désinfection et de maintenir une concentration de chlore résiduel suffisant [19].

Le traitement comportera l'une ou la totalité des étapes suivantes :

- Sédimentation : c'est le traitement le plus simple. Il consiste à stocker l'eau dans les réservoirs pendant un bout de temps plus ou moins long. Les matières en suspension se déposent.
- Floculation : la sédimentation est favorisée par l'addition de réactifs chimiques comme le sulfate d'alumine le « flocculant » qui en résulte peut éliminer dans de bonnes conditions les bactéries présentes.
- La décantation et filtration : on avait autre fois recours à la filtration lente sur sable fin, directement appliquée à l'eau brute. Actuellement les eaux brutes subissent d'abord un traitement de coagulation puis de décantation et leur filtration devient alors très rapide.
- Stérilisation : elle constitue l'étape finale du traitement. Elle est destinée à inactiver les microorganismes, pathogènes ou non, qui n'ont pas été retenus au cours des opérations précédentes. Le procédé le plus répandu est la chloration [20].

I.7. Les paramètres de qualité

I.7.1. Les paramètres physico-chimiques

I.7.1.1. Le potentiel Hydrogène (pH)

Le pH de l'eau traduit son acidité ou son alcalinité par sa concentration en anhydride carbonique lié à la minéralisation totale. C'est un facteur déterminant de l'agressivité de l'eau vis-à-vis des canalisations. Les normes préconisent un pH compris entre 6.5 et 8.5 [21]. Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain, à l'aide d'un pH mètre ou par une colorimétrie [22].

I.7.1.2. La conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm [21].

Elle s'exprime en siemens par mètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par mètre. Elle dépend de la nature des ions dissous et de leurs concentrations. La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité [23].

I.7.1.3. La turbidité

La turbidité est la réduction de la transparence d'une eau due à la présence de matières non dissoute fines telles que : argile, limons, grains de silice matières organiques, etc.

L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure le degré de turbidité, on comprend immédiatement qu'il existe une certaine relation entre la concentration en matières en suspension et la turbidité d'une eau [24].

Pour la sécurité de l'eau de boisson, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU (Unité Néphélométrie de Turbidité) [21].

La turbidité dans certaines eaux souterraines est la conséquence de particules inertes d'argile et de calcaire, ou de la précipitation du fer réduit ou autres oxydes non solubles quand l'eau est issue de nappes anaérobiques [25].

I.7.2. La Minéralisation globale

I.7.2.1. Les chlorures

Le chlorure est présent à l'état naturel en raison de l'altération météorique des roches et des sols. Certaines activités humaines peuvent également contribuer à la présence de chlorure dans l'eau de puits. Dans l'eau, le chlorure n'a ni odeur, ni couleur, mais peut procurer un goût salé [26].

Très répandus dans la nature, généralement sous forme de NaCl, KCl ou CaCl₂ les chlorures constituent 0,05 % de la lithosphère [13].

Leurs origines dans les eaux souterraines varient entre naturelles (contact de certaines formations géologiques, pénétration de l'eau de mer dans les régions côtières...) et anthropiques (l'industrie chimique, exploitation des puits de pétrole, rejets des égouts, drainages d'irrigation...).

La principale source de chlorures pour l'organisme humain est fournie par l'alimentation, la dose moyenne journalière étant de 6 grammes voire 12 grammes si l'on utilise du sel comme condiment. L'ingestion par l'eau de boisson reste généralement inférieure à 100 mg/jour [27].

Les chlorures dans l'eau de boisson sont généralement inoffensifs pour la santé humaine.ils sont souvent associés au sodium, ce-qui peut causer un souci pour les personnes qui suivent un régime alimentaire limitant le sodium ; La plus-part des personnes trouvent une eau qui contient plus que 200 mg/l de chlorures désagréable à boire, à cause du goût salé [28].

I.7.2.2. Le calcium

Le calcium est un élément principal de la dureté de l'eau, c'est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Ses sels se rencontrent dans presque toutes les eaux naturelles. Ils s'y dissolvent en majorité lors de l'attaque de roches calcaires par l'anhydride carbonique dissous (CO_2). Leur teneur dans l'eau, qui peut varier de 1 à 150 mg/l, est directement liée à la nature géologique des terrains traversés [27].

Le calcium est trouvé dans les eaux qui ont traversé des roches calcaires. Avec le magnésium, il est responsable de la dureté de l'eau. Cette dureté de l'eau est exprimée par le titre hydrotimétrique en degrés français ($20^\circ\text{F} = 4 \text{ mg/L}$ de calcium) [28].

Le calcium présent dans l'eau potable peut avoir des effets bénéfiques, mais cet élément peut être nocif pour la santé à des concentrations très élevées.

I.7.2.3. Le magnésium

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature, dans de nombreux minéraux et dans les calcaires, c'est pourquoi on le trouve pratiquement dans toutes les eaux naturelles, généralement sous forme de carbonates (MgCO_3) et de bicarbonates (Mg_2HCO_3).

Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle (industrie de la potasse, alliages, pyrotechnie, batteries sèches, réducteur chimique, engrais, céramiques, explosifs, médicaments...) font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes (quelques mg/l à plusieurs centaines de mg/l). Cet élément indispensable pour la croissance et la production de certaines hormones est apporté de 20 à 30 % par l'eau [27]. Le magnésium présent dans l'eau peut avoir un effet laxatif et peut modifier son goût. Une eau dure contient beaucoup de calcium et de magnésium. Le calcium et le magnésium, principaux éléments qui contribuent à la dureté d'une eau, ces paramètres peuvent modifier le goût, l'odeur ou la couleur de l'eau. Même si une eau dure ne pose pas de risques pour la santé aux concentrations normalement présentes dans l'eau de puits, elle peut toutefois endommager la plomberie et les appareils ménagers [29].

I.7.3. Les paramètres de pollution

I.7.3.1. L'ammonium

Le terme d'ammonium ou azote ammoniacal inclut les espèces ionisées (NH_4^+) et les espèces non ionisées (NH_3) ; « dans une eau de pH habituel (6,5 - 8,5) la majeure partie de l'azote ammoniacal se trouve sous forme d'ions ammonium (NH_4^+), qui est relativement peu toxique » [13].

L'ammonium dans l'environnement provient des processus métaboliques, agricoles et industriels, sa présence dans l'eau est souvent un indicateur de pollution bactérienne.

Les teneurs naturelles en ammonium dans les eaux souterraines et de surface sont habituellement inférieures à 0,2mg/l. Les eaux souterraines anaérobiques peuvent contenir jusqu'à 3mg/l [25].

Des eaux profondes peuvent se charger en ammoniacque par réduction des nitrates sous l'action de bactéries ou par des sables qui renferment des minéraux contenant du fer (par exemple, glauconie). Habituellement, les eaux souterraines sont pauvres en azote ammoniacal. Mais des eaux issues de sols riches en substances humiques ou riches en fer peuvent présenter des teneurs de l'ordre de 1 à 3 mg/l.

La présence d'azote ammoniacal en quantité relativement importante peut être l'indice d'une pollution par des rejets d'origine humaine ou industrielle [27].

I.7.3.2. Les sulfates

Naturellement présents dans les eaux, en concentration très variable (importante au contact de terrains gypseux ou proches de mines de fer), ils sont parfois le témoin d'une pollution industrielle (textile, papeterie...) [28].

La présence des sulfates dans l'eau de boisson lui confère un gout particulier ; les seuils de détection du gout varient avec la nature des cations associés (250mg/l pour les sulfates de sodium et 1000mg/l pour les sulfates de calcium) [25].

À des concentrations supérieures à 500 mg/l, le sulfate peut modifier le goût de l'eau. À des concentrations supérieures à 1000 mg/l, le sulfate peut avoir un effet laxatif [30].

I.7.3.3. Les orthophosphates

Dans les eaux naturelles, les orthophosphates sont principalement sous la forme (H_2PO_4^-) et (HPO_4^{2-}) et rarement sous la forme (PO_4^{3-}), qui est la phase finale des équilibres de l'acide phosphorique [31].

Les orthophosphates constituent la majeure partie du phosphore inorganique dissout dans une eau naturelle. Les ions phosphates (PO_4^{3-}) contenus dans les eaux de surface ou de nappe peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière organique, lessivage des minéraux), mais à l'heure actuelle, leur présence dans les eaux est essentiellement due aux rejets, domestiques (polyphosphates des détergents), agricoles (engrais, pesticides), voire industriels (agroalimentaires, laveries, ateliers de traitement de surface), la présence de phosphore dans les eaux souterraines est généralement un indice de pollution. Cependant, la plupart des eaux de boisson contiennent des doses inférieures à 0,1 mg/l [27].

I.7.3.4. Les nitrites

Les ions nitrites (NO_2^-) constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates.

Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans l'eau est donc rare et en faible quantité [13].

Dans les eaux non polluée et dans les zones où l'autoépuration est active, les nitrites sont quasi absents (environ 0.01 mg.l^{-1}). La pollution est considérée comme significative au-delà de 1 mg.l^{-1} . Une eau chargée en nitrite est le plus souvent corrélée à un dysfonctionnement du cycle de l'azote [32]. Les concentrations de nitrite dans l'eau potable sont habituellement de l'ordre de quelques milligrammes par litre ou moins [33].

I.7.3.5. Les nitrates

La quantité de précipitations, la profondeur de la nappe aquifère, la présence de matières organiques ainsi que d'autres propriétés physico-chimiques déterminent en grande partie le devenir du nitrate dans le sol [33].

Les nitrates (NO_3^-) représentent la forme azotée souvent la plus présente dans les eaux naturelles, ils constituent la composante principale de l'azote inorganique du fait qu'ils constituent le stade final d'oxydation de l'azote.

Les nitrates se trouvent naturellement dans les eaux provient en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Ils constituent le stade final de l'oxydation de l'azote et ils se trouvent naturellement dans les eaux de surface ainsi que dans les eaux souterraines [13].

L'absorption des nitrates ingérés par l'organisme est rapide et excède les 90 %, environ 25 % circule dans la salive d'où 20 % sont transformés en nitrites par l'action des bactéries dans la bouche. La méthémoglobinémie a été fréquemment associée avec les puits privés. Il est particulièrement important de s'assurer que les fosses septiques ne soient pas installées près d'un puits ou de là où un puits sera creusé [25].

I.7.4. Les paramètres microbiologiques

La qualité microbiologique de l'eau est essentielle et elle implique un contrôle régulier et éventuellement un traitement de l'eau [34].

I.7.4.1. Les coliformes

Dans l'analyse des eaux, on distingue deux groupes au plan nosologique : les coliformes thermotolérants, capables de croître à 44°C, d'origine humaine et souvent pathogènes, et les coliformes totaux qui croissent à 37°C dont certains ne sont pas liés aux matières fécales [35].

a- Les coliformes fécaux

L'organisation internationale de standardisation (ISO) a défini les coliformes comme «Bacille à gram négative, non sporogène, oxydase négative, facultativement anaérobie, capable de croître en présence de sels biliaries ou d'autres agents de surfaces possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capable de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37°C» [23].

C'est-à-dire des espèces fécales qui constituent des germes indicateurs de contamination fécale en bactériologie alimentaire et des eaux. Encore appelés «coliformes thermotolérants» dans les critères microbiologiques applicables aux aliments. Ils ont les mêmes propriétés que les coliformes, mais à la température de 44°C [34].

b- *Escherichia coli*

Correspond à des coliformes thermotolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane à 44°C [23]. Les *Escherichia coli* sont souvent directement recherchés dans certains types d'eaux [34]. C'est une bactérie coliforme thermorésistante, capable de croître à 44°C, qui est commune dans le tube digestif de l'homme mais aussi dans les eaux présentant une pollution microbiologiques. Elle constitue un indice de contamination des eaux par des matières fécales [35].

Si l'E. Coli est présent dans une eau, cela signifie qu'elle a récemment été contaminée par des matières fécales et que d'autres pathogènes peuvent être présents. Il faut donc rechercher la source de la contamination et corriger la situation.

Si l'E. Coli est absent, mais que les coliformes totaux sont présents, il y a trois possibilités :

- Il se peut qu'une couche de bactéries se soit formée à l'intérieur de votre puits ou de la tuyauterie. Cette couche porte le nom de pellicule biologique.
- Il se peut que l'eau de surface pénètre dans votre puits, ce qui accroît les risques de contamination par matières fécales animales.
- Il se peut que l'eau de votre puits provienne d'un aquifère contenant des bactéries. Cela peut se produire quand l'eau souterraine provient d'une source peu profonde [30].

c- Les coliformes totaux

Il s'agit de citrobacter et d'enterobacter. Les « coliformes totaux », sont recherchés en bactériologie des eaux et en bactériologie alimentaire, ils sont recherchés à 30 °C ou à 37°C [34].

Le groupe des coliformes totaux est utilisé depuis la fin du 19^e siècle comme indicateur de pollution. La présence de coliformes totaux dans l'eau traitée, ou le dépassement des normes réglementaires, n'implique pas nécessairement un risque pour la santé publique [36].

I.7.4.2. Les streptocoques fécaux

Ce sont des Cocci à Gram positif, sphériques ou ovoïdes, disposés en paire pour former des diplocoques et pouvant se présenter sous forme de chainettes parfois longues, ils ne sporulent pas [37]. Ce sont des bactéries ubiquistes, saprophytes des eaux, de l'air, du sol...etc. Elles sont aussi commensales des cavités naturelles ou des téguments de l'homme et des animaux; certains streptocoques sont strictement adaptés à l'homme.

En effet, des streptocoques appartenant à différents groupes de la classification antigénique de Landefeld sont pathogènes pour l'homme et pour les animaux. Cependant, les streptocoques classés avec l'ensemble « streptocoques du groupe D » sont des bactéries commensales de la flore intestinale humaine et animale; certaines espèces peuvent être pathogènes, ces germes sont encore souvent dénommés « streptocoques fécaux » dans la législation européenne et française des eaux [34].

Parmi les streptocoques, seules les espèces de streptocoques du groupe D constituent des indicateurs témoins de contaminations fécales dans les eaux. La recherche de ces germes dans plusieurs types d'eaux constitue un paramètre microbiologique dénommé « streptocoque fécaux » [23].

Cependant, en 2000, l'EPA a proposé d'inclure la recherche des entérocoques à titre d'indicateurs de contamination fécale de l'eau souterraine, au même titre que l'*Escherichia coli* et les virus coliphages. Selon cette agence, un seul échantillon positif devrait entraîner une notification aux autorités sanitaires et l'application de mesures adéquates, comme la désinfection, afin de protéger la santé publique [38].

I.8. Aspect réglementaire

La réglementation concernant la qualité de l'eau de boisson est constituée de plusieurs textes et directives qui peuvent varier selon le pouvoir exécutif qui les adopte. La conception d'une norme doit être effectuée de telles façons que ces seuils soient le plus précis possible pour protéger le consommateur et en même temps ne pas limiter les ressources en eau potable.

I.8.1. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

L'OMS s'est employée, depuis de nombreuses années, à passer en revue et à évaluer les informations concernant les aspects sanitaires liés à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine avant d'établir à ce sujet un document à caractère consultatif : « Guidelines for Drinking-water Quality ».

La première publication de ce rapport date de 1958 et il est régulièrement mis à jour (dernière version : 2011).

Les valeurs des différents paramètres de qualité des eaux sont, à titre de recommandation, sous forme de valeurs guides (VG) qui correspondent à la concentration à laquelle l'eau ne présente pas de risque sensible pour la santé du consommateur et conserve ses qualités organoleptiques.

Ces recommandations concernent un grand nombre de paramètres, mais n'ont pas de caractère contraignant ; ainsi, chaque pays pourra se servir de ces recommandations pour mettre en place sa propre législation.

I.8.2. Les directives Européennes

Tout pays appartenant à l'Union Européenne doit s'adapter aux textes réglementaires et directives européennes [23].

Ces directives ont pour but d'harmoniser les pratiques dans les différents pays de la Communauté et doivent être transcrites en droit national de chaque pays en respectant les valeurs de ces normes avec des possibilités limitées de dérogation sur certains points.

I.8.3. La réglementation Algérienne

L'Arrêté interministériel du 22 janvier 2006 parut dans le journal officiel de la République Algérienne N° 27 du 26 avril 2006, est le texte réglementaire principal posé par le ministère des Ressources en eau relatif aux eaux de source, leur traitement et les adjonctions autorisés. Cet arrêté est synthétisé à base d'autres textes précédents ; il propose une liste des normes spécifiques pour chaque paramètre.

Tableau I. Les normes Algériennes des paramètres physico-chimiques [39]

Paramètres physico-chimique	CMA	Effets indésirables
Chlore	0.2-0.6 mg/l	<0.2 peu efficace sur la désinfection. >0.1 peut entrainé des effets cancérigènes.
pH	6.5-8.5	pH acide, corrosion des conduites.

Température	25°C	Basse ; diminue l'efficacité du traitement. Elevée ; favorise la croissance microbienne et la formation des THM
Turbidité	5NTU	Protège les micro-organismes contre les effets de la désinfection.
Nitrates	50mg/l	Risque de méthémoglobinémie infantile.
Nitrates	0.1mg/l	Risque de méthémoglobinémie infantile.
Azote ammoniacal	0.5mg/l	Favorise le développement de certaines bactéries génératrices de mauvais gout.
Résidu sec	2000mg/l	Gout désagréable.
Calcium	200mg/l	Entartrage des conduites.
Magnésium	500mg/l	Combine au SO ₄ génère gout.
Dureté total(TH)	500mg/l CaCo ₃	Entartrage des conduites. Consommation excessive de savon.
Sodium	205mg/l	A concentration élevée, gêne les hypertendus.
Potassium	15mg/l	Entraine gout désagréable.
Chlorures	600mg/l	Saveur désagréable, effet laxatif corrosion des conduites.
Sulfates	400mg/l	Troubles gastro-intestinaux, corrosion des conduites.
Aluminium	0.2mg/l	Désordre neurologique.
Cuivre	1mg/l	Saveur désagréable, Tache de linge et la plomberie domestique.
Fer	0.3mg/l	Saveur désagréable. Tache de linge et la plomberie, favorise le développement de bactéries.
Manganèse	0.5mg/l	Saveur désagréable. Tache de linge et la plomberie, favorise le développement de bactéries.
Cadmium	0.05mg/l	Maladie d'ITAI-ITAI
Chrome	0.05mg/l	Nécrose du foie, néphrite.
Cyanures	0.05mg/l	Peuvent être mortels à dose élevée.
Fluorures	15mg/l	Altération dentaire et fluorose du squelette
Plomb	0.05mg/l	Saturnisme
Sélénium	0.01mg/l	Carie dentaire
Arsenic	0.05mg/l	Troubles gastro-intestinal, hépatique et rénaux. Trouble du métabolisme glucidolipidique.
Mercure	0.01mg/l	Dose mortelle 0.15-0.5 de chlore mercurique. Troubles neurologiques.

Tableau II. Les normes Algériennes des paramètres bactériologiques [39].

Paramètres bactériologiques	CMA	Méthodes d'analyses	Effets sur santé et signification
Germe totaux	10/100ml à 37°	Gélose nutritive.	Indicateur d'efficacité du traitement.
Coliformes totaux et fécaux	0/100 ml	Filtration sur membrane et tube multiple	Gastro-entérite infantile. Contamination fécale récente.
Streptocoque fécaux	0/100 ml	Filtration sur membrane et tube multiple	Contamination fécale récente.
Clostridium sulfitoréducteur	0/20 ml	Filtration sur membrane	Contamination fécale ancienne.

I.9. Les Maladies à Transmission Hydrique (M.T.H)

L'impact de la pollution biologique se résume dans les maladies à transmission hydrique (M.T.H). Les maladies à transmission hydrique sont devenues très rares dans les pays développés, en raison du niveau d'hygiène des populations et de l'application rigoureuse de mesure draconienne de sécurité alimentaire. Ce qui est loin d'être le cas dans les pays en voie de développement qui sont régulièrement touchés par des épidémies plus en moins étendues [40].

Depuis l'indépendance la tendance d'évolution des maladies à déclaration obligatoire en Algérie montre la prédominance des maladies liées à l'hygiène du milieu en général et des maladies à transmission hydrique en particulier. En effet les maladies à transmission hydriques (surtout le choléra, la fièvre typhoïde, les dysenteries, l'hépatite virale A) sont en terme de morbidité les premières maladies à déclaration obligatoire [41].

Les maladies d'origine hydrique sont dues à un agent infectieux : bactéries, virus ou protozoaire pathogènes pour l'homme, responsables de gastroentérites aiguës et inflammation de l'estomac et du tube digestif : se sont des infectieux alimentaires et intoxication alimentaires touchés par des épidémies plus en moins étendues [40].

Chapitre II

Matériel & méthodes

II. Présentation de la zone d'étude

II.1. Situation et présentation de la région de Jijel

Jijel est une région côtière, située au Nord-est du pays, à une distance de 360 km de la capitale. Elle occupe une superficie de 2.396,63 km² elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, à l'ouest par la Wilaya de Bejaïa, à l'est par la Wilaya de Skikda, au sud-ouest par la Wilaya de Sétif, au sud par la Wilaya de Mila et enfin au sud-est par la Wilaya de Constantine (Fig. 02) [42].

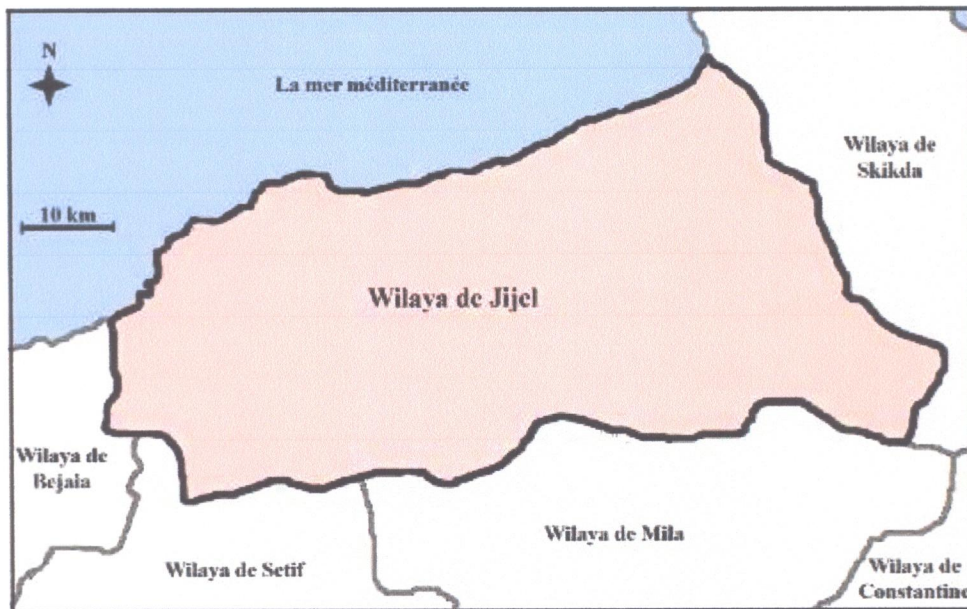


Figure 02. Situation géographique de la wilaya de Jijel [42].

II.2. Climat

Le climat de la wilaya est de type méditerranéen, généralement considéré comme chaud et sec en été ; il est pluvieux et frais à froid en hiver. La région de Jijel appartient à un étage climatique humide.

La Wilaya de Jijel bénéficie d'une pluviométrie de l'ordre de 1200 mm/an. Elle est parmi les régions les plus arrosées d'Algérie.

Deux types de vents dominants sur la région de Jijel :

- Le vent du Nord-ouest, d'octobre en avril.
- Le vent du Nord-est, entre mai et septembre.

L'humidité de l'air est généralement élevée, avec moyennes annuelles de 75% [43].

II.3. Prélèvements et analyses des eaux souterraines

L'étude a été menée sur des échantillons d'eau provenant de certains puits en milieu urbain dans la ville de Jijel. Seulement un prélèvement d'eau a été effectué dans chaque puits (Fig.03).



Figure 03. Le prélèvement de l'eau d'un puits.

Dans le but de mieux apprécier les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux, notre travail a été réalisé au niveau de 11 puits (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10 et P11)

(fig. 05) représentatifs à savoir :

- **P1** : puits provient de la cité **EL M'KASSAB**.
- **P2** : puits provient de la **Résidence Universitaire Boussaa Abd El-Rahmen**.
- **P3** : puits provient de la cité **BELHAYEN**.
- **P4** : puits provient de la cité **LAZOUINE**.
- **P5** : puits provient de la cité **PIAZA**.
- **P6** : puits provient de la cité **BOURMEL**.
- **P7** : puits provient de la cité **OULED AISSA**.
- **P8** : puits provient de la cité **EL RABTA**.
- **P9** : puits provient de la cité **CENTRE VILLE**.
- **P10** : puits provient de la cité **EL AKABI**.
- **P11** : puits provient de la cité **CAMP CHEVALIER**.



Figure 04. Exemple d'un point de prélèvement (Résidence Universitaire).

II.4. Justification du choix des points de prélèvement

Afin de pouvoir couvrir l'ensemble du tissu urbain de la ville de Jijel, et selon la disponibilité d'accès aux points de prélèvement, nous avons opté pour les 11 points de prélèvement répartis spatialement selon la figure (05).

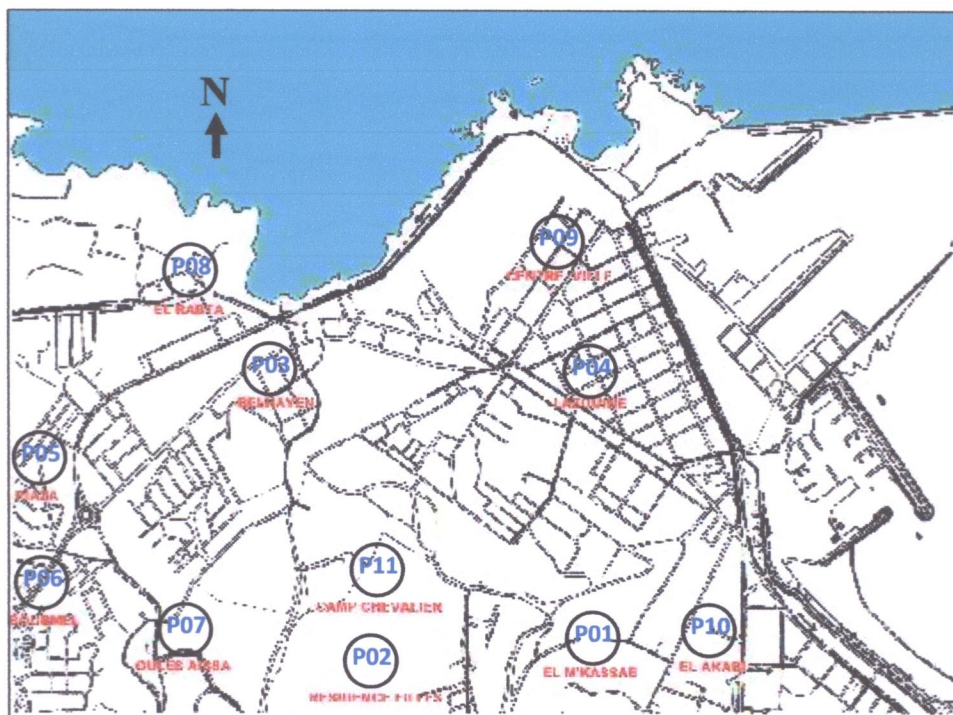


Figure 05. Localisation des points de prélèvements

Après prélèvements, les échantillons de l'eau destinés à l'analyse physico-chimique et microbiologique ont été mis dans des flacons en plastique puis acheminés au laboratoire pour l'analyse.

II.5. Justification du choix des paramètres étudiés

L'intérêt croissant porté à la qualité de l'eau et ses multiples usages ont conduits les professionnels de l'eau à établir un certain nombre de descripteurs physico-chimiques et microbiologiques qui la caractérise et nous permettent d'évaluer sa qualité. Et vue que le présent travail a été effectué au laboratoire de l'Algérienne des eaux (A.D.E) de Jijel, le choix des paramètres étudiés été en fonction du matériel disponible ainsi qu'aux analyses les plus couramment effectuées.

II.5.1. Le pH

L'appareil utilisé est un pH-mètre qui porte la marque HACH (technologie Américaine), l'eau à analyser est versée dans un récipient en verre où l'électrode du pH-mètre est ensuite plongée ; lorsque l'écran d'affichage se stabilise sur une valeur, l'appareil émet un bip et on peut noter le résultat. Pour procéder à l'analyse de l'échantillon suivant, il faut rincer le récipient et faire plonger l'électrode dans de l'eau déminéralisée. Les résultats sont exprimés en unité de pH.

II.5.2. La conductivité électrique

L'appareil utilisé est un conductimètre de marque HACH -même mode d'emploi que le pH-mètre, l'électrode est plongée dans l'eau à analyser ; lorsque l'écran d'affichage se stabilise sur une valeur, l'appareil émet un bip et on peut noter le résultat. Pour procéder à l'analyse de l'échantillon suivant, il faut rincer le récipient et faire plonger l'électrode dans de l'eau déminéralisée. Les résultats sont exprimés en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

II.5.3. La turbidité

Grâce à un turbidimètre de marque HACH, la mesure de ce paramètre est effectuée en quelques secondes ; il suffit de remplir un petit flacon en verre de quelque millilitres avec de l'eau à analyser après avoir bien secoué la bouteille, puis mettre le flacon dans son étui à l'intérieur de l'appareil et noter le chiffre qui s'affiche à l'écran. Les résultats sont exprimés en NTU.

II.5.4. La spectrophotométrie

La quantification de certains paramètres nécessite le recours aux techniques de spectrophotométrie, comme nitrate, nitrite, orthophosphate, sulfate, ammonium (Annexe 01).

Le matériel utilisé été : un spectrophotomètre précalibré, de la verrerie, de l'eau distillée ainsi que des réactifs spécifiques pour l'étude de chaque paramètre.

II.5.5. La titrimétrie

Cette méthode a été utilisée pour le dosage du calcium et du magnésium ainsi que pour le dosage des chlorures.

Le matériel utilisé dans cette technique est un titrimètre, des réactifs spécifiques pour chaque dosage et de la verrerie.

Le rôle du titrimètre est de mesurer le volume du réactif nécessaire pour que le complexe échantillon à analyser-indicateur change de couleur (Annexe 01).

II.5.6. Analyses microbiologiques

La recherche et le dénombrement des bactéries dans l'eau (coliformes totaux, fécaux et streptocoques) sont réalisés sur les milieux de Rothe (à simple et à double concentration), et de BCPL (à simple et à double concentration) suivant la méthode du NPP (nombre le plus probable) avec trois (03) séries chacune contient trois (03) tubes. La lecture se fait à 37°C pour les streptocoques fécaux et à 44°C pour les coliformes totaux et fécaux, dont *Escherichia coli* fait partie à cette dernière catégorie, on peut confirmer leur présence par l'ajout de quelques gouttes de réactif Kovacs.

II.6. Présentation des résultats

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau des différents puits étudiés durant la période d'étude, sont illustrés sous forme d'histogrammes. Elle sera assistée par la suite par une approche cartographique avec laquelle nous attribuons à chaque paramètre une ou des couleurs renseignant sur la qualité physico-chimiques et microbiologique de l'eau.

Dans notre travail, nous avons réalisé aussi une analyse en composante principale (A.C.P), en vue de mettre en évidence les relations entre variables d'une part et la distribution des individus compte tenu de l'ensemble de leurs caractères physico-chimiques d'autre part. L'A.C.P est une technique de représentation des données sous certains critères algébrique et géométrique, son objectif est d'extraire l'essentiel de l'information contenue dans les tableaux des données et d'en fournir une représentation graphique simple à interprétées compte tenu des corrélations des données [44]. Le traitement statistique des données est réalisé par le logiciel STATISTICA (version 7).

Chapitre III

Résultats et discussion

III. Le Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux (SEQ-Eau)

Depuis 1971, dans l'optique de rendre lisible les résultats de l'analyse de l'eau pour le plus grand nombre d'utilisateurs et pour permettre leur transcription cartographique simple, des classes de qualité générale ont été définies par traitement statistique et définition de seuils de nuisances (tab. III).

Tableau III. Grilles de production d'eau potable [45].

Classe d'aptitude	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
1- Acidification					
pH	6.5 - 8.2	6 - 9	5.5 - 9.5	4.5 - 10	
2-Particules en Suspension					
Turbidité	1	35	1500	3750	
3- Minéralisation					
Conductivité(μ S/cm)	180 - 2500	3000	3500	4000	
Chlorures (mg/l)	200				
Sulfates (mg/l)	250				
Calcium (mg/l)	32 - 160	22 - 230	12 - 300	0 - 5000	
Magnésium (mg/l)	50	75	100	400	
Ammonium (mg/l)	0.05	0.5	4		
4- Matières phosphorées					
Orthophosphates(mg/l)	0.1	0.5	1	2	>2
5- Matières Azotées					
Nitrates (mg/l NO ₃)	50				
Nitrites (mg/l NO ₂)	0.03	0.3	0.5	1	
6- Micro-organismes					
Coliformes totaux (u/100ml)	50	500	5000	50000	
Coliformes fécaux (u /100ml)	20	200	2000	20000	
Escherichia Coli (u/100ml)	20	200	1000	10000	
streptocoques fécaux (u/100ml)	20	200	2000	20000	

La transcription de la qualité des cours d'eau était alors faite à partir d'une grille de qualité proposant pour une trentaine de paramètres une répartition en cinq classes, affectées d'un code de couleur. Cette échelle globale a été très utilisée, autant dans les constats que dans les objectifs à atteindre. En effet, la définition de ces classes est la suivante :

Couleur **bleue**: Qualité **très bonne**, absence de pollution,.

Couleur **verte**: Qualité **bonne**, pollution modérée,.

Couleur **jaune**: Qualité **passable**, pollution nette,.

Couleur **orange**: Qualité **mauvaise**, pollution importante,.

Couleur **rouge**: Qualité **très mauvaise**, pollution excessive.

Ce support d'interprétation permet de situer les résultats d'analyse (une teneur en nitrate, par exemple), mais surtout d'exploiter les nombreuses données issues des réseaux de mesures [46].

III.1. Qualité physico-chimique de l'eau

Les résultats des paramètres physico-chimiques sont consignés dans le tableau (IV) et représentés graphiquement dans les figures (06_a - k) et (07_a - k). En effet, ces résultats font par la suite l'objet d'une comparaison à la grille de la qualité des eaux souterraines (tab. III).

Tableau IV. Les résultats des paramètres physico-chimiques des eaux analysées.

Paramètres physico-chimiques	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
PH	7.42	6.80	8.07	7.48	8.01	7.87	8.18	7.58	7.78	8.09	7.45
Conductivité (µs/cm)	796	421	1136	929	368	925	1339	1142	874	226	1835
Turbidité	4	1,35	1,72	0,38	2,33	0,39	1,08	1,19	1,43	1,01	4,9
Sulfate (mg/l)	0	0	3.21	0.61	0	9.57	7.48	3.43	0	0.53	5.13
Orthophosphate (mg/l)	0	0.03	0	0	0	0	0	0	0.061	0	0
Nitrite (mg/l)	0.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitrate (mg/l)	172.7	14.6	16.78	203.7	14.9	212.6	82.3	32.6	139.9	0	80.62
Chlorure (mg/l)	110.0	67.4	173.9	234.3	163.3	134.9	259.1	220.1	188.1	202.35	457.9
Ammonium (mg/l)	0	0.1	0.1	0	0.1	0	0	0	0	0	0
Calcium (mg/l)	440	77.4	459.2	101.3	77.4	437.7	128.4	248.4	352.3	20.48	202.9
Magnésium (mg/l)	75	23.4	204.7	73.71	13.4	110.3	112.4	120.5	44.44	6.55	160.0

III.1.1. Le Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau, il représente une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau (aptitude à dissoudre le calcaire).

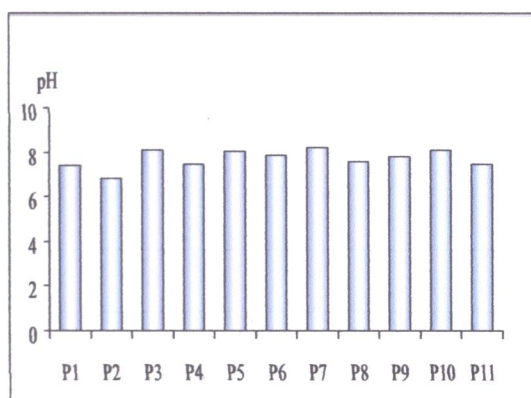
Les valeurs du potentiel Hydrogène se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles [47]. Pour ce qui est des eaux de la zone d'étude (Fig.06_a) elles ne montrent pas de variations notables et ont tendance d'être basiques. Elles sont considérées comme très bonnes et ne présentent aucune incidence sur la qualité de la nappe (Fig. 07_a).

III.1.2. La conductivité électrique

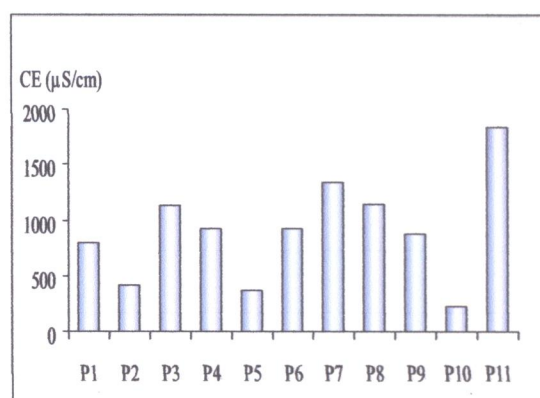
La conductivité représente l'un des moyens de valider les analyses physicochimiques de l'eau, en effet des contrastes de conductivité mesurés sur un milieu permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélange ou d'infiltration....

La conductivité sert d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau [48,49].

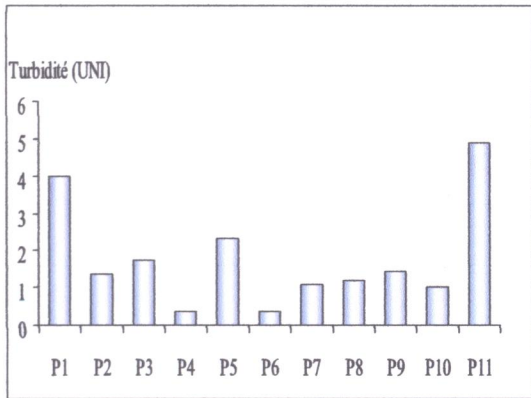
Les valeurs enregistrées pendant les analyses sont importantes mais ne semblent pas dépasser les normes préconisées (Tab III ; Fig. 06_b) ; ce qui reflète une bonne minéralisation de la zone d'étude particulièrement celles de BELHAYEN, OULED AISSA et CAMP CHEVALIER. De ce fait, pour ce paramètre, les eaux de onze points d'échantillonnage sont de très bonne qualité et peuvent être consommées sans risque (Fig. 07_b).



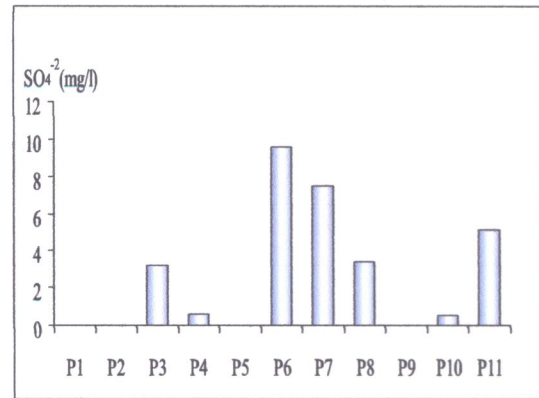
(a)



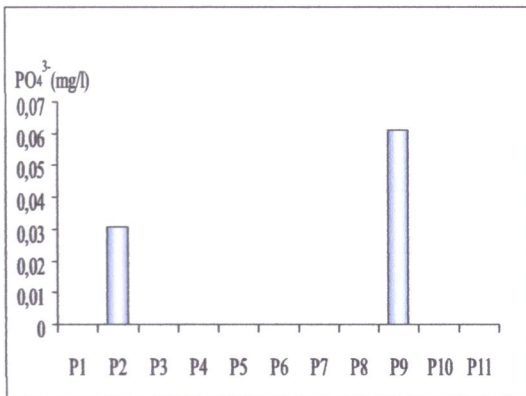
(b)



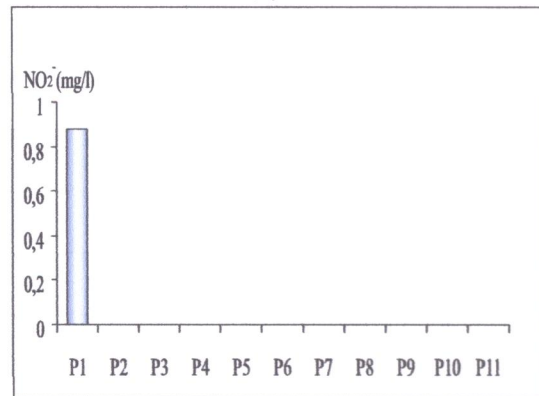
(c)



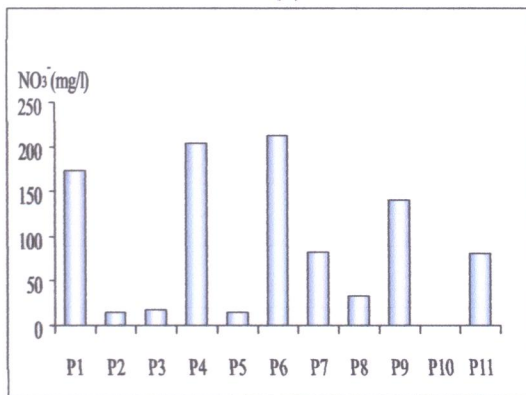
(d)



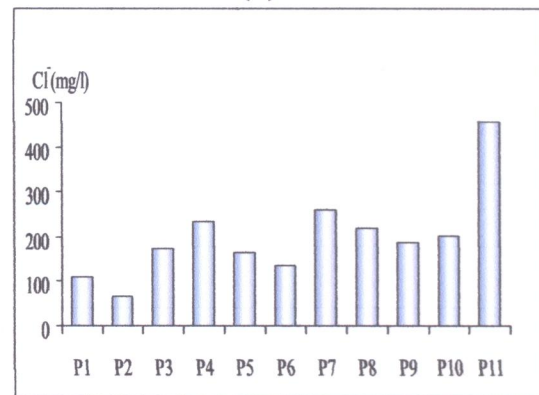
(e)



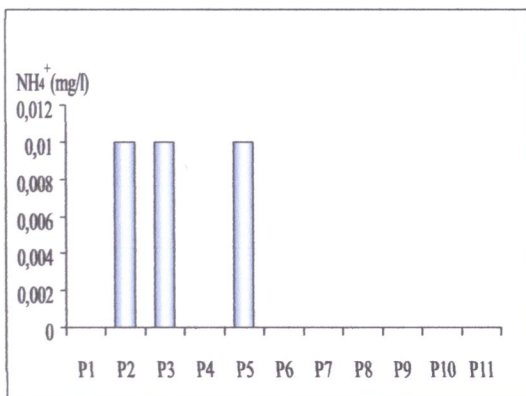
(f)



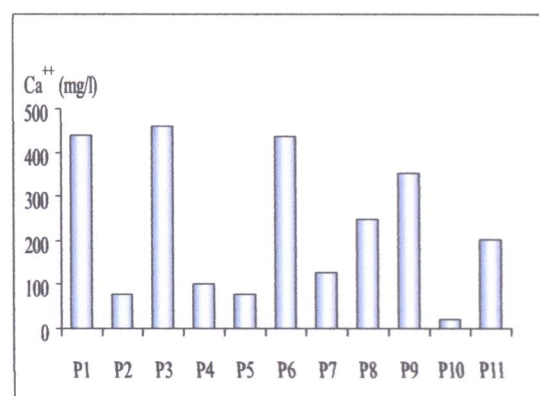
(g)



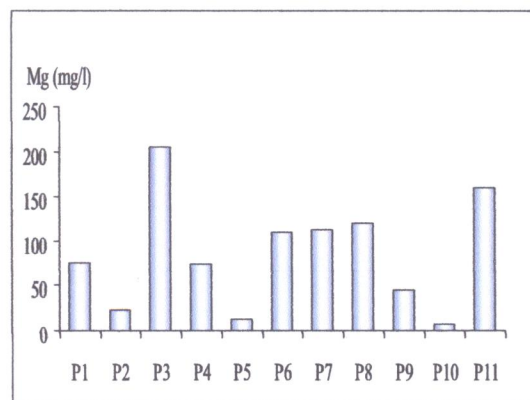
(h)



(i)



(j)



(k)

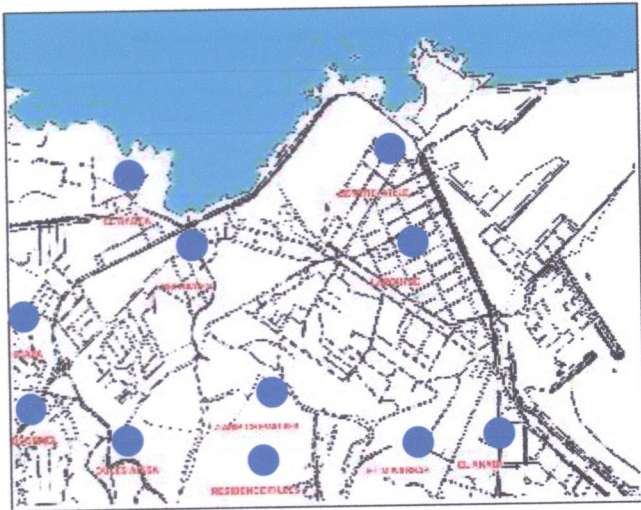
Figure 06. Variations spatiales des paramètres physico-chimiques de l'eau : le pH (a), la conductivité électrique (b), la turbidité (c), les sulfates (d), les orthophosphates (e), les nitrites (f), les nitrates (g), les chlorures (h), l'ammonium (i), le calcium (j), le magnésium (k).

III.1.3. La turbidité

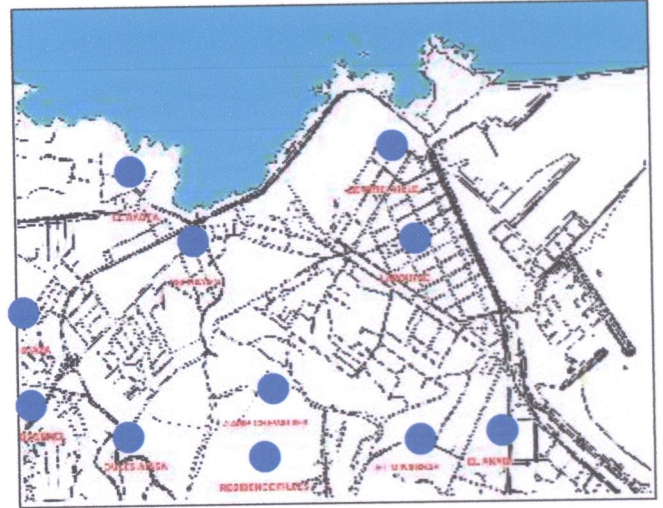
La turbidité est un paramètre organoleptique et une expression des propriétés optiques d'une eau à absorber ou/et à diffuser la lumière elle est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers est relative: certaines populations habituées à consommer une eau très colorée n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. Cependant, une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension: la qualité bactériologique d'une eau turbide est donc suspecte.

Il est recommandé d'effectuer la mesure de la turbidité aussi rapidement que possible après prélèvement ; sinon l'échantillon doit être conservé à l'obscurité pour une durée maximale de 24 h, toute conservation prolongée peut provoquer des modifications irréversibles de la turbidité.

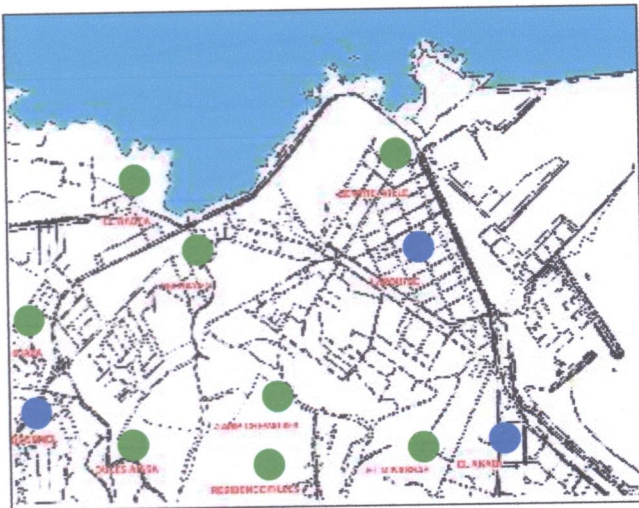
Dans notre cas, les valeurs obtenues s'échelonnent entre 0.38 NTU pour les eaux du quartier RABTA à 4.9 NTU pour celui du CAMP CHEVALIER (Fig. 06_c). En effet, selon le SEQ-EAU, (Tab. III) on ne peut dégager pour ce paramètre deux classes de qualité : très bonne pour les eaux de LAZOUINE, BOUREMEL et EL AKABI et bonne pour le reste des quartiers de la ville (Fig. 07_c).



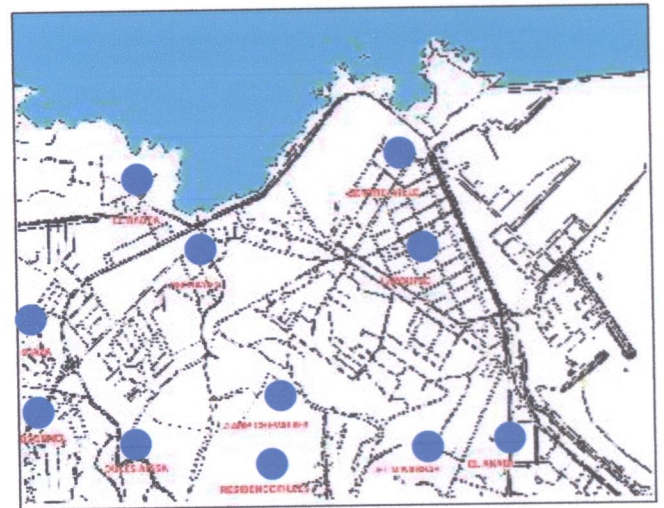
(a)



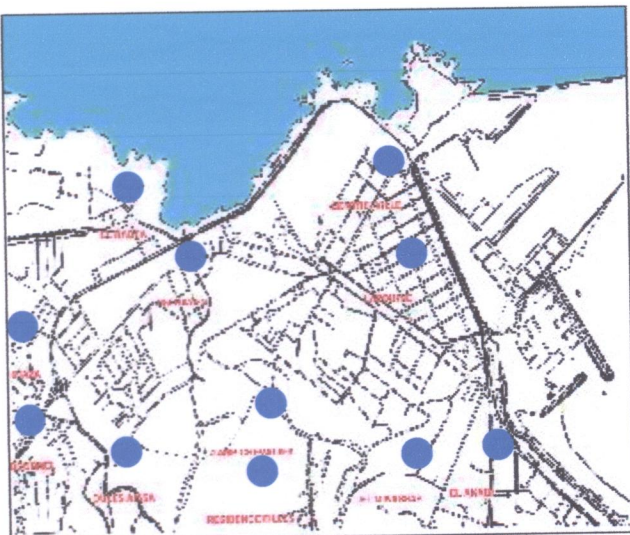
(b)



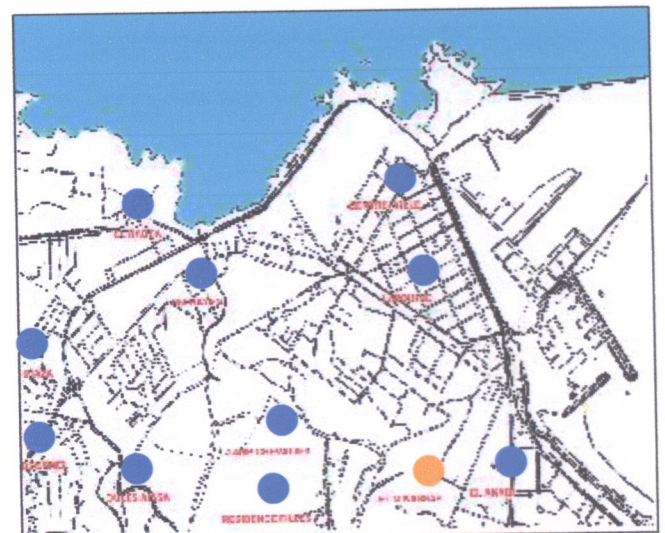
(c)



(d)



(e)



(f)

III.1.4. Les sulfates

Les sulfates (SO_4^{-2}) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H_2S) toxique en sulfate [50]. Leur concentration est généralement comprise entre 2,2 et 58 mg/l [47].

D'après les résultats des échantillons analysés (Fig. 06_d), les teneurs enregistrées restent inférieures à cet intervalle., ce qui révèle que les eaux de l'ensemble des puits étudiés est de très bonne qualité (Fig. 07_d).

III.1.5. Les Orthophosphates

Le phosphore existe sous forme minérale (ortho et polyphosphates) et/ou sous forme organique d'origine biologique. Sous l'action des micro-organismes, le phosphore organique et les polyphosphates peuvent être hydrolysés plus ou moins rapidement en orthophosphates [27].

Des teneurs en orthophosphates supérieure à 0,5 mg/l doivent constituer un indice de pollution des eaux [51].

Dans le cas de notre étude, la concentration des orthophosphates est nulle dans la quasi-totalité des puits étudiés, exception faites pour ceux de la RESIDENCE FILLES et du CENTRE VILLE, où les concentrations en orthophosphates varient respectivement de 0.03 mg/l à 0.061mg/l (Fig. 06_e;Tab. IV).

Cependant, le système d'évaluation de la qualité des eaux souterraine (SEQ-Eaux), révèle que la totalité des eaux prélevés dans la zone d'étude sont dotées d'une très bonne qualité (Fig. 07_e).

III.1.6. Les nitrites

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique (quelques micromoles par litre d'azote nitreux). Une concentration supérieure à 0,10 mg/l ne devrait pas être dépassée dans une eau d'origine profonde [49].

Dans le cas comme le notre, la concentration des nitrites est nulle (Fig. 06_f) pour la quasi-totalité des puits (exception faite pour les eaux provenant de puits du quartier EL M'KASSAB), ce qui prouve que les eaux de la zone d'étude sont bien protégées des apports en nitrites.

Ainsi, à l'exception des eaux du quartier EL M'KASSAB qui sont dotées d'une qualité mauvaise, et donc inaptes à la production d'eau potable en regard de la réglementation, les eaux des du reste des points sont de très bonne qualité (Fig. 07_f).

III.1.7. Les nitrates

Présents à l'état naturel et soluble dans le sol, les nitrates pénètrent dans le sol et les eaux souterraines et se déversent dans les cours d'eau. Mais, ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais [47]. Ils sont l'une des causes de la dégradation de l'eau.

Les nitrates ne représentent qu'une des multiples formes de l'azote présent dans l'eau, tout en constituant, en général, la forme la plus abondante de l'azote minéral. La norme de potabilité pour l'eau fixée par OMS est de 50 mg/l. Au-delà de 100mg/l, l'eau ne doit pas être consommée

(Fig. 06_g).

Le système d'évaluation de la qualité des eaux, fait ressortir que les échantillons d'eaux provenant des quartiers d'El M'KASSAB, LAZOUINE, BOURMEL, OULED AISSA, CENTRE VILLE et CAMP CHEVALIER sont de très mauvaise qualité pour ce paramètre. Donc, elles ne sont pas aptes à la consommation. Pour le reste des puits, l'eau est de très bonne qualité (Fig. 07_g).

III.1.8. Les chlorures

En effet, les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives [52]. La concentration des chlorures dans l'eau dépend aussi du terrain traversé. Sur la base des résultats des analyses effectuées des échantillons des eaux, les teneurs en chlorures sont de l'ordre de 67.45 mg/l pour les eaux de la résidence universitaire filles (IKITE) à 457.95 mg/l pour ceux provenant du CAMP CHEVALIER (Fig. 06_h).

De ce fait, et concernant ce paramètre ainsi discuté, la qualité de l'eau au niveau de la région d'étude est très mauvaise pour les eaux provenant des quartiers de LAZOUINE, OULED AISSA, et le CAMP CHEVALIER, alors quelle est très bonne pour le reste des puits (Fig. 07_h).

III.1.9. l'ammonium

Les eaux profondes peuvent se charger en ammoniacque par réduction des nitrates sous l'action de bactéries[52]. Cependant, le fait que l'eau des puits analysés recèle des petites concentrations en ammonium (Fig. 06_i) malgré la grande concentration en nitrates s'explique par le fait de l'absence de ces bactéries réductrices à cause de la faible profondeur.

Les teneurs en ammonium dans la plupart des eaux analysées étaient relativement nulles (0 mg/l), sauf dans les eaux de la Résidence universitaire filles, BELHAYEN et PIAZA où les valeurs sont de l'ordre de 0.1mg/l (Tableau. IV). De cela, ces teneurs restent inférieures aux normes de SEQ-Eau, ce qui révèle que les eaux de l'ensemble des puits étudiés est de très bonne qualité (Fig. 07_i).

III.1.10. Le calcium

Le calcium dérive de l'attaque du CO₂ dissout par les roches calcaires (dolomies) ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés. Dans les échantillons analysés (Fig. 06_j), ce paramètre présente une grande variation d'un puits à l'autre qui serait liée à la nature lithologique de la formation géologique de la nappe phréatique et en particulier à sa composition en magnésium et en calcium.

En se référant à la grille d'appréciation de la qualité physico-chimique (Tab. III), les eaux provenant des quartiers d'El M'KASSAB, BELHAYEN, BOURMEL, RABTA, CENTRE VILLE et EL AKABI sont de mauvaise qualité, celles du CAMP CHEVALIER sont de bonne qualité, tandis qu'elles sont de très bonne qualité pour le reste des puits (Résidence filles, LAZOUINE, PIAZA et OULED AISSA) (Fig. 07_j).

III.1.11. Le magnésium

Le magnésium accompagne généralement le fer dans les roches. Comme le fer, sa solubilité dépend de l'Eh [53]. Ce paramètre se trouve dans les formations calcaires, marno-calcaire et dans les formations triasiques (gypse). Selon les résultats des analyses effectuées durant la période d'étude, Les teneurs en magnésium présentent une grande variation d'un puits à l'autre (Fig. 06_k).

Les teneurs en magnésium varient au cours de cette étude de 6.50 mg/l à 204.7mg/l (Fig. 07_k ; Tab. IV). Concernant ce paramètre, le système d'évaluation de la qualité des eaux souterraine révèle que les eaux analysées sont de très bonne qualité pour les puits localisés aux quartiers de RESIDENCE FILLES, PIAZA, CENTRE VILLE et EL AKABI ; bonne pour ceux de EL M'KASSAB et LAZOUINE et mauvaise pour le reste des puits.

III.2. Corrélation entre les différents paramètres étudiés

L'étude des corrélations linéaires bivariées entre les paramètres étudiés nous renseigne sur la force des associations entre ceux-ci. La matrice de corrélation des 10 paramètres mesurés durant la période d'étude est présentée dans le tableau ci-dessous (Tab.V). Dans ce tableau où les coefficients de corrélation significatifs sont supérieurs à 0.5, des corrélations intéressantes sont observées entre CE-Cl⁻ ($r=0.75$; $p<0.01$) et CE-Mg⁺² ($r=0.83$; $p<0.01$).

Tableau V. Matrice des corrélations des paramètres physico-chimiques des eaux analysées.

	<i>pH</i>	<i>TUR</i>	<i>CE</i>	<i>NO₃</i>	<i>NO₂</i>	<i>PO₄³⁻</i>	<i>SO₄²⁻</i>	<i>Ca⁺²</i>	<i>Mg⁺²</i>	<i>Cl⁻</i>	<i>NH₄⁺</i>
<i>pH</i>	1.00	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>TUR</i>		1.00	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>CE</i>			1.00	ns	ns	ns	ns	ns	0.83**	0.75**	ns
<i>NO₃</i>				1.00	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>NO₂</i>					1.00	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>PO₄³⁻</i>						1.00	ns	ns	ns	ns	ns
<i>SO₄²⁻</i>							1.00	ns	ns	ns	ns
<i>Ca⁺²</i>								1.00	ns	ns	ns
<i>Mg⁺²</i>									1.00	ns	ns
<i>Cl⁻</i>										1.00	ns
<i>NH₄⁺</i>											1.00

ns : non significative ; * : signification <0.05 ; ** : signification <0.01

III.3. Analyses en composantes principales (A.C.P)

L'analyse explicative par composante principale (A.C.P) a été effectuée sur un tableau de 11 variables et de 11 observations. La projection des variables sur le plan factoriel F1 et F2 montre deux pôles (Fig. 08). L'axe F1 représente 31.63% de la variance, il est déterminé par : CE, et Mg²⁺ ; donc l'axe F1 peut être considéré comme un axe caractérisant la minéralisation des eaux par le lessivage des formations géologiques. L'axe F2 représente 19.02% de la variance, il est déterminé par les nitrites (NO₂⁻). Cet axe peut être considéré comme un axe caractérisant la pollution azotée.

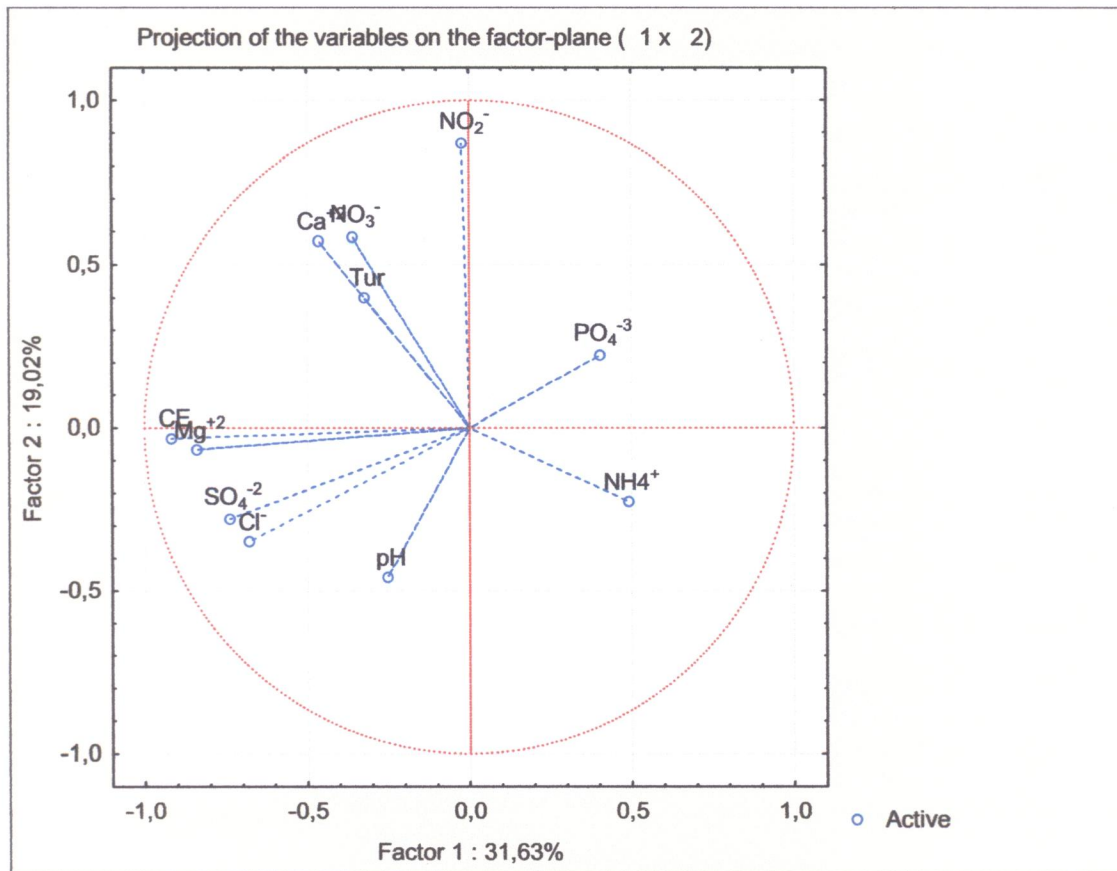


Figure 08. Représentation des variables sur le plan factoriel F1 et F2.

En ce qui concerne la projection des individus (puits) sur le plan factoriel F1 et F2, nous avons noté que 31.63% des individus sont bien représentés par l'axe F1 et 19.02% des individus sont bien représentés par l'axe F2 (Fig. 09). Donc les individus les mieux expliqués par l'axe F1 sont : P11, P2. Les individus les mieux expliqués par l'axe F2 sont : P1.

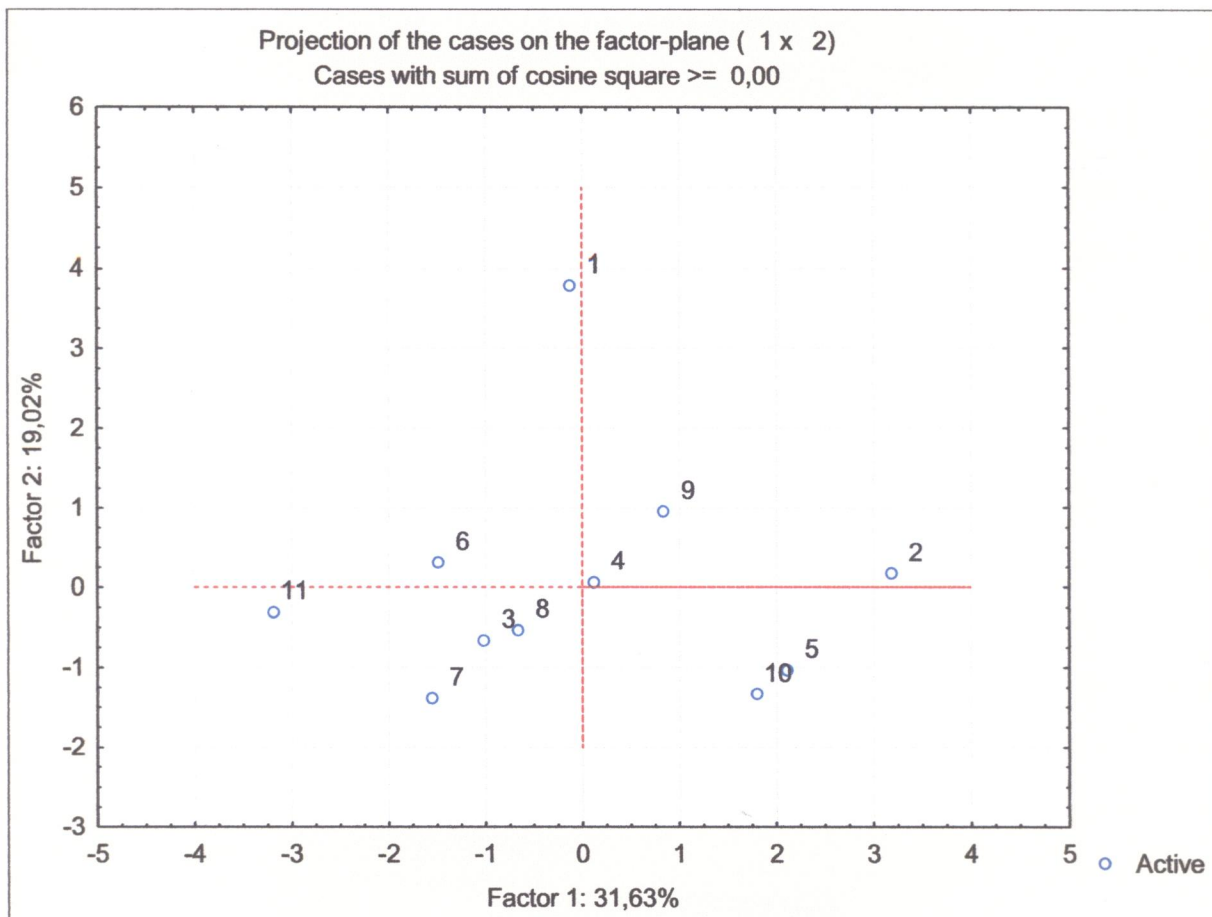


Figure 09. Représentation des puits de prélèvement sur le plan factoriel F1 et F2.

La projection des individus (puits) sur l'axe F1 permet de classer les puits selon le gradient de pollution avec les groupes: (P11,P1) \geq (P5,P10) \geq (P7,P6) \geq (P3,P9) \geq (P8) \geq (P2,P4). Le puits P11 sont caractérisés par les taux élevés de minéralisation, le puits P1 est caractérisé par les taux élevés en nitrites. La distribution des autres variables sur le plan factoriel F1 et F2 est similaire pour la plupart des individus (puits).

III.4. Qualité bactériologique de l'eau

La qualité d'une eau de consommation repose sur l'étude des éléments minéraux dissous et le dénombrement et la connaissance de la charge bactérienne développant dans l'eau. On ne peut pas déclarer une eau comme potable que lorsque les tests microbiologiques sont négatifs (aucun danger pour la santé humaine). En effet, un ensemble des microorganismes peut se développer dans l'eau et la présence de germes fécaux dans cette dernière peut suspecter la présence des germes pathogènes d'où un risque certain pour la santé humaine.

Dans le présent travail, les résultats relatifs à la variation spatiale de la flore microbienne et des indicateurs de la contamination fécale sont consignés dans le Tableau (VI) et représentés graphiquement dans la figure (10_{a-d}).

Tableau VI. Résultats de l'analyse la flore microbienne au niveau des eaux de puits étudiés. (Les données sont exprimées en u/100ml).

Paramètres bactériologiques	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Coliformes totaux (u/100ml)	93	0	15	23	4	93	1400	1400	1400	0	43
Coliformes fécaux (u/100ml)	93	0	0	0	0	7	1400	0	39	0	43
E. Coli (ufc/100ml)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Streptocoques D (u/100ml)	23	0	9	0	0	93	0	0	43	0	23

Le tableau (VI) fait ressortir que le taux en CT est supérieur au CF ceci concorde avec les données théoriques étant données que les CF font partie des CT. A l'exception des eaux provenant des puits P7, P8 et P9 pour les coliformes totaux et celles provenant de puits P7 pour les coliformes fécaux, les eaux provenant des autres points de prélèvement sont de qualité bonne à très bonne pour ces deux indicateurs microbiologiques. En effet, la présence de ces deux germes pathogènes en nombre important dans les eaux des puits P7, P8 et P9 situant dans les quartiers de OULED AISSA, RABTA et CENTRE VILLE respectivement peut avoir comme origine la vétusté de canalisation (OULED AISSA et CENTRE VILLE) ainsi que les branchements illicites (RABTA) qui peuvent avoir une influence sur la qualité des eaux de la nappes aquatique par le biais des fuites (Fig. 10_{a-b}).

Pour les *E.Coli*, les résultats obtenus ont montré l'absence de ces germes d'origine animale dans la quasi-totalité des échantillons d'eaux analysés, exception faites pour les eaux de puits P11, localisé dans les quartiers du CAMP CHEVALIER (Fig. 10_c). D'une manière générale, la qualité de l'eau concernant ce paramètre varie entre bonne à très bonne (Tab VI).

Pour les Streptocoques D, les résultats des tests bactériologiques révèlent que la qualité des eaux est de bonne à très bonne qualité, avec l'absence de ces germes dans les échantillons d'eaux provenant de P2, P4, P5, P7, P8 et P10 (Tab. VI ; Fig. 10_d).

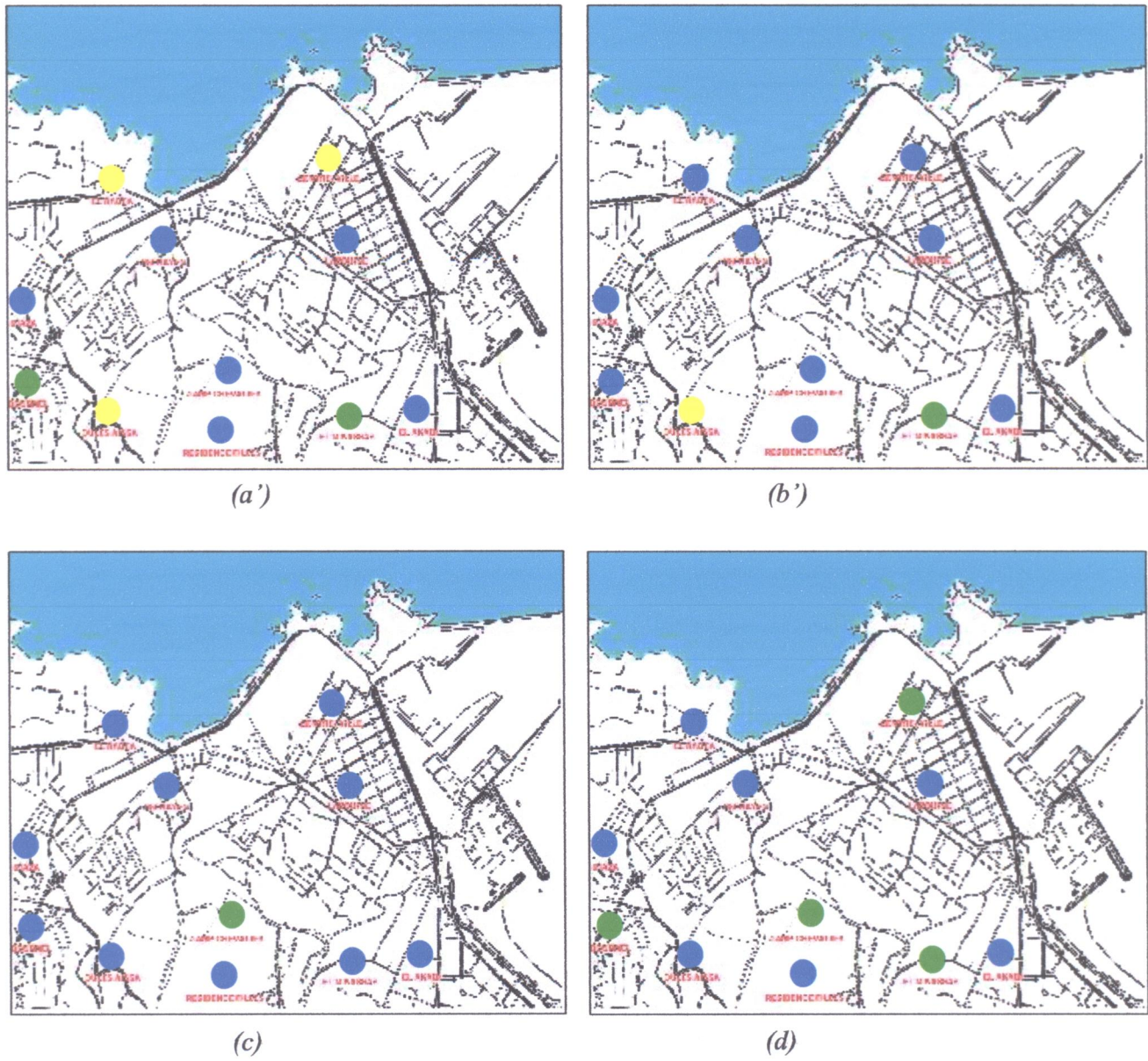


Figure 10. Degrés de potabilité selon la qualité des paramètres bactériologiques:
 (a) les coliformes totaux, (b) les coliformes fécaux, (c) les E. Coli, (d) Streptocoques D.

En effet, la totalité de ces résultats désignent la diversité des microorganismes bactériens au sein des points d'eau de la zone d'étude, ceci montre que ces derniers constituent une enceinte ouverte à diverses contaminations. L'origine de la contamination fécale est reliée au rapport quantitatif des coliformes fécaux sur les streptocoques fécaux CF/SF (Tab. VII).

Tableau VII. Origine de la contamination fécale des eaux [54,55].

CF/SF	Nature de la contamination
0	Absence de contamination
0 <CF/SF<0.7	Contamination d'origine animale
0.7 <CF/SF<1	Mixte à prédominance animale
1 <CF/SF<2	Contamination d'origine incertaine
2 <CF/SF<4	Mixte à prédominance humaine
CF/SF>4	Contamination d'origine humaine

L'application de ce rapport aux échantillons des eaux fait ressortir que l'origine de la contamination prend toutes les allures (diverses sources de contamination). La contamination bactérienne s'accroît avec la forte densité de la population de la ville, plus forte dans les quartiers loin du centre ville à aspect illicite (El M'KASSAB) et absente dans les quartiers qui gardent encore un aspect moderne (PIAZA par exemple). La contamination d'origine humaine s'explique par le fait que les eaux usées des habitations ou les déchets des ménagers souillent en plusieurs points la canalisation des eaux de ces quartiers. Par ailleurs, celle d'origine animale s'explique par la présence des dépouilles de certains animaux domestiques (chats par exemple) dans les eaux des puits en particuliers ceux qui ne sont pas dotés d'une fermeture.

Tableau VIII. Détermination de la source de contamination à partir du rapport Coliformes fécaux/Streptocoques fécaux.

Puits	CF/SF	Nature de la contamination
<i>P1</i>	4.04	Contamination exclusivement humaine
<i>P2</i>	0	Absence de contamination
<i>P3</i>	0	Absence de contamination
<i>P4</i>	0	Absence de contamination
<i>P5</i>	0	Absence de contamination
<i>P6</i>	0.1	Contamination exclusivement animale
<i>P7</i>	0	Absence de contamination
<i>P8</i>	0	Absence de contamination
<i>P9</i>	0.90	Contamination mixte à prédominance animale
<i>P10</i>	0	Absence de contamination
<i>P11</i>	1.90	Contamination d'origine incertaine

Conclusion

Conclusion

Dans le présent travail, notre objectif était de caractériser la qualité des eaux souterraines de quelques puits localisés dans la ville de Jijel. Une terminologie basée sur le Système d'Evaluation de la Qualité des eaux potables (SEQ-Eaux) permettra en particulier d'apprécier la qualité physico-chimique et microbiologique de ces eaux. Ainsi, l'application de la Analyse en Composante Principale (A.C.P) consiste à visualiser les corrélations entre les variables et identifier les groupes d'individus ayant pris des valeurs proches sur certaines variables.

Selon le SEQ-Eau, les résultats révèlent des valeurs douteuses concernant quelques paramètres manifestants des seuils en dessus des normes de potabilité. Cependant, l'usage de ce système d'appréciation de la qualité des eaux permettra d'établir un classement des puits en fonction du degré de potabilité comme suit : Résidence universitaire filles, PIAZA et El AKABI sont des puits dont les eaux répondent aux normes de potabilités et donc peuvent être consommées sans risque. Le puits localisé dans le quartier de BELHAYEN, malgré la dureté de l'eau ce puits possède une eau potable. Pour celui de RABTA, en plus de la dureté de ses eaux, il témoigne de la présence des coliformes totaux, ce qui rend cette eau non potable.

Les eaux provenant des quartiers d'El M'KASSAB, LAZOUINE, BOURMEL, OULED AISSA, Centre Ville et le CAMP CHEVALIER sont strictement déconseillées à l'alimentation en eau potable. Ces eaux ne répondent pas aux normes de potabilité, car elles risquent d'engendrer des effets sanitaires désagréables provient de nitrates, des chlorures et une pollution bactérienne très élevée.

Cependant, les résultats de l'A.C.P ont montré deux altérations importantes ; une contamination azoté dans le puits d'EL M'KASSAB et une minéralisation importante dans le puits du CAMP CHEVALIER. Cependant, ce-qui est sure c'est que l'eau potable est une denrée qui doit être protégée et préservée, pour cela quelques recommandation de bonne gestion sont mises en évidence.

Recommandations

Les résultats de notre travail permettront de mettre à la disposition des autorités des données de base susceptibles d'être exploitées dans le cadre de l'amélioration de la qualité des eaux de puits. Pour lutter contre la pollution de l'eau de puits, la mesure la plus facile à appliquer consiste à mener une large campagne de sensibilisation. Nous recommandons dans un avenir très rapproché le respect des mesures suivantes :

- Adopter une véritable politique de développement durable et un système d'aménagement de l'environnement ;
- Une éducation sanitaire en encourageant les sensibilisations sur les medias ;
- Adapter des mesures de potabilisation de l'eau à domicile ;
- l'aménagement des équipements de surface au tour du puits et à l'intérieure de ce dernier ;
- Exiger le respect des normes de protection des puits ;
- Réaliser les sources potentielles de nuisance a une distance sécuritaire des points d'eaux ;
- Enfin, des mesures doivent être prises pour une meilleure évacuation des eaux usées et une meilleure conception des fosses d'aisances et des puisards. Ce qui diminuera la pollution de la nappe superficielle ; afin de mettre les populations à l'abri des affections liées à l'eau de consommation.

Références bibliographique

- [1]- Remini,B. (2010). La problématique de l'eau en Algérie du nord. Larhyss Journal. N° 08.Pp 27-46.
- [2]- Angulo,F.J. Tippen,S. Sharp,D.J. Payne,B.J. Collier,C. Hill,J.E. Barret,T.J. Clark,R.M. Geldreich,E.E. Donnel,H.D.et Swerdlow,D .L.(1997). A community water borne outbreak of salmonellosis and effectiveness of a boil water order. American Journal of Public Health. P 580-584.
- [3]- Balbus,J. M. et Embrey, M.A.(2002). Risk Factors for Waterborne Enteric Infections. Current Opinion in Gastroenterology. Pp 46-50.
- [4]- Landreau. (1990). La pollution des eaux par les nitrates. Eau et développement. Pp48-49.
- [5]- Genty, C. (1996). Analyse et caractérisation.Tech.de l'ing.
- [6]- Christian, L. (2001). Ecologie d'écosystème a la biosphère, Dunod, Paris .Pp 444-443.
- [7]- René, A. (1985). L'eau en Algérie de l'impérialisme au développement (1830-1962).Office des publications (Alger) presses universitaire de Grenoble. P17.
- [8]- Fontier, S. Pichote-viale, D. (1998). Ecosystème structure, fonctionnement, évolution. Dunod, Paris.
- [9]- Blieffert. Perraud. (2001). Chimie de l'environnement : Air, eau, sols, déchets. De Boeck université (2 éd).p271, 272, 273, 285, 286,329.
- [10]- François. (2007). L'eau que nous buvons. Dardel. [<http://dardel.info/Eau.html>].Consulté le 04-02-2013.
- [11]- Remini, B. (2005). La problématique de l'eau en Algérie. Office des publications universitaires. P14.
- [12]- OMS. (1972). Directives de qualité pour l'eau de boisson. Organisation Mondiale de la Santé. Genève.
- [13]- Rejsek, F. (2002). Analyse des eaux. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. Bordeaux.180 pages.
- [14]- HadeF, A. (2001). Congrès Euromed 2000- Conférence. Jerba. TUNISIE (11/09/2000) 2001, vol. 137. n° 13 (313 p.) (7 réf.), [Notes: Selected papers], pp. 215-218.
- [15]- Aourousseau, P. (1999). Notions relatives au risque en environnement. Séance du Conseil Scientifique de l'environnement.14 décembre 1999.

- [16]- Montiel, A. (2004). Contrôle de la pollution. Technique de l'ingénieur, Paris C4195, p1.
- [17]- Gogu, R. et Dassargues, A. (1998). A short review on groundwater vulnerability assessment .Basic statements for use in the framework of the cost 620 action. Workshop 18-20 mai. Université de Neuchâtel.
- [18]- Collin, J.J. (2004). Les eaux souterraines. Connaissance et gestion. Edition BRGN .France. 56p.
- [19]- Malcuit, E. Vittecoq, B. Baran, N. Negrel, Ph. (2006). Suivi de la qualité des eaux souterraines de Martinique. Campagne de saison des pluies 2005 : résultats et comparaison avec la 1ère campagne de basses eaux (2004) et 1ère campagne de saison des pluies (2004). Rapport BRGM/RP-54717-FR.
- [20]- Brugeron, A. Vittecoq, B. (2009). Contrôle de surveillance de la qualité des eaux souterraines de la Martinique – saison sèche 2008 – Analyse des évolutions observées.BRGM/RP-56638-FR.
- [21]- Rodier, J. Cooll. (2005). Analyse de l'eau naturelle et des eaux résiduaire et eaux de mers.8^{ème} Edition. Dunod, Paris, 1394p.
- [22]- De villers, J. Squilbin, M. Yourassowsky, C. (2005). Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre générale. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement /observatoire des données de l'environnement (fiche 2).16p.
- [23]- Rejsek, F. (2002). Analyse des eaux, Aspects réglementaire et techniques. Edition CRDP d'aquitaine. Scéren. France.420p.
- [24]- Chocat, B. (1997).Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Coordinateur. Technique et documentation .P1039.qw
- [25]- OMS. (WHO). (2011).Guidelines for drinking-water quality (4th Ed), World Health Organization.Genève.541 pages.
- [26]- Anonyme a. (2008).Chlorure dans une goutte d'eau. Nouvelle-Écosse. [www.gov.ns.ca/nse/water/].
- [27]- Savary, P. (2003). Guide des analyses de la qualité de l'eau. Editions Techni. Cités. France. P 109 ,244.
- [28]- Queneau, P et Hubert, J. (2009).Place des eaux minérales dans l'alimentation. Rapport de l'académie national de médecine. Société française de l'hydrologie et climatologie médicale. France. Pp 175-220.

- [29]- Anonyme b. (2008). Calcium et magnésium dans une goutte d'eau. Nouvelle-Écosse. [www.gov.ns.ca/nse/water/].
- [30]- NSE. (2009). On drop of water séries, Nova ScotiaEnvironment, Nouvelle-Ecosse.
- [31]- Rodier, J. (2009). Analyses physico-chimiques des eaux naturelles. In L'analyse de l'eau (9e Ed). Dunod. Paris. Pp 3-678.
- [32]- Decaux, A. (2000). Pollution des eaux superficielles et solution de traitement. 44p.
- [33]- OMS. (2007). Nitrate and nitrite in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Organisation mondiale de la Santé (WHO/SDE/WSH/07.01/16).
- [34]- Dellarras, C. (2007). Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire. Edition TEC&DOC. Lavoisier. Paris. ISBN: 978-2-7430-0945-8. Pp 254-255.
- [35]- Ramade, F. (2002). Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2 édition Dunod. Paris. P561.
- [36]- Anonyme b. (2003). Coliformes totaux, Dans Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Institut national de santé publique du Québec. 4 p.
- [37]- Avril, J.L. Dabernat, H. Denis, F. Monteil, H. (1992)-Bactériologie clinique. 2éd Ellipses. ISBN 2-7298-9128-4. 33p.
- [38]- US EPA (2000). National primary drinking water regulations: ground water rule; proposed rules. Federal Register (National Archives and Records Administration). Pp 30 194- 30 274.
- [39]- L'Algérienne des eaux ADE (2006). Maintien de la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution et lute contre les pollutions accidentelles. Centre de formation métiers de Tizi-Ouzou.
- [40]- Boussbona, H. (2002). Microbiologie générale. Université de Constantine Alger .P p 181-184.
- [41]- Interprétez votre analyse d'eau. Disponible sur [[http ; /www.gds 38 asso.fr/web/gds.nsf](http://www.gds38.asso.fr/web/gds.nsf)].
- [42]- Wikipédia l'encyclopédie libre, 2012. Wilaya de Jijel disponible sur [http://fr.wikipedia.org/wiki/wilaya_de_jijel], consulté le 20.05.2012.
- [43]- ONM. (2013). Office national de la station météorologique.
- [44]- Mudry, J et al. (1986). Utilisation de L'ACP pour L'étude du fonctionnement hydrocinématique de trois aquifère au Sud-Est de la France. Hydrogéologie de la France. Pp 52-59

- [45]- Agences françaises de l'eau. (2003). SEQ - Eaux souterraines - Rapport de présentation (ver 02).
- [46]- Genin, B. Chauvain, C. Ménard F., (2003). Cours d'eau et indices biologiques. Ed Educargri. Dijon. Pp 26-27.
- [47]- Meybeck, M. Friedrich, G. Thomas R., Chapman D. (1996). Rivers . Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring. Chapman edition. 2nd ed. E & FN Spon, London. Pp. 59-126.
- [48]- Pescod, M. B. (1985). Design, operation and maintenance of wastewater stabilization ponds in treatment and use of sewage effluent for irrigation. Ed Pescod and Arar. P 93-114.
- [49]- Rodier, J. (1984). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition Dunod Paris.
- [50]- Haut Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD). (2006). Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI. Cercle d'Elbrouge. Province de Settat. 201p.
- [51]- Rodier, J. (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8éd, DUNOD, Pp 66-67.
- [52]- Tarik, A. (2005). Qualité physico-chimique de l'eau de boisson et la solubilité de certains médicaments utilisés chez la volaille dans certaines Région du Maroc. Thèse pour l'obtention du doctorat vétérinaire IAV Hassan II. Rabat. Maroc. Pp 5-183.
- [53]- Guillemin, C .et Roux, J. (1992). La pollution des eaux souterraines. Manuels et Méthodes n° 23. Ed. BRGM. Pp 1-25.
- [54]- Borrego, AF. Romero, P. (1982). Study of the microbiological pollution of a Malaga littoral area II. Relationship between fecal coliforms and fecal streptococci. *VIème journée d'étude. Pollutions. Cannes. France.* Pp 561-569.
- [55]- Geldreich, E. (1976). Fecal coliform and fecal streptococcus density relationships in waste discharges and receiving waters. *Crit. Rev. Environ. Control.* 6. P 349-369.

Annexe

Protocoles de travail

(V₂) Ca²⁺Mg²⁺

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de la solution tampon.
- Ajouter 2 gouttes de noir ériochrome T.
- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu vert).

Expression des résultats:

1- La détermination en mg/l de Calcium est donnée par la formule suivante :

$$Ca^{2+} \text{ (mg/l)} = V_1 \cdot C_{EDTA} \cdot F \cdot M_{Ca} \cdot 1000 / P.E$$

D'où :

V₁ : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.
 C_{EDTA} : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).
 M_{Ca} : Masse molaire du calcium en g.
 P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).
 F : Facteur (ici = 1).

Donc :

$$Ca^{2+} \text{ (mg/l)} = V_1 \cdot 8,016$$

2- La détermination en mg/l de Magnésium est donnée par la formule suivante :

$$Mg^{2+} \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \cdot C_{EDTA} \cdot F \cdot M_{Mg} \cdot 1000 / P.E$$

D'où :

V₂ : Volume totale de l'EDTA.
 V₁ : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.
 C_{EDTA} : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).
 M_{Mg} : Masse molaire du magnésium en g.
 P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).
 F : Facteur (ici = 1).

Donc :

$$Mg^{2+} \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \cdot 4,36$$

3- La détermination de la dureté en mg/l de CaCO₃ est donnée par la formule suivante :

$$CaCO_3 \text{ (mg/l)} = V_2 \cdot C_{EDTA} \cdot F \cdot M_{CaCO_3} \cdot 1000 / P.E$$

D'où :

V₂ : Volume totale de l'EDTA.
 C_{EDTA} : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).
 M_{CaCO₃} : Masse molaire du carbonate de calcium en g.
 P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).
 F : Facteur (ici = 1).

Donc :

$$CaCO_3 \text{ (mg/l)} = V_2 \cdot 20$$

ISO N° 6058
 OU
 NF T90-003

Détermination du calcium (Ca²⁺) et du magnésium (Mg²⁺)

Principe :

Le Calcium et le magnésium sont dosés avec une solution aqueuse d'E.D.T.A à un pH de 10, ce dosage se fait en présence d'un indicateur coloré.

L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions de Calcium et de Magnésium libres, l'indicateur vire de la couleur rouge à la couleur violette, puis au point d'équivalence avec les ions Calcium et Magnésium combinés, la couleur passe du violet au bleu.

Réactifs :

Solution d'E.D.T.A (C₁₀H₁₆N₂O₈ · 2H₂O) : 10 mmol/l ;
 EDTA déshydraté à 80°C : 3,725 g ;
 H₂O distillés : 4,5 p 1000 ml.

Cette solution doit être conservée dans une bouteille en polyéthylène avec la vérification de sa concentration lors de temps à autre.

Solution tampon :

Chlorure d'ammonium (NH₄Cl) : 54 g ;
 NH₃ (25%) : 350 ml ;
 H₂O distillés : 4,5 p 1000 ml.

Indicateurs :

Noir ériochrome T.
 Murexide.

Solution étalon de référence, e (CaCO₃) = 0,01 mol/l

Sécher un échantillon de carbonate de calcium pur pendant 2 heures à 150°C. En introduire 1g dans une fiole coque de 500ml et humidifier avec de l'eau. Ajouter goutte à goutte de l'acide chlorhydrique à 4mol/l jusqu'à ce que tout le carbonate soit dissous. Eviter un excès d'acide. Ajouter 200ml d'eau et porter à ébullition quelques minutes afin d'éliminer le dioxyde de carbone. Refroidir et ajouter quelques gouttes de l'indicateur au rouge de méthyle. Ajouter une solution ammoniacale à 3mol/l jusqu'à ce que la solution devienne orange.

Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 1000ml et compléter au volume avec de l'eau distillée. ml de la solution contient 0,4008 mg (0,01 mmol/l) de calcium.

Matériel :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N.
- Ajouter du Murexide.
- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet).

DETERMINATION DES PHOSPHATES (PO₄)

ISO N° 6878

Principe:

En milieu acide les orthophosphates réagissent avec les ions de molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium pour former un complexe d'antimoinyl-phosphate puis sa réduction par l'acide ascorbique en un complexe de molybdène bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm.

Appareils: Spectrophotomètre UV. Visible.

Réactif Mixte:

	A	B	C
- Heptamolybdate d'ammonium.....	13 g.		
- Eau distillée.....	100 ml.		
- Tartrate d'antimoine.....		0,35 g.	
- Eau distillée.....		100 ml.	
- Acide sulfurique pur.....		150 ml.	
- Eau distillée.....		150 ml.	

Effectuer le mélange dans l'ordre (A + B) + C et compléter à 500 ml d'eau distillée.

Acide ascorbique à 10 % :

- Acide ascorbique.....	10g.
- Eau distillée.....	100 ml.

Solution mère d'orthophosphates à 50 mg/l PO₄³⁻ :

A partir de K₂HPO₄ di potassium hydrogène-phosphates préalablement séché pendant 2h à 105°C

- K ₂ HPO ₄	0,281 g.
- Eau distillée.....	1000 ml.
- H ₂ SO ₄ 4,5 N.....	10 ml.

A partir de solution d'acide sulfurique 9 mol/l, prélever un volume de cette solution et diluer à 50 %.

Solution fille à 2 mg/l PO₄³⁻

20 ml de la solution à 50 mg/l dans une fiole de 500 ml et compléter au volume par de l'eau distillée.

Gamme d'étalonnage:

N° de fiole	0	1	2	3	4	5
Solution fille à 2 mg/l (ml)	0	0,3	0,6	1,2	2,4	4,8
q.s.p 40 ml eau distillée	40	40	40	40	40	40
[P]	0,0	0,015	0,03	0,06	0,12	0,24
[PO ₄ ³⁻]	0,0	0,0459	0,0918	0,1836	0,3672	0,7340
Acide ascorbique (ml)	1	1	1	1	1	1
Réactif mélangé (ml)	2	2	2	2	2	2
Attendre 10 mn						

Mode opératoire:

- 40 ml d'eau à analyser ;
- 1 ml acide ascorbique ;
- 2 ml du réactif mixte.

Attendre 10 mn pour le développement de la couleur, puis effectuer la lecture à $\lambda = 700$ ou 880 nm.

DOSAGE DES NITRATES NO₃⁻
Méthode au salicylate de sodium

Rédier 7 Ed

Principe:

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du para-nitrososalicylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

Réactifs:

- Solution de salicylate de sodium à 0,5 % (à renouveler toutes les 24 h).
- 0,5 g de salicylate de sodium dans 1000 ml d'eau distillée.

Acide sulfurique H₂SO₄ concentré, d=1,84.

Solution d'hydroxyde de sodium NaOH 30 %

- 30 g de NaOH dans 1000 ml d'eau distillée.

Solution de Tartrate double de sodium et de potassium.

- Hydroxyde de sodium NaOH.....400 g.
- Tartrate de sodium et de potassium.....60 g.
- Eau distillée.....app 1000 ml.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.

- Nitrate de potassium anhydre.....0,722 g.
- Eau distillée.....1000 ml.
- Chloroforme (pour conserver).....1 ml.

Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l

- 5 ml de la solution mère dans 1000 ml d'eau distillée.

Matériels:

Capacules d'évaporation de 60 ml, pipettes de 1, 2, 10 et 15 ml

Amorçillage:

Étuve ou bain marie.
Spectrophotomètre U.V. visible.

Méde opératoire:

Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.

Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.

Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.

Évaporer à sec au bain marie ou à l'étuve entre 75 et 88° C.

(ne pas surchauffer ni chauffer très longtemps) laisser refroidir.

Reprenre le résidu avec 2 ml d'H₂SO₄, laisser reposer 10 mn.

Ajouter 15 ml d'eau distillée.

Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre à 420 nm.

Centre d'étalonnage:

Dans une série de capacités de 60 ml, introduire successivement :

- Evaporer à sec à l'étuve 75 à 88° C et poursuivre de la même manière que pour l'échantillon à analyser.

N° de capsule	B	I	II	III	IV
Solution mère 5 mg/l	0	1	2	5	10
Eau distillée	10	9	8	5	0
Solution de salicylate de sodium	1	1	1	1	1
Correspondance en mg/l d'azote nitrique	0	0,5	1	2,5	5

Expression des résultats:

Le résultat est donné directement en mg/l d'azote nitrique, pour obtenir la teneur en nitrates NO₃⁻, multiplier le résultat par 4,43.

DOSAGE DES NITRITES NO₂⁻

Rocher 7 Ed

Principe:

En milieu acide les nitrites provoquent la diazotation de l' amino-4-benzènesulfonamide qui en copulation avec le dichlorure de N-(naphthyl-1) diamino-1,2 éthane et donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrophotométrique à la longueur d'onde 543 nm.

Réactif Mixte:

- Acide phosphorique.....100 ml.
- Sulfanilamide.....40 g.
- N-1- Naphthyl éthylène diamine.....2 g.
- Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

Appareillage:

Spectrophotomètre U.V visible.

Mode opératoire:

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
 - Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO₂⁻ à $\lambda = 543$ nm.

Gamme d'étalonnage:Préparation de la solution mère étalon : 0.1 g/l de NO₂

- A partir du nitrite de sodium (NaNO₂), dissoudre 0.492 g de NaNO₂ préalablement séché 2 h à 105 °C dans 1000 ml d'eau distillée pour avoir 100 mg/l de NO₂⁻. Cette solution est stable pendant 1 mois à l'obscurité et à 4 °C.

Solution fille à 1 mg/l :

Prendre 1 ml de la solution mère à 100 mg/l et ramener à 1000 ml d'eau distillée.

Solution fille 1 mg/l (ml)	0	1	2	5	20	40
Eau distillée (ml)	50	49	48	45	30	10
Réactif mixte (ml)	1	1	1	1	1	1
Attendre 10 mn						
[NO ₂ ⁻] en mg/l	0	0,02	0,04	0,1	0,4	0,8

Effectuer la lecture à 543 nm.

DETERMINATION DES SULFATES (SO₄²⁻)Méthode allemande
Mr. KERNPrincipes:

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sels de baryum en présence de BaCl₂. Les suspensions homogènes obtenues sont mesurées par spectrophotométrie.

Appareil:

Spectrophotomètre.

Réactifs:

- Solution stabilisante :
 - Acide chlorhydrique (c).....60 ml.
 - Éthanol.....200 ml.
 - Chlorure de sodium.....150 g.
 - Glycérol.....100 ml.
 - Eau distillée.....Q.S.P. 1000 ml.

Solution de chlorure de baryum :

- Chlorure de baryum.....150 g.
- Acide chlorhydrique.....5 ml.
- Eau distillée.....Q.S.P. 1000 ml.

Solution mère de sulfates à 1 g/l

- A partir de Na₂SO₄.....1,479 g.
- Na₂SO₄.....1000 ml.
- Eau distillée.....1000 ml.

A partir de K₂SO₄

- K₂SO₄.....1,81 g.
- Eau distillée.....1000 ml.

Remarques:

- Les échantillons doivent être conservés à 4 °C ;
- Les échantillons troubles ou colorés doivent être filtrés sur fibre de 0.45 µm ;
- Les échantillons qui contiennent plus de 70 mg/l SO₄²⁻ doivent être dilués avant détermination.

Gamme d'étalonnage:

N° de bûcher	0	1	2	3	4	5	6	7
Solution mère à 1 g/l (ml)	0	1	2	3	4	5	6	7
q.s.p	100	100	100	100	100	100	100	100
Solution stabilisante (ml)	5	5	5	5	5	5	5	5
Solution chlorure de baryum (ml)	2	2	2	2	2	2	2	2
Agiter 1 mn à vitesse constante								
[SO ₄ ²⁻]	0	10	20	30	40	50	60	70

Enregistrer la gamme dans le spectrophotomètre à la longueur d'onde 420 nm.

Mode opératoire:

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée ;
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante ;
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum ;
- Agiter énergiquement pendant 1 mn à vitesse constante ;
- Passer au spectrophotomètre à $\lambda = 420$ nm.

Expression des résultats:mg/l SO₄²⁻ = la valeur lue sur le spectrophotomètre x la dilution.

NB : Il faut faire passer les solutions au spectrophotomètre très rapidement pour éviter les interférences.

Détermination de l'azote ammoniacal (NH₄⁺)

Méthode ISO N°7150

Principe : Mesure spectrométrique du composé coloré formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium qui forme un complexe vert dont l'absorbance est proportionnelle à la concentration d'azote ammoniacal vers 655 nm.

Réactifs :

- Acide dichloroacétique.....2 g.
- Hydroxyde de sodium (NaOH).....37 g.
- Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

Réactif II (coloré) :

- Trichlorate de sodium.....130 g.
- Salicylate de sodium.....130 g.
- Nitroprussiate de sodium.....0.97 g.
- Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

Conservés dans des flacons en verre brun, les deux solutions sont stables pendant 2 semaines.

Préparation de la solution mère finale : 1 g/l de NH₄⁺ stable 1 mois**A partir de chlorure d'ammonium**

- Chlorure d'ammonium.....2.970 g.
- Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

A partir du sulfate d'ammonium

- Sulfate d'ammonium.....4.717 g.
- Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

Préparation de la solution fille à 1 mg/l

Prendre 1 ml de la solution mère à 1 g/l et ramener à 1000 ml d'eau distillée.

Gamma d'étalonnage :

Solution fille 1 mg/l (ml)	0	1	2,5	5	25	40
Eau distillée (ml)	50	49	47,5	45	25	10
Réactif I (ml)	4	4	4	4	4	4
Réactif II (ml)	4	4	4	4	4	4
[NH ₄ ⁺] en mg/l	0	0,02	0,05	0,1	0,5	0,8

Effectuer la lecture à 655 nm.

Mode opératoire :

- Prendre 40 ml d'eau à analyser contenant jusqu'à 1 mg/l NH₄⁺.
- Ajouter 4 ml du réactif I.
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1h 30.

• L'apparition de la coloration verte indique la présence de : NH₄⁺.
Si on soupçonne une eau plus chargée, procéder aux dilutions consécutives sur l'échantillon.

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l de NH₄⁺.

Dosage des chlorures : (Méthode de Mohr)**Réactifs :**

- Acide nitrique pur.
- Carbonate de calcium pur.
- Solution de chromate de potassium (K₂CrO₄) à 10 %.
- Solution de nitrate d'argent 0,1 N.

Mode opératoire :

Introduire 100 ml d'eau à analyser (préablement filtrée si nécessaire).

Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %.

Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes.

Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1 N utilisés.

Expression des résultats :

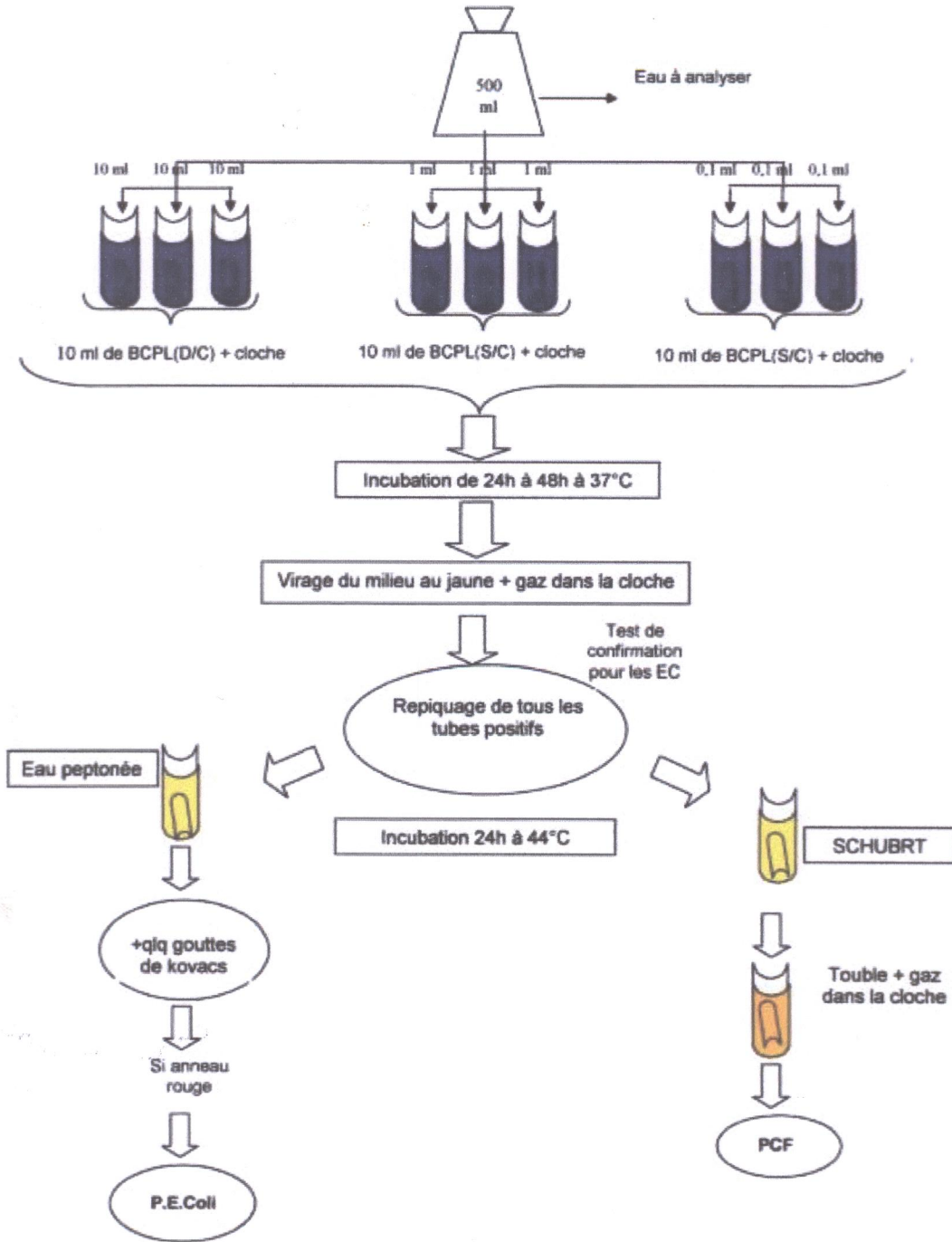
Pour une prise d'essai de 100 ml :

$V \times 10 \times 3,55$ donne la teneur en chlorures, exprimée en milligrammes de Cl⁻ par litre d'eau.

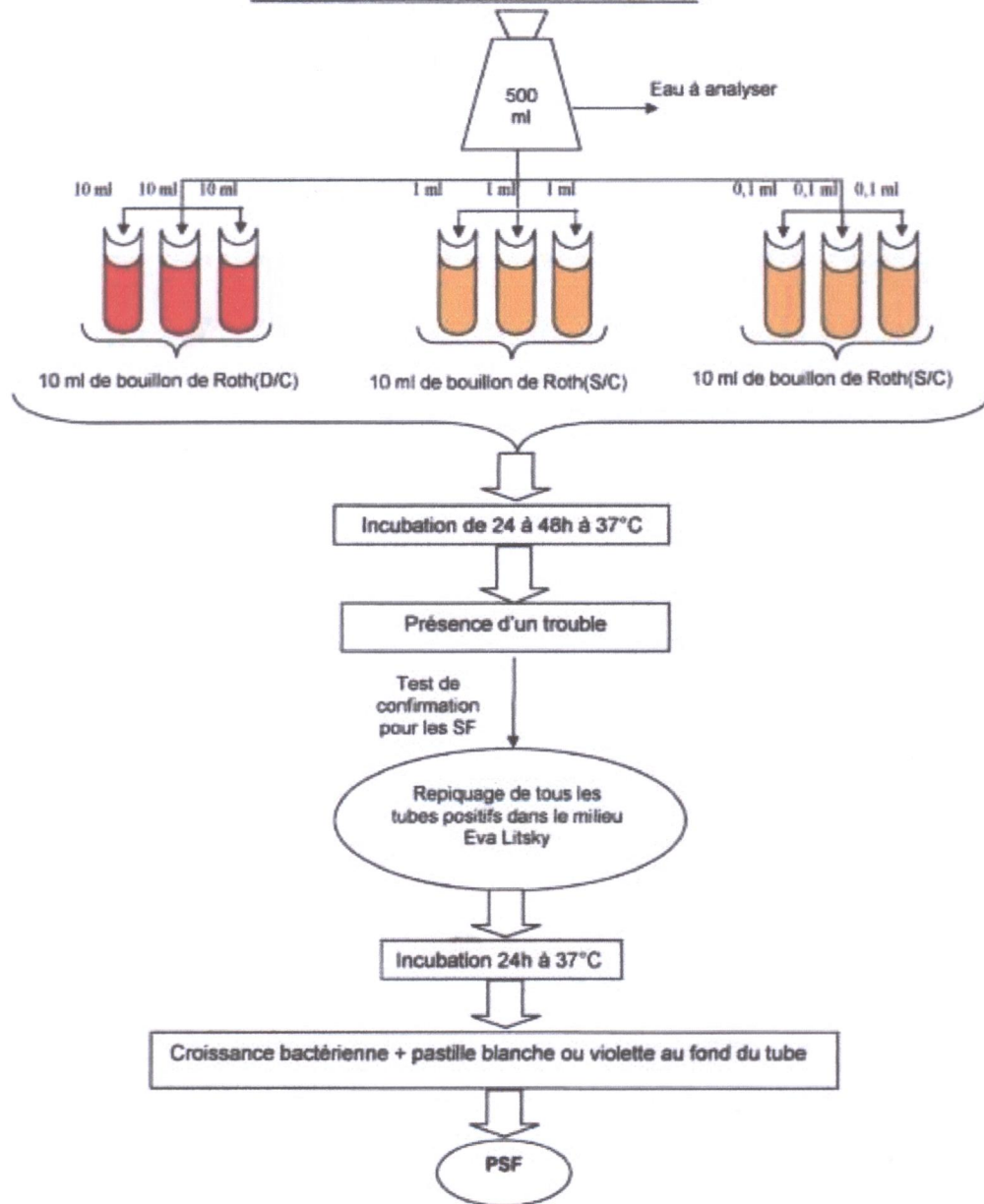
$V \times 10 \times 5,85$ donne la teneur en chlorures exprimée en milligrammes de NaCl par litre d'eau.

ANNEXE 02

DENOMBREMENT DES COLIFORMES METHODE DES TUBES MULTIPLES



**DENOMBREMENT DES STREPTOCOQUES FCAUX
METHODE DES TUBES MULTIPLES**



**NOMBRE LE PLUS PROBABLE ET INTERVALLE DE CONFIANCE
DANS LE CAS DU SYSTEME D'ENSEMENCEMENT**

N°1

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			N.P.P dans 100 ml	Limite de confiance à 95 %	
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0,1 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	1	3	< 0,5	9
0	1	0	3	< 0,5	13
1	0	0	4	< 0,5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1 300
3	3	1	460	71	2 400
3	3	2	1 100	150	4 800

Thème

Caractérisations physico-chimiques et microbiologiques des eaux de certain puits utilisés comme source d'eaux potable en milieu urbain dans la localité de Jijel

Noms et prénoms des étudiantes :

ROUINA Khaoula.

GUEHAM Yassamina.

Date de soutenance : 20.06.2013

Résumé

Le présent travail s'intéresse à l'étude de la qualité des eaux souterraines de la ville de Jijel. Un suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de 11 puits représentatifs de la ville est réalisé afin de préciser la qualité alimentaire de ces puits, l'importance de la contamination et d'en déterminer l'origine. Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de ces puits sont évalués grâce au SEQ-Eau et l'ACP ce qui nous a permis d'établir une perspective à propos de leurs qualités.

Le diagnostic des résultats par SEQ-Eau a révélé que l'eau des puits ; Résidence universitaire filles, PIAZA, El AKABI sont de bonne qualité, BELHAYEN est moyennement bonne mais potable, EL RABTA, El M'KASSAB, LAZOUINE, BOURMEL, OULED AISSA, Centre Ville et CAMP CHEVALIER sont strictement non potable, possèdent des eaux non conformes aux normes de potabilité, elles risquent d'engendrer des effets sanitaires provient des nitrates, des chlorures et les pollutions bactériennes.

Selon l'ACP, les résultats démontrent deux altération importante ; une pollution azoté dans le puits d'EL M'KASSAB et une minéralisation importante dans le puits du CAMP CHEVALIER.

Mots clés : eau souterraine, paramètres physico-chimiques, bactériologiques, SEQ-Eau, Jijel.

Summary

This work is interested in the study of quality of subsoil waters of the town of Jijel. A follow-up of physicochemical and bacteriological parameters of water of 11 wells representative of the city is carried out in order to specify the food quality of these wells, the importance of the contamination and to determine the origin of it. The results of the analyses of water of these wells are evaluated thanks to SEQ-Water and P.C.A what enabled us to establish a prospect in connection with their qualities. The diagnostic one of the results by SEQ-Water with revealed that the water of the wells; Residence hall girls, PIAZA, El AKABI are of good quality, BELHAYEN is middling good, EL RABTA, El M'KASSAB, LAZOUINE, BOURMEL, OULED AISSA, Centre Town and CAMP KNIGHT are strictly non drinkable, have water non in conformity with the standards of potability, they are likely to generate medical effects comes from nitrates, chlorides and bacterial pollution. According to P.C.A, the results show two significant deterioration; a pollution nitrogenized in the well of EL M' KASSAB and a significant mineralisation in the well of the CAMP KNIGHT.

Key words: subsoil water, parameters physicochemical, bacteriological, SEQ-Water, Jijel.

ملخص

هذا العمل يهتم بدراسة نوعية المياه الجوفية لمدينة جيجل, ولهذا قمنا بانجاز مجموعة من التحاليل الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية لمياه 11 بئر على مستوى المدينة بهدف تحديد نوعيتها و تأثيرها على صحة السكان.

نتائج التحاليل قدمت بنظامين: نظام تقييم نوعية المياه SEQ الذي اظهر ان مياه الابار: الاقامة الجامعية , بيازا والعقابي ذو نوعية جيدة, بلهاين اقل جودة ولكن صالحة للشرب. اما بالنسبة لمياه الرابطة , المقاسب , لزوين , بورمل, اولاد عيسى, وسط المدينة و حي الفرسان ليست صالحة للشرب لعدم توافرها مع المعايير فلها تأثيرات صحية لاحتوائها على النترات, الكلور و البكتيريا. اما بنظام التحاليل بالمكونات الاساسية A.C.P, فالنتائج تظهر نوعين من التلوث: تلوث ازوتي على مستوى بئر المقاسب و تمعدن ملحوظ في مياه حي الفرسان.

الكلمات المفتاحية : مياه جوفية, التحاليل الفيزيوكيميائية, البكتريولوجية, نوعية المياه, SEQ, جيجل.