

République Algérienne Démocratique et Populaire

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique**

CENTRE UNIVERSITAIRE D'EL-OUED

INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Mémoire de fin d'étude
Présenté pour l'obtention du diplôme de
LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie des procédés

Présenté par : SAHA Ali Mehdi
ALIA Moussa

Thème

**Contrôle de la qualité des eaux dans la région
d'El Oued**

Soutenu le 22 Juin 2009

Devant le jury composé de :

Mr	BEN MEYA Omar	MA	Président
Mr	LAOUINI Salah Eddine	MA	Examineur
Mr	TAMMA Noureddine	MA	Rapporteur

2008-2009

SOMMAIRE

Introduction générale	3
-----------------------	---

Chapitre I : Propriétés des eaux

I-1- Définition d'une eau potable	4
I-2- Différent états de l'eau	4
I-3- Importance	5
I-4- Propriétés de l'eau	5
I-4-1- Propriété chimique	5
I-4-2- Propriété physiques	6
I-4-3- Les milieux physiques des eaux souterraines	7
I-4-4- Propriétés bactériologiques	7
I-5- Cycle de l'eau dans la nature	8

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

II-1- Le cadre géographique	9
II-1-1- Historique	9
II-1-2- Situation	9
II-1-3- Situation régionale	9
II-2- Climatologie de la région	11
II-2-1 Climat du souf	11
II-3- Hydrogéologie de la région	12
II-3-1- Nappe phréatique	12
II-3-2- La nappe du complexe terminal	12
II-3-2-1- Nappe des sables	12
II-3-2-2- Nappe des calcaires	12
II-3-3- La nappe du continental intercalaire	13

Chapitre III : Qualité de l'eau dans la région

III-1- Définition des nappes d'étude	14
III-1-1- Nappe phréatique	14
III-1-2- Nappe Pontien	14
III-1-3- Nappe Albien	14
III-2- Pollution de l'eau	15
III-2-1- Généralité	15
III-2-2- Type de pollution	15
III-2-2-1- La pollution chimique	15
III-2-2-2- La pollution physique	16
III-2-2-3- La pollution microbiologique	16
III-2-2-3-1- Fièvres typhoïde	16
III-2-3- Risque de pollution des eaux souterraines	18
III-2-4- Pollution des nappes d'eaux	18
III-2-4-1- Pollution de la nappe phréatique	18
III-2-4-2- Pollution de la nappe Pontien	20
III-2-4-3- Pollution de la nappe Albien	20
III-3- Les paramètres d'analyse	20
III-3-1- Les paramètres physico-chimiques	20
III-3-2- Minéralisation	22

III-3-3- Les paramètres de pollution	23
III-3-4- Les paramètres bactériologique	26

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV-1- Prélèvement de l'eau	27
IV-1.1. Échantillonnage	27
IV-1.2. Matériels de prélèvement	27
IV-1.3. Mode de prélèvement et transport	27
IV-1.4. Les renseignements fournis avec les échantillons pour l'analyse	27
IV-2. Méthodes d'analyses physico-chimiques	28
IV-2.1. Mesure de pH	28
IV-2.2 Mesure de la conductivité	28
IV-2.3. Mesure de la salinité	28
IV-2.4. Mesure du TDS	28
IV-2.5. Mesure d'oxygène dissout	28
IV-2.6. Mesure de température	28
IV-2.7. Mesure de turbidité	28
IV-2.8. Mesure du calcium	29
IV-2.9. Mesure de la Dureté Total	29
IV-2.10. Mesure de chlorure	30
IV-2.11 Mesure du fluore	31
IV-2.12. Mesure de l'ammonium NH_4^+	31
IV-2.13. Mesure du nitrite NO_2^-	31
IV-2.14. Mesure du nitrate NO_3^-	31
IV-2.15. Mesure des résidus secs	31
IV-2.16. Mesure du TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET	32
IV-2.17. Mesure du bicarbonate	32
IV-3. Identification des points d'échantillonnage	33
IV-4. Les résultats d'analyse	34
IV-4.1. Les paramètres physico-chimiques	34
IV-4.2. Les paramètres préliminaires	34
IV-4.3. Les paramètres de pollution et indésirables	34
IV-4.4. Les paramètres de minéralisation	34
IV-4.5. Les paramètres bactériologiques	35
IV-5. Présentation des résultats	35
IV-5.1. Lieu G01	35
IV-6.2. Lieu G02	37
IV-6.3. Lieu H01	39
IV-6.4. Lieu H02	41
IV-6.5. Lieu O01	43
IV-6.6. Lieu O02	45
IV-6.7. Étude comparatif selon les nappes	47
IV-6. Interprétation et discussion des résultats	49
Conclusion	52
Références bibliographiques	53
Annexe 1 (osmose inverse)	55
Annexe 2 fiches d'analyse au laboratoire	58

Résumé

L'eau est un élément essentiel dans la vie, parce qu'elle est le constituant majeur des êtres vivants. C'est pour cela qu'on va essayer de savoir et d'analyser quelle est la qualité de l'eau et ses problèmes dans la région du Souf.

Introduction :

L'eau, est parmi les éléments les plus utilisés par les êtres vivants, parce que c'est une matière vitale unique en son genre car elle a des propriétés spécifiques qui la distinguent du reste des autres fluides.

Ce n'est un secret pour personne que le SAHARA d'Afrique est un des plus grands déserts au monde. L'Algérie a la part du lion de cette vaste étendue (80% de la superficie de l'Algérie est désertique), et comme le SAHARA a un climat aride et sec avec de faibles précipitations ce qui explique le besoin de ses habitants en ressources d'eau alternative pour se protéger de la sécheresse.

Toutefois Dieu a fait d'elle un grand réservoir d'eau souterrain. Notre Wilaya (El Oued : zone Saharienne), est située sur ce grand réservoir d'eau.

Depuis l'antiquité, les habitants de cette région ont exploité la nappe d'eau superficielle (phréatique), en utilisant le matériel qu'ils avaient à leur disposition à cette époque. Avec la croissance du nombre d'habitants ainsi que ses besoins en eau, grâce à l'évolution connus dans le domaine du forage, les habitants ont eu recours aux autres nappes.

Mais nous sommes devant plusieurs questions posées par ce contexte, et les plus importantes sont :

- ❖ Comment peut-on déterminer la qualité de l'eau potable, et quels sont les paramètres qui la définissent?
- ❖ Qu'elle serait la qualité de ces eaux et son influence sur la santé des humains, puisqu'elle est l'élément le plus important dans l'équation vitale ?

Dans notre travail, nous allons tenter de répondre à toutes ces questions et autres.

Chapitre I : Propriétés des eaux

I-1. Définition d'une eau potable :

Simplement, nous dirons que l'eau potable est une eau qui ne doit pas porter atteinte à la santé humaine. Elle doit être exempte de bactéries (virus, parasites, agents pathogènes) et non toxique (présence d'éléments chimiques indésirables). De plus, elle doit être agréable à boire, claire et sans odeurs.

Une eau destinée à la consommation doit être raisonnablement minéralisée, raisonnablement colorée et limpide, assurée de ne pouvoir nuire à la santé et enfin assurée de ne pas voir ses qualités altérées par le temps ou les conditions de son transport.[1]

L'eau potable est soumise à une réglementation quant à la présence de chlore, de calcaire et de plomb. De même, l'apport d'engrais aux cultures, ainsi que des pesticides, doit se limiter au minimum indispensable, et ne peut être utilisé à proximité des ressources à protéger. [2]

I-2. Différents états de l'eau :

Comme pour la plupart des corps, l'eau peut se présenter sous trois états ou phases :

- ❖ À l'état solide : glace, neige, givre
- ❖ À l'état liquide : eau des océans, des mers, des lacs, des rivières, de la rosée....
- ❖ À l'état gazeux : sous forme de vapeur d'eau invisible (et inodore).

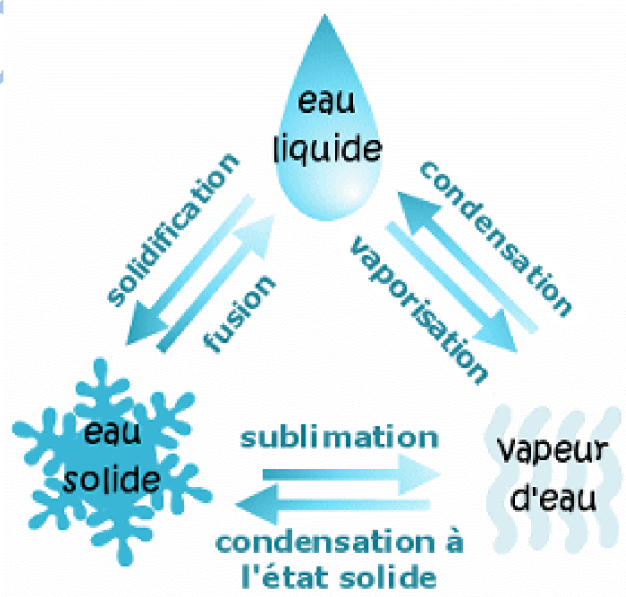


Figure I-1 différentes états de l'eau

I-3. Importance :

L'eau constitue 65% du poids de l'être humain, soit 80% de son sang, 75% dans son crâne, 20% dans ses os et 80% dans ses muscles, les besoins journaliers diffèrent en fonction de plusieurs paramètres notamment les conditions climatiques et la qualité de l'eau, néanmoins elle reste de l'ordre de 150-250 L/jour.

I-4. les propriétés de l'eau.

I-4.1. Propriétés chimiques

- Nature dipolaire de l'eau.

Une propriété très importante de l'eau est sa nature polaire. La molécule d'eau forme un angle de $104,45^\circ$ au niveau de l'atome d'oxygène entre les deux liaisons avec les atomes d'hydrogène. Puisque l'oxygène a une électronégativité plus forte que l'hydrogène, l'atome d'oxygène a une charge partielle négative δ^- , alors que les atomes d'hydrogène ont une charge partielle positive δ^+ .

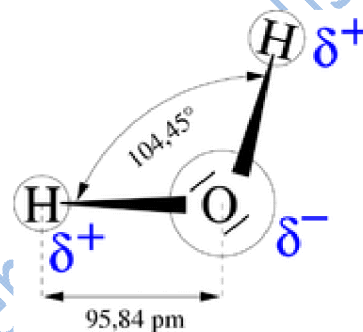


Figure I-2 dipôle de l'eau

Une molécule avec une telle différence de charge est appelée un dipôle (molécule polaire). Ainsi, l'eau a un moment dipolaire de 1,83 D. Cette polarité fait que les molécules d'eau s'attirent les unes les autres, le côté positif de l'une attirant le côté négatif d'une autre. Un tel lien électrique entre deux molécules s'appelle une liaison hydrogène.

Cette polarisation permet aussi à la molécule d'eau de dissoudre les corps ioniques, en particulier les sels, en entourant chaque ion d'une coque de molécules d'eau par un phénomène de solvation.

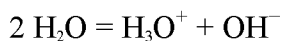
Cette force d'attraction, relativement faible par rapport aux liaisons chimiques covalentes de la molécule elle-même, explique certaines propriétés comme le point d'ébullition élevé (quantité d'énergie calorifique nécessaire pour briser les liaisons hydrogène), ainsi qu'une capacité calorifique élevée.

À cause des liaisons hydrogènes également, la densité de l'eau liquide est supérieure à la densité de la glace.

- Autoprotolyse

L'eau se dissocie naturellement en ion oxonium H_3O^+ (aussi appelé

hydronium) et ion hydroxyde OH^- :



La réaction est dite d'autodissociation ou d'autoprotolyse.

Dans cette réaction, l'eau joue à la fois le rôle d'acide et de base : comme acide, elle perd un proton H^+ et devient l'ion hydroxyde OH^- ; comme base elle gagne un proton H^+ et devient l'ion oxonium H_3O^+ . On dit donc que c'est une espèce amphotère ou un ampholyte.

La constante d'équilibre de cette réaction est très faible (10^{-14} à 25°C) ; le nombre d'ions oxonium et hydroxyde formés est donc très minoritaire devant le nombre de molécules d'eau. Du fait de l'équilibre, à une température donnée, le produit des concentrations de ces ions est constant, égal à la constante de dissociation. À 25°C , il vaut :

$$[\text{H}_3\text{O}^+].[\text{OH}^-] = 10^{-14}.$$

Dans l'eau pure, les ions H_3O^+ et OH^- sont issus uniquement de l'autoprotolyse de l'eau, ils sont donc présents en concentrations égales, donc :

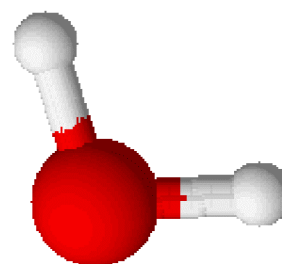
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ (à } 25^\circ\text{C)}$$

Le pH étant défini à partir de la concentration en ions oxonium ($pH = -\log_{10} [\text{H}_3\text{O}^+]$), à 25°C , le pH de l'eau pure vaut donc 7, il est dit neutre.

Cet équilibre acide/base est d'une importance capitale en chimie minérale comme en chimie organique. [3]

I-4.2 Propriétés physiques :

L'état solide de l'eau est la glace ; l'état gazeux est la vapeur (d'eau). Cette dernière est totalement invisible et si on semble la voir s'élever au-dessus d'une casserole d'eau bouillante, ce ne sont que des microgouttelettes d'eau liquide qu'on peut voir. L'état de l'eau dépend des conditions de pression P et de température T . Il existe une situation unique (P, T) dans laquelle l'eau coexiste sous les trois formes solide, liquide, et gazeux ; cette situation est appelée « point triple de l'eau », elle a lieu à une température de $273,16 \text{ K}$ ($0,01^\circ\text{C}$) et une pression de $611,2 \text{ Pa}$.



Les unités de température (degrés Celsius, kelvin) sont définies en prenant ce point triple de l'eau comme référence.

La masse d'un litre d'eau à la température de 4°C était la première définition

du kilogramme. Par approximation, on prend pour masse volumique de l'eau dans les conditions normales la valeur de $1\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, une tonne par mètre cube ou encore un kilogramme par litre ($1,00\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$).

La chaleur massique de l'eau est de $4\,186\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ dans les conditions normales de température et de pression. L'eau était utilisée comme étalon de chaleur dans d'anciens systèmes d'unité : la calorie (et la frigorie) quantifiait la chaleur à apporter pour augmenter d'un degré Celsius la température d'un gramme d'eau : soit 4,185 joules.

Les chimistes se réfèrent parfois (avec humour) à l'eau avec un nom savant (et justifié) comme du monoxyde de dihydrogène dans des parodies de recherches scientifiques sérieuses qui présentent ce produit comme mortellement dangereux et à bannir. [4]

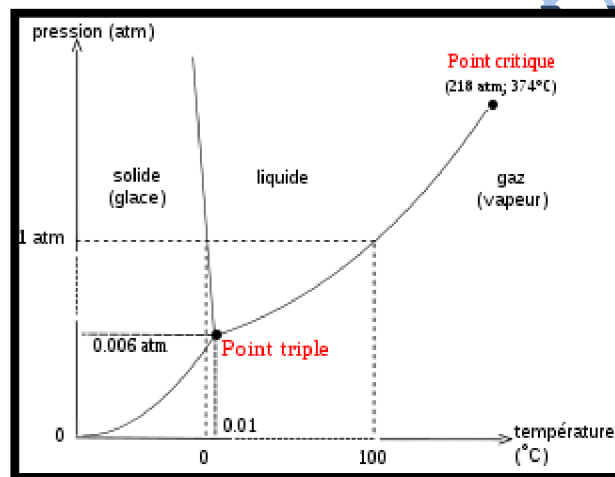


Figure I-3 .Diagramme de phase de l'eau

I-4.3. Les milieux physiques des eaux souterraines:

Les nappes souterraines s'alimentent par infiltration directe des précipitations tombées sur le sol, par échange avec un cours d'eau au drainage d'un autre aquifère.

L'étude de la vulnérabilité des nappes analyse le risque d'extension de la pollution, dans la nappe et les risques de voir cette pollution atteindre des zones de captage

I-4.4. Propriétés bactériologiques :

Les propriétés physicochimiques de l'eau ainsi que sa possibilité de dissoudre les gaz, les matières organiques et minérales ont fait de l'eau un milieu favorable pour la multiplication et sa croissance de plusieurs micro-organismes, virus champignons et bactéries.

I-5. Cycle de l'eau dans la nature :

Ce cycle d'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 océans et d'autres eaux de surface (lacs, Rivière...etc.), mais aussi à partir du sol et est alors transportée, essentiellement sous forme de nuages. Elle retourne ensuite vers la terre à partir des nuages sous forme de précipitation de pluies ou de neige ; soit elle atteint la surface des lacs ou des mers soit elle atteint la nappe phréatique à travers le sol.

Le cycle se trouve donc fermé comme le montre le schéma de la figure I.4

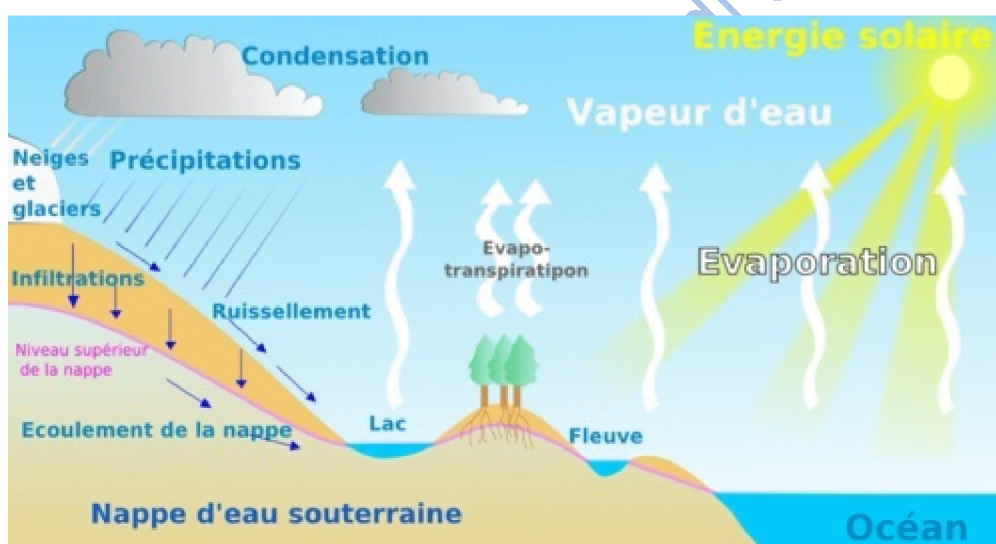


Figure I-4 Cycle de l'eau dans la nature

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

II-1. Le Cadre Géographique :

La wilaya d'El-Oued est située au Nord-est du Sahara septentrional. Elle s'étend sur une superficie de 44.586Km^2 , avec une population de plus de 500.000 habitants, donnant ainsi une densité de 12 habitant/ Km^2 . La topographie se distingue par une importante dénivelée entre la ville d'El-Oued et celle d'El-Méghair respectivement de 75 m et 6 m. [5]

II-1.1. Historique :

Autrefois, le Souf était une zone rurale à vocation purement agricole. Le système hydro agricole qui prévalait était le GHOUT, c'est un ouvrage traditionnel qui facilitait la mobilisation de la ressource. Cet écosystème permettait le développement de l'unique spéculation, autrement dit ; le fellah soufi dans le passé, creusait des excavations sous forme d'entonnoirs, puis y plantait ses palmiers à 1.5 m du niveau statique de la nappe phréatique (l'unique source hydraulique à l'époque), qui leur permettait de puiser l'eau en son sein. [6]

II-1.2. Situation :

La région d'Oued Souf fait partie du Sahara au Nord-est, elle est occupée par un chaos de dunes ou « grand Erg Oriental » sur un territoire de 80.000Km^2 . Elle se trouve limitée par :

- Au Nord, la zone des Chotts (Chotts Melghrir et Merouane).
- Au Sud, l'extension de l'Erg Oriental.
- A l'Est, la frontière Tunisienne.
- A l'Ouest, la vallée d'Oued Righ

Sur le plan topographique l'altitude moyenne est de 80 m d'une diminution notable du Sud vers le Nord pour descendre à moins de 25 m dans la zone des Chotts, la chaîne de dune atteignent jusqu'à 100m d' hauteur et reposent sur une formation quaternaire de plusieurs dizaines de mètre de sable fin éolien, compact, homogène et uniforme. [5]

II-1.3. Situation régionale :

La ville d'El-Oued est située au Sud-est de l'Algérie dans l'Erg-Oriental, à environ 700 au sud-est d'Alger. Elle est limitée par :

- Au Nord la wilaya de Biskra, Khenchla et Tébessa.
- A l'Est la frontière Tunisienne.

- Au Sud la wilaya d'Ouargla.
- A l'Ouest par la wilaya de Biskra et Ouargla (figure II.1)



Figure II-1 situation régionale d'El Oued



Figure II-2 Situation géographique de la région d'El-Oued

II-2. Climatologie de la région :

La connaissance des caractéristique hydro climatologiques est nécessaire pour toutes études hydrologiques, car elle permet a la contribution d'évaluation d'alimentation de la nappe phréatique et ses terrains.

II-2.1. Climat du Souf :

Située en plein dans le Grand Erg Oriental, la région d'Oued Souf est caractérisée par un climat, variable et très irrégulier. La moyenne interannuelle est de $\approx 70\text{mm}$.

Ce pendant, ce sont les pluies à caractère exceptionnel qui peuvent tombées en 24 heures. Des sécheresses prolongées qui sont importantes à considérer pour la recharge des nappes. [7]

Le climat qui est de type saharien, est caractérisé par un été chaud et sec avec une température pouvant atteindre 51°C , et un hiver doux et sec. Seuls les vents, connus sous le nom "Chihili" (sirocco) affectent en dominance la zone du Souf surtout en été.

❖ La température

Les températures affectant cette région sont constamment variables mais elles ne dépassent guère les 51°C .

La température moyenne annuelle est de 27°C , les écarts de température entre la nuit et le jour dépassent 20°C entre les mois de janvier et juillet. [7]

❖ La pluviométrie :

L'analyse pluviométrique de la région de Oued Souf révèle qu'il y a une irrégularité des précipitation moyennes mensuelles.

Néanmoins on distingue deux périodes :

1. L'une pluvieuse, s'étalant du mois de Septembre au mois d'Avril.
2. L'autre sèche durant le reste de l'année.

L'analyse des données pluviométriques le long d'une série de 39 années (1967/2005), nous révèle que l'année 1990 correspond à celle la plus pluvieuse (année humide), et la plus faible, elle correspond à celle de l'année 1983. Sur cette même période on constate que le maximum de pluviométrie a été enregistré pendant le mois de Mars. [7]

❖ Les vents

Généralement c'est aux printemps que les vents dominants sont les plus forts et peuvent durer jusqu'à trois jours consécutifs et parfois plus, avec une vitesse allant de 40 a 60Km/h et parfois même plus. [7]

II-3. Hydrogéologie de la région :

D'après les études effectuées et les coupes de sondages de forages réalisées dans la région du Souf nous distinguons deux types d'aquifères, l'un libre correspondant à la nappe phréatique, l'autre captif correspondant aux nappes du complexe terminal et du continental intercalaire, ces deux systèmes aquifères sont présents presque sur toute l'étendue du Souf. [8]

II-3.1. Nappe phréatique :

Cette nappe présente sur toute l'étendue du Souf correspond à la partie supérieure des formations quaternaires. D'une profondeur moyenne de 50m, elle est constituée essentiellement par des formations sableuses à grains fins intercalés par des tufs ou lentilles d'argiles sableuses à Gypseuses, ce type facilite le phénomène d'infiltration et le processus de la remontée capillaire, les coupes géologiques ont montré que cette nappe repose sur une bonne assise argileuse compacte imperméable dont l'épaisseur atteint parfois les 200m, vu son caractère dunaire très perméable, sa faible profondeur ainsi que ses propriétés physico-chimique, cette nappe captée par plus de 5000 puits, reste une source d'eau d'irrigation très sollicitée pour l'agriculteur de la région.[8]

II-3.2. La nappe du complexe terminal :

II-3.2.1. Nappe des sables :

Au sein des niveaux sableux viennent s'engendrer deux nappes de type captif la première correspond à la formation supérieure du complexe terminal. Constituée par des sables à grains peu grossiers dont la profondeur peut atteindre les 280m couvre presque tout le Souf. La deuxième nappe des sables est d'âge Pontien. Constituée par des formations sableuses fortement perméable est captée à une profondeur variant entre 400 et 480m et ce tout dépend des régions, avec une épaisseur moyenne de 50m environ.

Vu son intérêt hydraulique important, la nappe du Pontien est la plus sollicitée pour l'AEP ou pour l'irrigation, où on compte 106 forages dont 55 sont destinés à l'irrigation avec un débit mobilisé atteignant le $31.417.131\text{m}^3/\text{an}$. Le reste (51 forages) avec un débit total de $464086.44\text{m}^3/\text{an}$, sont destinés à l'AEP. L'écoulement général se fait vers les Chotts et vers le golf de Gabes. [8]

II-3.2.2. Nappe des calcaires :

Les forages profonds passant par cette nappe montrent qu'elle se situe dans la formation calcaires de l'éocène inférieur sous une profondeur variant entre 500 et 800m

mais vu sa faible perméabilité et un taux élevé de salinité de ses eaux, cette nappe ne présente aucun intérêt hydrogéologique. [8]

II-3.3. La nappe du continental intercalaire :

Le continental intercalaire appelé aussi Albien, occupe l'intervalle stratigraphique entre la base du trias et le sommet de l'albien.

Cet horizon aquifère est constitué essentiellement par des sables gréseux avec des intercalatins argileuses, sa profondeur varie entre 1600 et 1800 m, avec une épaisseur pouvant atteindre les 400 m, sur l'ensemble du souf on compte 04 forages albiens donnant ainsi un débit total de $11405520\text{m}^3/\text{an}$ d'où $10879920\text{m}^3/\text{an}$ est destiné pour l'AEP de la ville d'El-Oued et ses alentours tandis que le reste évalué à $525600\text{m}^3/\text{an}$ est destiné pour l'irrigation. [8]

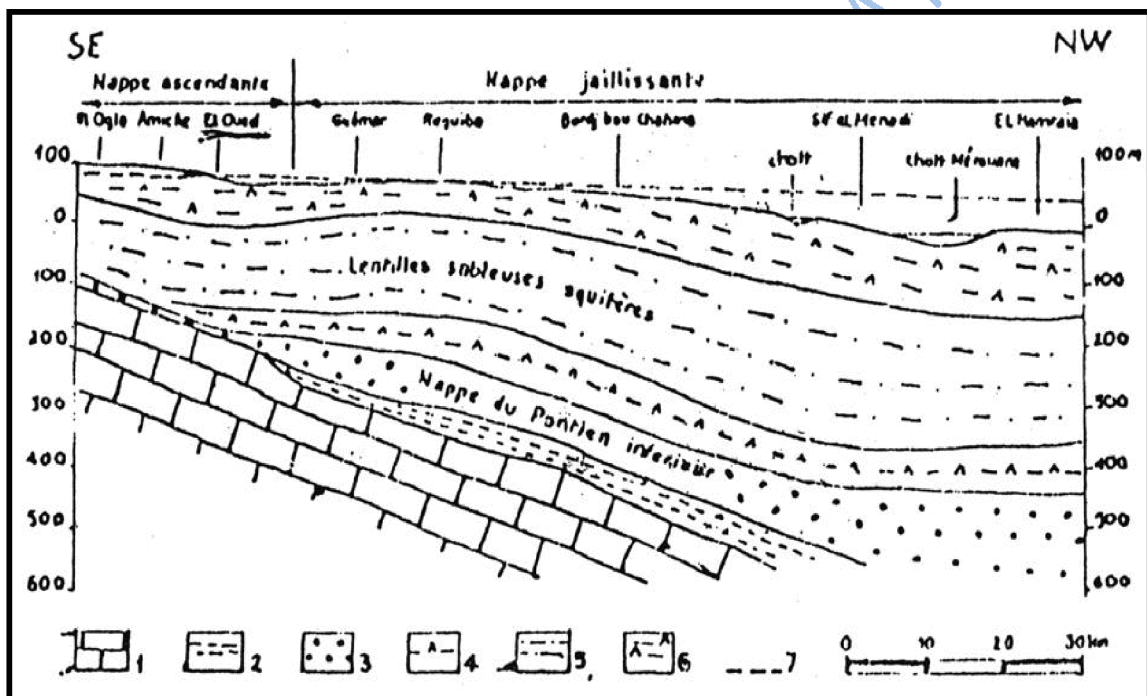


Figure II-3 Coupe Hydrogéologique du Souf (A.N.R.H, 1989).

- 1- calcaire de l'Eocène inférieure marin et de l'Eocène moyen évaporés.
- 2- argiles sableuses et marnes de la base du complexe terminal.
- 3- sables grossiers du Pontien inférieur.
- 4- argiles et gypses dominants.
- 5- argiles et sables dominants.
- 6- argiles, sables et gypses (les trois derniers étages appartiennent au Miopliocène).
- 7- niveau hydrostatique de la nappe du Pontien inférieur.

Chapitre III : Qualité de l'eau dans la région

III-1. Définition des nappes d'étude

III-1.1. Nappe phréatique :

Une nappe phréatique (en grec "phrear" qui veut dire "puits") est une masse d'eau contenue dans les fissures du sous-sol ; elle est accessible généralement par le puits ou par le forage. La nappe phréatique peut avoir pour plancher une couche imperméable tout comme elle peut avoir comme toit une couche imperméable également. La nappe devient alors captive. Au plus proche de la mer, la nappe phréatique d'eau douce rencontre la nappe phréatique d'eau salée ; la nappe phréatique d'eau douce, ayant une densité plus grande, passe alors en dessous de la nappe phréatique d'eau salée [9].

Aquifère souterraine que l'on rencontre à faible profondeur et qui alimente traditionnellement les puits en eau potable. C'est la nappe la plus exposée à la pollution en provenance de la surface.

III-1.2. Nappe Pontien :

Elle est formée par des sables et des argiles, parfois on rencontre des gypses et des graviers. Dans cette région, le Pontien est carbonaté à sa base, sa partie supérieure est marquée par des argiles de type lagunaires.

L'épaisseur de cet horizon varie entre 150 et 200 mètres. Il appartient à l'ensemble appelé communément complexe terminal (C.T).

III-1.3. Nappe Albien :

Cette nappe est constituée par une alternance de marnes, de grès de sables et surtout par des calcaires avec passages de silice et d'argile.

La limite inférieure est constituée par le toit de la barre Aptienne, alors que sa limite supérieure se caractérise par l'apparition, des faciès argilo carbonatés. D'après les coupes de sondages des forages Albien, l'épaisseur de cet étage varie de 100 à 150 m ; dans d'autres endroits elle peut atteindre 200 m.

III-2. Pollutions de l'eau :

III-2.1. Généralité :

Aujourd'hui, la pollution a des effets catastrophiques sur la santé. Pour éviter cela il faudrait combattre tout ce qui pollue et provoque des maladies (exemples : la maladie du ver de Guinée, la fièvre typhoïde...) attrapées à cause de la pollution, heureusement qu'il existe des remèdes à ces maladies, bien souvent, le manque d'hygiène contribue à la

prolifération des agents pathogènes de ces maladies. Le problème est souvent plus présent dans les pays pauvres. [10]

Dans les pays riches, qui polluent énormément, les maladies sont nombreuses, comme par exemples les allergies. La pollution facilite aussi le développement de certaines maladies, dont le cancer et l'asthme. Pour soigner ces maladies, il y a des médicaments appropriés et en prévention, les vaccins.

Les nappes phréatiques sont vulnérables à la pollution domestique, industrielle et agricole ce qui peut expliquer la présence souvent à l'état de traces de micropolluants minéraux et organiques et de produits azotés à l'état ammoniacal est de NH_4^+ et nitrate NO_3^- . [11]

Il est à noter que lorsqu'une nappe a été polluée, il est très difficile de récupérer sa pureté originelle : les polluants sont en effet non seulement présents dans l'eau, mais également fixés et absorbés sur les roches et les minéraux du sous-sol.

III-2.2. Type de pollution :

La pollution de l'eau est l'ensemble des nuisances aux quelles peut être exposé son usager. La pollution engendrée peut être d'ordre physique (radioactivité, élévation de la température...), chimique (rejets agricoles, industrielles et urbains) et microbiologique (rejets urbains, élevage...). Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type.

III-2.2.1. La pollution chimique:

Elle est due à l'entrée d'un (ou plusieurs) élément indésirables dans la composition chimique de l'eau initialement destinée à un usage bien précis. Deux types d'analyses permettent d'évaluer l'état de celle pollution :

- Les paramètres globaux : ils résultent de la juxtaposition des effets de plusieurs substances en même temps (exemple pH, conductivité, turbidité, Demande Chimique en Oxygène (DCO°), etc. La DCO d'une eau représente l'ensemble de toutes les espèces chimique oxydables, organiques et minérales ou en suspension.
- Les paramètres spécifiques qui caractérisent un composé en particulier ou plusieurs propriétés chimiques semblables.

Le choix le plus difficile reste incontestablement la définition des paramètres à suivre en vue d'évaluer cette pollution ; en effet le but de tout ce travail est de pouvoir qualifier et quantifier la pollution en vue de mettre en place les solutions appropriées ou mieux encore de pouvoir prévenir à temps pour mettre en place les dispositions préventives qui s'imposent.

III-2.2.2. La pollution physique :

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules ou mousses et le changement de l'effet réfractaire de l'eau. Le rejet d'eau chaude des centrales nucléaires dans les cours d'eau constitue la préoccupation de nombreux pays.

III-2.2.3. La pollution microbiologique :

La pollution microbiologique résulte de la présence dans l'eau de microorganismes qui sont véhiculés par l'eau est responsables de beaucoup de maladies hydriques. L'eau peut être un milieu favorable aux développements de bactéries et virus nuisibles à la santé humaine des populations qui l'utilisent pour leurs besoins. Les bactéries pathogènes (Vibrionacea, Enterobacteriaceae, etc.) sont responsables des principales maladies hydriques. Les parasites sont eux aussi la cause de plusieurs autres maladies (hépatite infectieuse, méningite, etc....)

L'agriculture utilise des engrais chimiques azotés et phosphores, des produits phytosanitaires destinés à protéger les cultures et à faciliter la vie des agriculteurs. Ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie, les eaux de surface par lessivage et ruissellement et les nappes par infiltration.

La pollution domestique de nos eaux usées (l'eau ménagères) est essentiellement constituée de matières organiques bio dégradables certes, mais grandes consommatrices d'oxygène, de germes pathogènes (cause d'épidémies) et de produits chimiques (lessives détergentes riches en phosphates) à l'origine des phénomènes d'eutrophisation.

Par nos lavabos» nos éviers, nos salles de bains et nos WC passe chaque jour une pollution proportionnelle au nombre d'habitants.

III-2.2.3.1. Fièvres typhoïde :

Les fièvres typhoïde et paratyphoïde sont des infections causées par des bactéries qui sont transmises lors de l'ingestion d'aliments ou d'eau contaminées par des selles. Une eau propre et un bon assainissement permettent de prévenir la propagation de la typhoïde et de la paratyphoïde. L'eau contaminée est l'une des voies de transmission de la maladie.

D'après l'Organisation mondiale de la santé, le nombre de patients atteints dans le monde serait compris entre 16 et 33 millions de personnes, avec plus de 200.000 décès annuellement.

La contamination se fait par l'ingestion de boissons ou aliments souillés par les selles d'un homme infecté, malade, ou porteur sain. La maladie est quasiment absente

des pays développés, mais reste fréquente dans les autres. Sa prévalence est importante en Asie du Sud-Est, en Asie centrale et en Afrique du Sud. Le germe le plus souvent responsable reste *Salmonella typhi*, près de dix fois plus fréquemment retrouvé que les *Salmonella paratyphi*.

Type de pollution	Nature chimique	Source ou agent causal
<i>Physique</i>		
Pollution thermique	Rejets d'eau chaude	Centrales électriques
Pollution radioactive	Radio-isotopes	Installations nucléaires
<i>Chimique</i>		
Pollution par les fertilisants	Nitrates Phosphates	Agriculture (lessives)
Pollution par des métaux et métalloïdes toxiques	Mercure, cadmium, plomb, aluminium, arsenic, etc.	Industries, agriculture, combustions, (pluies acides)
Pollution par les produits pesticides	Insecticides, herbicides, fongicides	Agriculture (industrie)
Pollution par les détersifs	Agents tensioactifs	Effluents domestiques
Pollution par les hydrocarbures	Pétrole brut et ses dérivés (carburant p.e.)	Industrie pétrolière,
Pollution par des composés organochlorés	P.C.B., insecticides, solvants chlorés	transport Industries
Pollution microbiologique	Bactéries, virus entériques, champignons	Effluents urbains, élevages, secteur agro-alimentaire

Tableau III-1 type de pollutions

III-2.3. Risque de pollution des eaux souterraines :

Les effluents des fosses peuvent contenir des agents pathogènes et des substances chimiques susceptibles de contaminer l'eau de boisson. Par suite de leur taille relativement importante, les protozoaires et les helminthes disparaissent rapidement grâce à l'action filtrante du sol, mais les bactéries et les virus persistent plus longtemps.

Parmi les substances chimiques qui apparaissent en général dans les eaux usées d'origines domestiques, seules les nitrates représentent une menace sérieuse pour la santé. Les nourrissons alimentés au biberon avec du lait reconstitué à partir d'eau à forte concentration en nitrates risquent d'être atteints de la "maladie bleue des nourrissons", qui peut être fatale si elle n'est pas soignée. Selon certaines données, il est vrai contradictoire, de faibles concentrations de nitrates pourraient jouer un rôle dans la survenue du cancer de l'estomac. [11]

Lorsque l'eau de boisson est contaminée par des agents pathogènes, c'est généralement qu'il y a eu pollution de la nappe qui alimente les puits et les forages. Un autre danger apparaît quand les effluents infiltrent le sol à faible profondeur au voisinage de canalisations dans lesquelles le débit est intermittent ou la pression de temps à autre très basse. Lorsque les canalisations sont pleines, l'eau fuit par les joints en mauvais état, les fissures et les trous, ce qui ne présente pas de risque sanitaire. En revanche, lorsque les canalisations sont vides ou sous pression réduite, les effluents peuvent y pénétrer par la même voie.

III-2.4. Pollution des nappes d'eaux

III-2.4.1. Pollution de la nappe phréatique :

La vallée du Souf souffre actuellement des conséquences négatives de la remontée des eaux de la nappe phréatique, qui a engendré l'inondation de centaines de Ghouts ainsi que des zones basses de la ville et de son périphérie. Le rejet direct des eaux usées domestiques dans la nappe phréatique (absence d'un réseau d'assainissement), a causé la remontée des eaux, et le plus grave, la contamination et la pollution de cette nappe par ces eaux pollués (Fig. III-1).

Autre cause de la pollution de la nappes phréatique, l'infiltration des produits azoté utilisé comme fertilisant dans l'agriculture (chimique et naturelle) par le lessivage ; qui vont se transformé en nitrates qui va contaminer et pollué la nappe, mais il n'y a pas que les produits azotés qui vont s'infiltrer, il y a aussi les produits chlorés et hydrocarbure cyclique comme le chlorobenzène utilisé comme insecticide et pesticide ; donc il n'y a pas que les engrais il y a aussi les pesticides et insecticides (Fig. III-2).

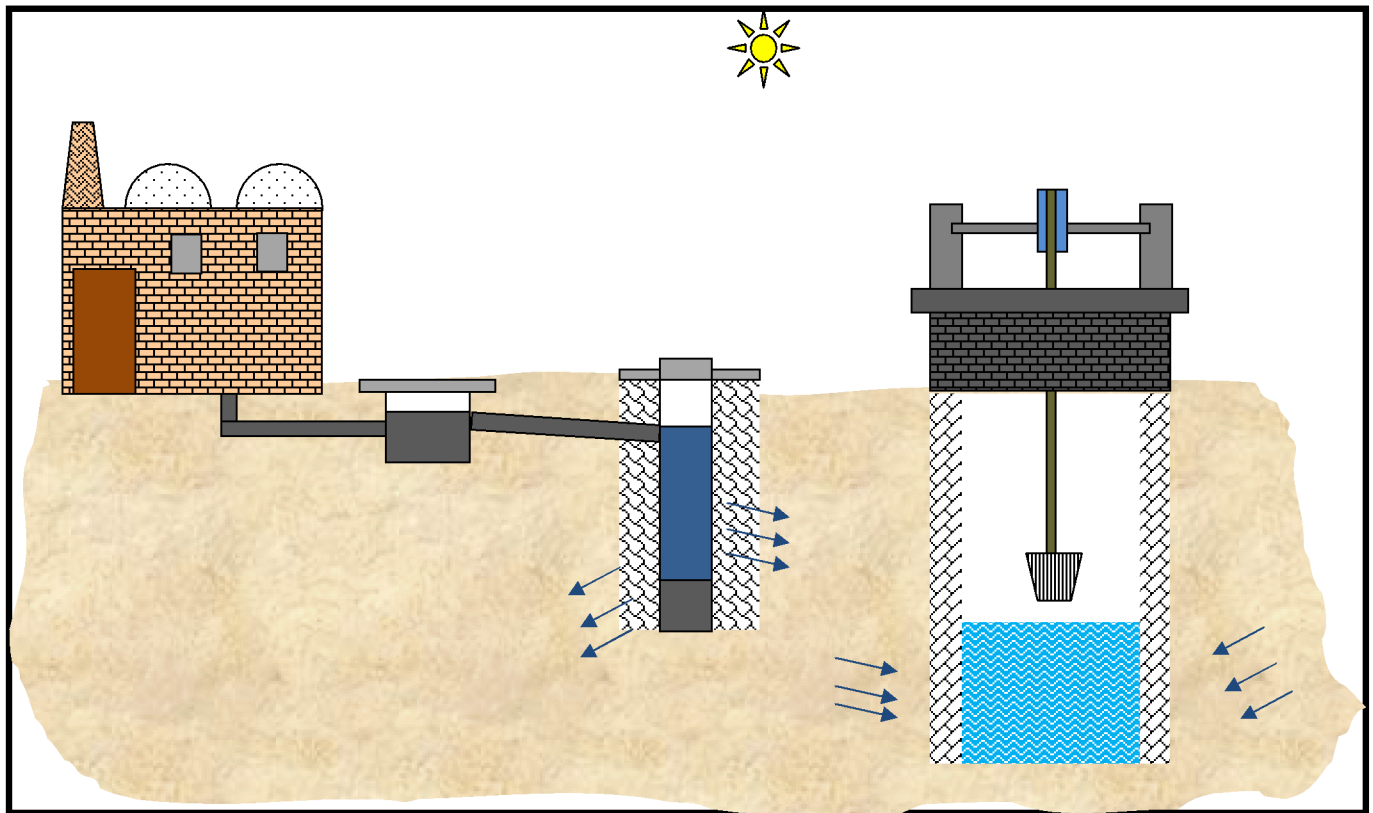


Figure III-1 infiltration des eaux usées sur la nappe phréatique

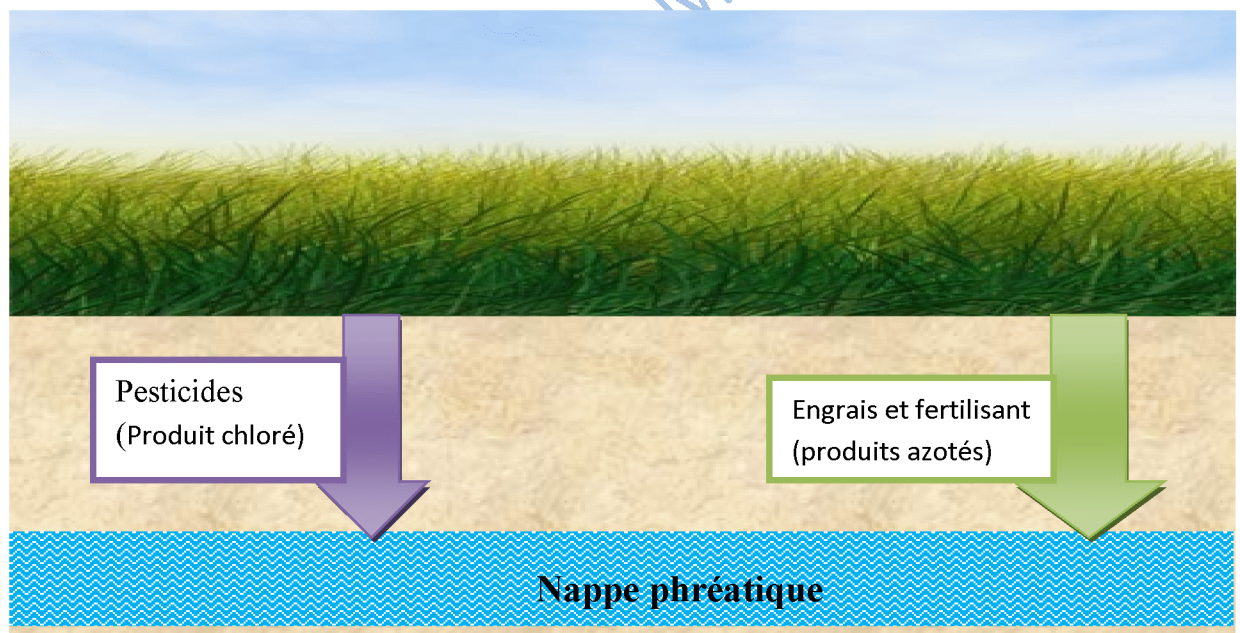


Figure III-2 Infiltrations des produits azotés (engrais) et pesticides (chlore et H.C cyclique)

A cause de la croissance rapide du trafic agricole ces dernières années, les agriculteurs ont eu besoin de grosses quantités d'engrais. Ils vont utiliser des engrais naturels tel que les déchets d'animaux et les boues résiduelles des stations dépuración des wilayas voisines. Mais dans ces stations l'eau traitée n'est pas seulement une eau

domestique, elle contient aussi l'eau industrielle. Dans ces eaux, il y a des métaux lourds issus du trafic industriel, donc les boues contiennent aussi ces métaux; comme les agriculteurs utilisent ces boues comme engrais, ces métaux lourds (cancérigène) [12] vont se trouver dans le sol et dans la nappe d'eau. D'après une étude effectuée dans ce contexte [13], on a observé des taux de cadmium 30 fois supérieur aux taux fixés par l'OMS ($5\mu\text{g/l}$ et on a trouvé $140\mu\text{g/l}$) ainsi qu'un taux de plomb 400 fois plus élevé que la normale (taux OMS : $15\mu\text{g/l}$, et nous avons trouvé $6000\mu\text{g/l}$).

III-2.4.2. Pollution de la nappe Pontien :

D'après l'étude géologique de la région, on a observé que la nappe du Pontien se trouve dans une nappe de Sables, graviers et grès. L'eau de cette nappe doit être très minéralisée est surtout minéralisée au calcium et CaCO_3 d'après la nature des nappes géologiques, ainsi du magnésium est présent.

A cause de sa profondeur ($\approx 200\text{m}$) elle est à l'abri des contaminants extérieurs comme les engrais et les pesticides ainsi que le lessivage des sols, dont les produits azotés ne doivent pas être trouvés. Donc théoriquement cette eau doit être saine.

III-2.4.2. Pollution de la nappe albien:

La nappe albien se trouve dans une nappe de sable gypseux et calcaire d'après l'étude géologique, donc sa minéralisation doit être elle aussi élevée surtout la teneur en calcium et magnésium ainsi que des CaCO_3 . Sa profondeur est de 1500m donc elle est totalement à l'abri des polluants extérieurs à l'inverse du phréatique, sa température élevée la rend stérile ; donc elle ne doit pas contenir de matières organiques.

III-3. les paramètres d'analyse :

III-3.1. Les paramètres physico-chimiques :

❖ La température :

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux qu'elle soit souterraine ou superficielle. Les eaux souterraines gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs, saisonniers et autres.

L'eau de boisson a une fraîcheur si sa température varie entre 9° et 12°C . Une température élevée des eaux dans le réseau de distribution peut être à la base d'un développement planctonique important dans les conduites ou d'une sursaturation en gaz dissous, susceptible de rendre les eaux blanchâtres.

❖ Le pH:

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène $[H_3O^+]$. Il est inférieur ou supérieur à sept suivant que l'eau acide ou basique. Le pH n'a pas de signification hygiénique mais il présente une notion très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau. Pour les eaux naturelles, le pH est compris entre 6 et 8. Le pH est mesuré avec un pH mètre.

❖ Turbidité :

Turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée sur la teneur de la matière en suspension. Les eaux troubles chargées de substances finement divisées (grains de silice, matières organiques, limons....) forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs. Pour la sécurité de l'eau de boisson, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU (Unité néphélométrique de turbidité). Elle est mesurée avec un turbidimètre.

❖ Conductivité et minéralisation :

La mesure de la conductivité permet d'avoir très rapidement une idée sur la concentration de l'eau en sels dissous. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée, comme elle peut conduire à un entartrage des conduites si l'excès est dû aux ions de calcium. Elle est mesurée avec un conductivimètre.

On peut classer les eaux selon leur conductivité, si celle-ci est:

- Inférieur à 100 us/cm, l'eau a une minéralisation très faible.
- Comprise entre 200 et 333,33 us/cm, l'eau a une minéralisation faible.
- Comprise entre 333,33 et 666,66 u, s/cm, l'eau a une minéralisation moyenne
- Comprise entre 666,66 et 1000 us/cm, l'eau a une minéralisation importante
- Supérieure à 1000 us/cm, L'eau a une minéralisation excessive.

❖ Oxygène dissous :

L'oxygène toujours présent dans l'eau, n'est pas un élément constitutif. Sa solubilité est en fonction de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité.

La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l. Elle est fonction de l'origine de l'eau: les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation ; par contre, les eaux profondes n'en contiennent que quelques milligrammes par litre. L'eau saturée d'air, à 20°C et sous la pression normale contient 9,1 mg/l d'oxygène.

❖ **Matières en suspension :**

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspensions dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau; elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets, etc.

Des teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique.

Les normes en vigueur préconise que les matières en suspension doivent être absentes dans l'eau destinée à la consommation humaine.

❖ **Résidu sec :**

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

❖ **TAC :**

Elle est mesurée par la somme des anions hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes alcalins, et est exprimée par le titre alcalimétrique complet TAC. Lors de pH inférieur à 8,3, le TAC est mesuré par acidification du milieu jusqu'à virage de l'hélianthine, donc le TAC exprime la teneur en hydrogénocarbonates.[16]

Lors de pH supérieur à 8,3, il peut y avoir coprésence de carbonates, voire présence d'hydroxydes alcalins.

III-3.2. Minéralisation

❖ **Chlorure**

Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations variables.

Ils peuvent avoir plusieurs origines :

- Fercolation à travers des terrains salés.
- Infiltration d'eaux marines dans les nappes phréatiques.
- Activités humaines et industrielles.

Une présence excessive de chlorures dans l'eau est corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes. Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme indice de pollution.

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent, en présence de chromate de potassium.

❖ Calcium :

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates.

Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogène- carbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfate, chlorure, etc. les eaux de pluies, de citernes n'en renferment que des traces.

Pour le dosage du calcium, on procède de la même façon pour la dureté totale, en changeant l'indicateur coloré par du murexide et le pH est porté à 12-13, par addition de soude pour faire Précipiter les ions Mg^{+2} sous forme d'hydroxydes.

Les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg en $CaCO_3$.les eaux qui dépassent 500 mg/l de $CaCO_3$ présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières. Certaines eaux minérales en contiennent plusieurs centaines de milligrammes par litre.

❖ Sodium :

Le Sodium est un élément dont les concentrations dans l'eau varient d'une région à une autre. Le Sodium dans l'eau provient des formations géologiques contenant du chlorure sodium et de la décomposition des sels minéraux.

Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau, il n'y a pas de valeur limite standard, cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtres et prennent un goût désagréable.

Le sodium est dosé par spectrophotométrie d'émission de flamme.

❖ Magnésium :

Le magnésium est parmi les éléments les plus répandus dans la nature. Il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre, élément indispensable pour la croissance. Il intervient comme élément plastique dans l'os et comme élément dynamique dans les systèmes enzymatiques et hormonaux.

Son abondance géologique et sa grande solubilité ainsi que sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes, allant de quelques milligrammes à plusieurs centaines de milligrammes par litre. Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100 mg/l, les teneurs en magnésium sont obtenues par la différence entre la dureté totale et la dureté calcique.

III-3.3. Les paramètres de pollutions

❖ **L'azote ammoniacal :**

Cette forme d'azote est souvent rencontrée dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Certaines eaux profondes peuvent être riches en azote ammoniacal sans être pour cela nécessaires des eaux polluées. Dans ce cas, l'ammonium (NH_4^+) peut provenir d'une dénitrification biochimique due aux micro-organismes réducteurs.

Par contre, si l'ammonium est trouvé dans une eau de surface (rivière ou lac) ou dans une eau d'origine souterraine peu profonde, son origine doit être recherchée dans les déjections animales.

En général l'ammoniaque se transforme rapidement en nitrates par oxydation ; la mise en évidence dans l'eau, de teneurs importantes en azote ammoniacal implique généralement une contamination récente par les matières organiques en décomposition. A ce stade une contamination est à craindre.

L'ammonium est dosé par méthode spectrophotométrie du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate de sodium (nitroprussiate de sodium).

❖ **Nitrites :**

Les nitrites peuvent être rencontrés dans l'eau, mais à des doses faibles. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante.

Une eau qui renferme des nitrites est considérée comme suspecte, cependant l'interprétation définitive des résultats, il sera nécessaire de tenir compte des teneurs en nitrates, en azote ammoniacal, en matières organiques et de l'examen bactériologique.

Il est important de signaler que les eaux en contact avec certains terrains et certaines conduites peuvent contenir des nitrites indépendamment de toute souillure. On trouve aussi quelque fois des nitrites non liés à une pollution dans les eaux pauvres en oxygène (Sondages profonds...). Leur présence a été signalée dans les eaux de pluie et dans les eaux provenant de la fonte des neiges.

Ils sont aussi susceptibles de se former sous l'action de bactéries et à des températures élevées à partir des chlorarsines créées au cours de la désinfection par réaction sur l'ammoniaque.

Du point de la toxicité, il faut retenir que les nitrites peuvent avoir une action méthémoglobinisante comme pour les nitrates.

L'OMS sans indiquer de valeur, préconise que la teneur en nitrites de l'eau de boisson est nettement inférieure à 1 mg/l.

Au cours de la décontamination microbienne de l'eau, 0.1 mg/l de NO₂ en N détruit presque immédiatement 0.5 mg/l de chlore libre.

Les ions nitrites réagissent en milieu acide (pH = 1.9) avec la sulfamilade en formant le sel de diazonium (diazotation) qui forme le N-(1-naphtyl)-éthylénediamine-dechlorohydraté un colorant azoïque rouge.

❖ Nitrate :

Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Sauf cas particulier, les teneurs en nitrates des eaux de distribution sont peu élevées ; par contre, en zone rurale, certains puits peuvent avoir des concentrations importantes. Depuis quelques années, il a été observé une élévation de la teneur en nitrates des eaux souterraines et superficielles de certaines régions, celles-ci est souvent liée au développement des élevages, à une réutilisation excessive des zones agricoles par des engrais, les fientes et fumiers divers les boues de station d'épurations. [14]

Bien que les nitrates n'ont pas d'effets toxiques directs, mais le fait qu'ils puissent donner naissance à des nitrites conduit à une toxicité indirecte. En ce qui concerne la toxicité à long terme, il n'a jamais été observé de phénomène de cancérogenèse avec ces deux types de sels. Il a été reconnu que l'eau chargée en nitrates employée pour la préparation des biberons de lait en poudre était susceptible de faire apparaître chez les nourrissons une cyanose liée à la formation de méthémoglobine [15]. Cette intoxication, provoquée par l'absorption de petites doses de nitrates est en réalité dû aux nitrites formées par réduction des nitrates sous l'influence d'une action bactérienne. Cette réduction ne se produit pas chez l'enfant et l'adulte car elle est contrôlée par l'acidité du suc gastrique. Par contre, dans l'estomac du nourrisson, le liquide gastrique est insuffisamment acide.

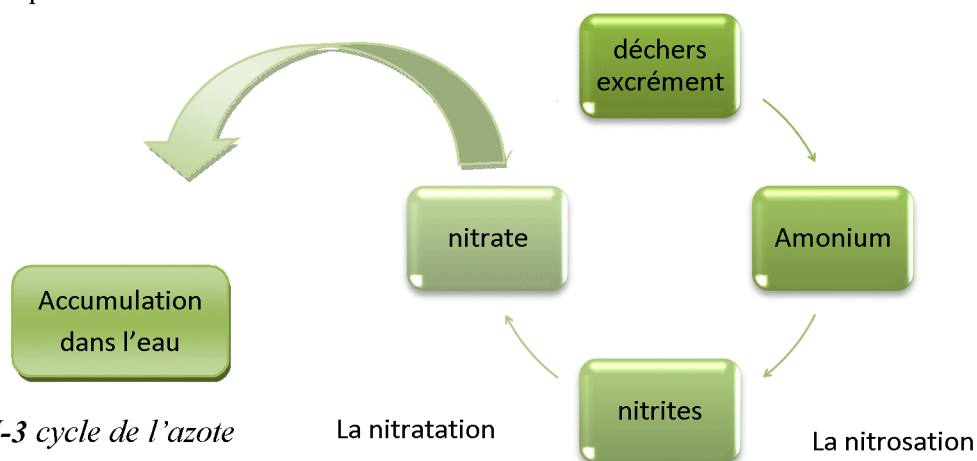


Figure III-3 cycle de l'azote

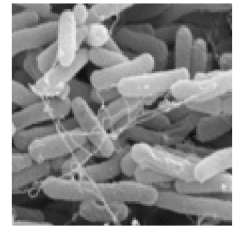
La nitratation

La nitrosation

III-3.4. Les paramètres de bactériologique

❖ Coliformes totaux et fécaux :

Les bactéries coliformes existent dans les matières fécales mais peuvent également se développer dans certains milieux naturels (sol, végétation). L'absence de coliformes totaux ne signifie pas nécessairement que l'eau ne présente pas de risque pathogène. Le dénombrement par ensemencement en milieu liquide ou par filtration sur membrane concerne un volume de 250 ml ; à l'émergence, une eau minérale doit être exempte de coliformes.



Paramètres	Effets sur la santé et signification
Coliformes totaux et fécaux	Gastro-entérite infantile, contamination fécale récente
pH	pH acide, corrosion des conduites pH basique diminue l'efficacité de la désinfection
Température	Basse, diminue l'efficacité du traitement élevé, favorise la croissance microbienne
Turbidité	Protège les micro-organismes contre les effets de la désinfection
Nitrates	Risque de méthémoglobinémie infantile
Nitrites	Risque de méthémoglobinémie infantile
Azote ammoniacal	Favorise le développement de certaines bactéries génératrices de mauvais goût
Résidu sec	Goût désagréable
Calcium	Entartrage des conduites
Magnésium	Combiné au SO_4 génère un goût
Chlorures	Saveur désagréable, effet laxatif. Corrosion des conduites

Tableau III-2 Les effets de quelques paramètres

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV-1. Prélèvement de l'eau :

IV-1.1. Échantillonnage :

Une bonne analyse commence par un prélèvement et des conditions d'acheminement adaptées. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, il convient que le préleveur ait une connaissance précise de la condition du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques.

IV-1.2. Matériels de prélèvement :

De préférence on doit utiliser des flacons en verre borosilicate, avec des bouchons en polyéthylène.

IV-1.3. Mode de prélèvement et transport :

Le mode de prélèvement varie selon l'analyse. Pour une analyse physico-chimique on prélève l'eau le plus près possible du point d'utilisation si possible à un robinet. L'utilisation d'un flacon stérile n'est pas nécessaire. Pour être analysée, l'eau doit être incolore, dépourvue d'odeur et de saveur du milieu extérieur. Et pour une analyse microbiologique, on doit également prélever l'eau le plus près possible du point d'utilisation si possible à un robinet et utiliser le flacon stérile. Et avant de remplir le flacon, il faut laisser l'eau couler pendant environ 5min.

Le transport doit être assuré à une température de 4°C et à l'obscurité dans des emballages isothermes.

IV-1.4. Les renseignements fournis avec les échantillons pour l'analyse :

Pour faciliter le travail de l'analyse et éviter les erreurs, chaque flacon doit être accompagné d'une fiche signalétique permettant de rassembler les renseignements utiles au laboratoire.

- Identité du préleveur.
- Date et heure du prélèvement.
- Particulier ou autorité demandant l'analyse.
- Motif de la demande d'analyse.
- Ville ou établissement que l'eau alimente.
- Origine de l'eau (source, puits, forage, ...).
- Température de l'eau.

IV-2. Méthodes d'analyses physico-chimiques

IV-2.1. Mesure de pH

➤ Principe :

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène $[H^+]$ présents dans l'eau ou les solutions.

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ .

IV-2.2. Mesure de la conductivité

➤ Principe :

Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues en parallèles.

IV-2.3. Mesure de la salinité.

➤ Principe

La mesure de salinité se fait par électrométrie avec une électrode appropriée.

IV-2.4. Mesure du TDS (Total Dissolved Solides)

➤ Principe

La mesure de T.D.S se fait par électrométrie avec une électrode appropriée.

IV-2.5. Mesure d'oxygène dissout

➤ Principe

La mesure d'oxygène dissout se fait par électrométrie avec une électrode appropriée.

IV-2.6. Mesure de température

Elle se fait par un thermomètre.

IV-2.7. Mesure de turbidité

➤ Principe

Comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solutions de formazine.

La mesure de la lumière diffusée est significative pour les eaux de faible turbidité non visible à l'œil nu (par exemple les eaux de boisson).

La mesure de la lumière transmise est significative pour les eaux de turbidité visible à l'œil nu (par exemple les eaux polluées) et pour les eaux de faible turbidité contenant des substances qui ne diffusent pas.

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée.

➤ **Appareillage :** HACH 2100N

➤ **Expression des résultats :**

La mesure est obtenue directement en NTU.

IV-2.8. Mesure du calcium

➤ **Principe**

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse d'EDTA à PH compris entre 12 et 13. Le HSN qui forme un complexe rouge avec le calcium est utilisé comme indicateur. Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage.

Lors du titrage, l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium libres, puis avec les ions combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur bleu clair.

➤ **Expression des résultats :**

La teneur en calcium, exprimée en milli mol par litre est donnée par l'équation :

$$C_{Ca} = C_1 \times V_3 / V_0$$

Où

C_1 : est la concentration en EDTA exprimée en m mol/l.

V_0 : est le volume en ml de la prise d'essai.

V_3 : est le volume en ml de la solution de l'EDTA utilisé pour le dosage.

Si l'on désire exprimer la teneur en calcium en mg/l, celle-ci est donnée , par l'équation :

$$C_{Ca} = C_1 \times V_3 \times A / V_0$$

Où A est la masse atomique relative du calcium(40,08)

IV-2.9. Mesure de la somme de calcium et magnésium (Dureté Total TH°)

➤ **Principe :**

Titration par complexations du calcium et de magnésium avec une solution aqueuse d'EDTA à PH de 10. Le mordant noir 11. qui donne une couleur violette en présence des ions calcium et de magnésium, est utilisé comme indicateur.

Lors du titrage, L'EDTA réagit d'abord avec les ions calcium et magnésium combinés avec l'indicateur et provoque un changement de couleur de violet à bleu.

➤ **Expression des résultats :**

La teneur globale en calcium et en magnésium, C_{Ca+Mg} exprimée en milli mole par litre est donnée par l'équation :

$$C_{Ca+Mg} = C_1 \times V_3/v_0$$

Où

C_1 : est la concentration en EDTA exprimée en m mol/l.

V_0 : est le volume en ml de la prise d'essai.

V_3 : est le volume en ml de la solution de l'EDTA utilisée pour le dosage.

Pour exprimer la dureté en °TH, on se base sur la loi suivante : 1°TH $\rightarrow$ 0.1mmol de matière.

IV-2.10. Mesure de chlorure (méthode de MOHR)

➤ Principe

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est princié quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromate qui ont été ajoutés comme indicateur.

➤ Expression des résultats :

La concentration en chlorure, C_{cl} , exprimée en milligramme par litre est donnée par la formule suivante :

$$C_{CL} = (V_S - V_B) \times C \times F/V_A$$

Où

C_{CL} : est la concentration en milligramme par litre de chlorure.

V_S : est la volume en ml de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de l'échantillon.

V_B : est la volume en ml de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage du blanc.

C : est la concentration réelle , exprimée en moles de $AgNO_3$ par litre, de la solution de nitrate d'argent $C=0,0282039$ mol/l.

F : est le facteur de conversion $F=35453$ mg/mol.

V_A : est le volume en ml de l'échantillon pour essai (maximum 100ml, la dilution doit être prise en compte).

IV-2.11 mesure du fluore

➤ **principe**

Mesure spectrométrique en présence du réactif SPDNS

➤ **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

IV-2.12. Mesure de l'ammonium NH_4^+

➤ **principe**

Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

➤ **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

IV-2.13. Mesure du nitrite NO_2^-

➤ **Principe**

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm.

➤ **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

IV-2.14. Mesure du nitrate NO_3^-

➤ **Principe**

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

➤ **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

IV-2.15. Mesure des résidus secs (après séchage à l'étuve à 105°C pendant 24H)

➤ **Principe**

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

➤ **Expression des résultats :**

Les résultats sont donnés en mg/l.

D'où PP : est le poids plein de la capsule.

$$(PP - PV) \times 10 \times 1000 = \text{mg/l de RS}$$

PV : est le poids vide de la capsule.

IV-2.16. Mesure du TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET (TAC)

➤ **Principe (titrage avec du méthylorange)**

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

➤ **Expression des résultats :**

➤ **T_{AC}:**

- V'0,5/5 exprime le titre alcalimétrique complet en milliéquivalents par litre.
- V' 0,5 exprime le titre alcalimétrique complet en degrés français.

IV-2.17 mesure du bicarbonate HCO₃

$$\text{Bicarbonate HCO}_3 \text{ mg/l} = \text{TAC F}^\circ \times 12.2.$$

IV-3. Identification des points d'échantillonnage :

Comme notre étude se base sur la qualité des eaux de la région du Souf, l'échantillonnage se fait sur toutes les nappes d'eau de la région (phréatique, Pontien, albien)

➤ Guémar :

Lieu	Type d'ouvrage	Profondeur en m	Type de nappe
(château d'eau) de Guémar	Forage	281	Pontien
KHALAF Ammar	Sonde	18	phréatique

➤ Houbba

Propriétaire	Type d'ouvrage	Profondeur en m	Type de nappe
(château d'eau) de Houbba	Forage	220	Pontien
ALIA El Hafnaoui	Sonde	11	phréatique

➤ El Oued

Propriétaire	Type d'ouvrage	Profondeur en m	Type de nappe
(château d'eau) route de Touggourt	Forage	1780	Albien
(château d'eau) Chouhada	Forage	1700	Albien

Durant notre travail au laboratoire nous avons donné des références aux échantillons pour faciliter le travail de l'analyse, ces références sont les suivantes :

Référence	signification
G01	Château d'eau de Guémar (Forage/ Pontien)
G02	Propriété KHALAF Ammar (sonde/ phréatique)
H01	Château d'eau de HOUBBA (forage/ Pontien)
H02	Propriété ALIA El Hafnaoui (sonde/phréatique)
O01	château d'eau route Touggourt (forage/albien)
O02	château d'eau CHOUHADA (forage/albien)

Tableau IV-1 référence des échantillons

IV-4. Les résultats d'analyse

IV-4.1. Les paramètres physico-chimiques

paramètre	unité	normes	G01	G02	H01	H02	O01	O02
Température	°C	*	25	19	26	25	63	64
pH	*	6.5-8.5	7.69	7.13	7.86	7.15	6.67	7.22
Conductivité	μS/cm	1000	3820	8470	3890	9940	2450	2410
Salinité	‰	*	2.9	5.4	2.3	6	1.4	1.4
TDS	mg/l	1000	2200	5210	2230	5840	1393	1430
O ₂ dissout	mg/l	8	9.36	11	6.31	5.6	3.4	5.05
Turbidité	NTU	5	1.94	0.68	0.774	0.646	1.25	2.13

Tableau IV-2 les résultats physico-chimique

IV-4.2. Les paramètres préliminaires

paramètre	unité	normes	G01	G02	H01	H02	O01	O02
R/S a 105°C	mg/l	1000	2600	5943	2000	4129	2320	2000
T.A	mg/l CaCO ₃	*	00	00	00	00	00	00
T.A.C	mg/l CaCO ₃	*	129	403.8	165	286	133	127
Dureté total	°TH	<15°	77.40	153.73	75.09	170	102	99.5

R/S : résidu sec

T.A : Titre Alcalimétrique

T.A.C : Titre Alcalimétrique Total

Tableau IV-3 les résultats préliminaire

IV-4.3. Les paramètres de pollution et indésirables

paramètre	unité	normes	G01	G02	H01	H02	O01	O02
Ammonium	mg/l	0.5	0.153	0.079	0.179	0.605	0.270	0.119
Nitrites	mg/l	0.1	0.028	0.005	0.001	0	0.020	0.001
nitrate	mg/l	50	30.725	132.06	27.3	142	0.573	1.40
fluore	Mg/l	1.5	1.91	1.72	1.81	1.80	2	2.3

Tableau IV-4 les résultats de pollutions

IV-4.4. Les paramètres de minéralisation

paramètre	Unité	normes	G01	G02	H01	H02	O01	O02
Calcium	mg/l	75	161.3	326.6	153.2	367	224.5	200.4
Magnésium	mg/l	50	89	173	88.3	190	111.34	118.6
Chlorure	mg/l	200	733.8	3094.7	700	3763	530.70	517.610
bicarbonate	mg/l	*	135.4	466.5	201.3	340	162.3	150.26
CO ₂	mg/l	*	136	147	156	160	150.5	173.7

Tableau IV-5 les résultats de minéralisation

IV-4.5. Les paramètres bactériologiques

Germes	G01	G02	H01	H02	O01	O02
coliformes totaux	X	✓	X	✓	X	X
coliformes fécaux	X	X	X	✓	X	X

Tableau IV-6 les résultats bactériologique

IV-5. Présentation des résultats

IV-5.1. Lieu G01

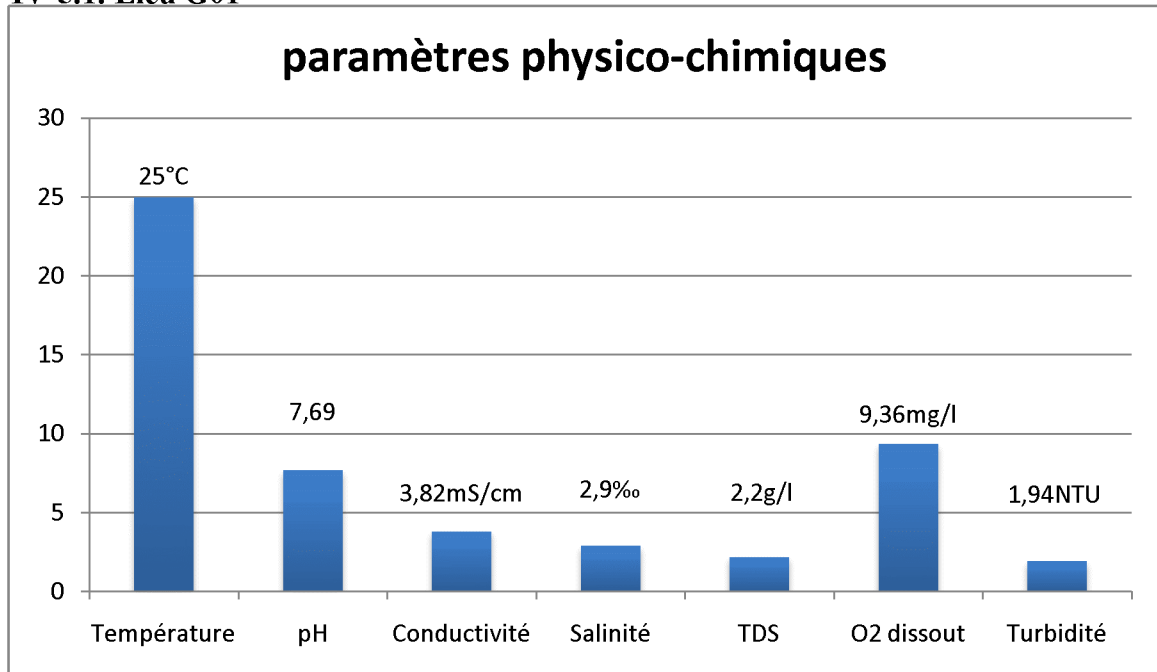


Figure IV-1 : Représentation des valeurs des paramètres physico-chimiques dans G01

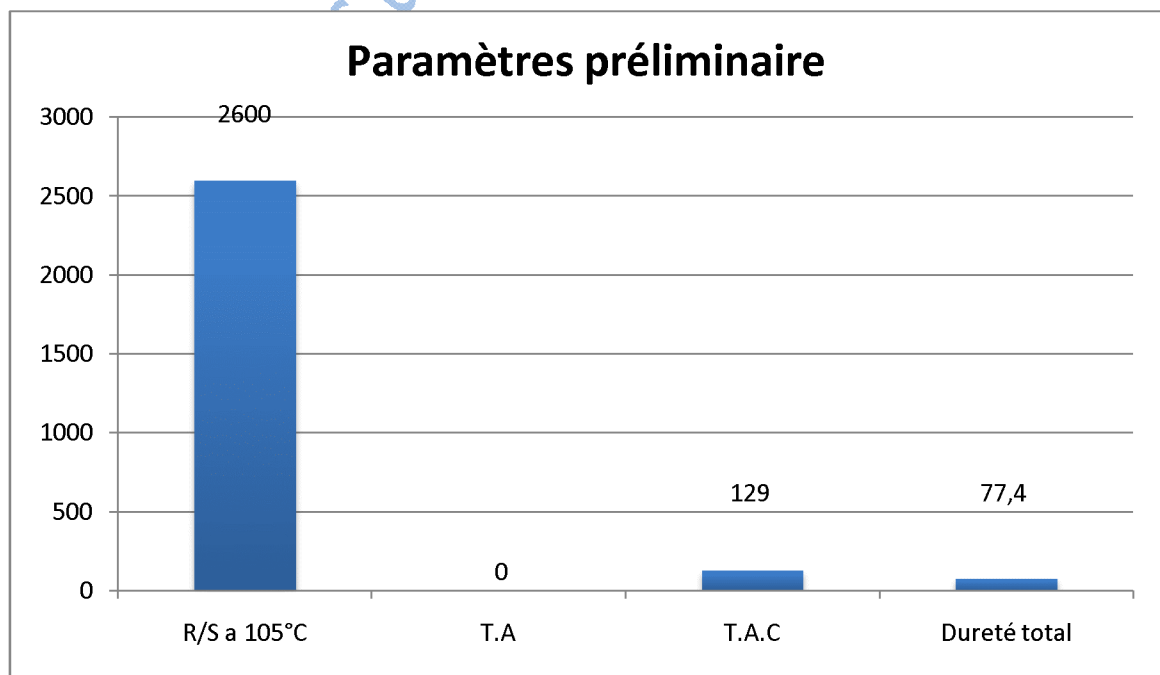


Figure IV-2 : Représentation des valeurs des paramètres préliminaires dans G01

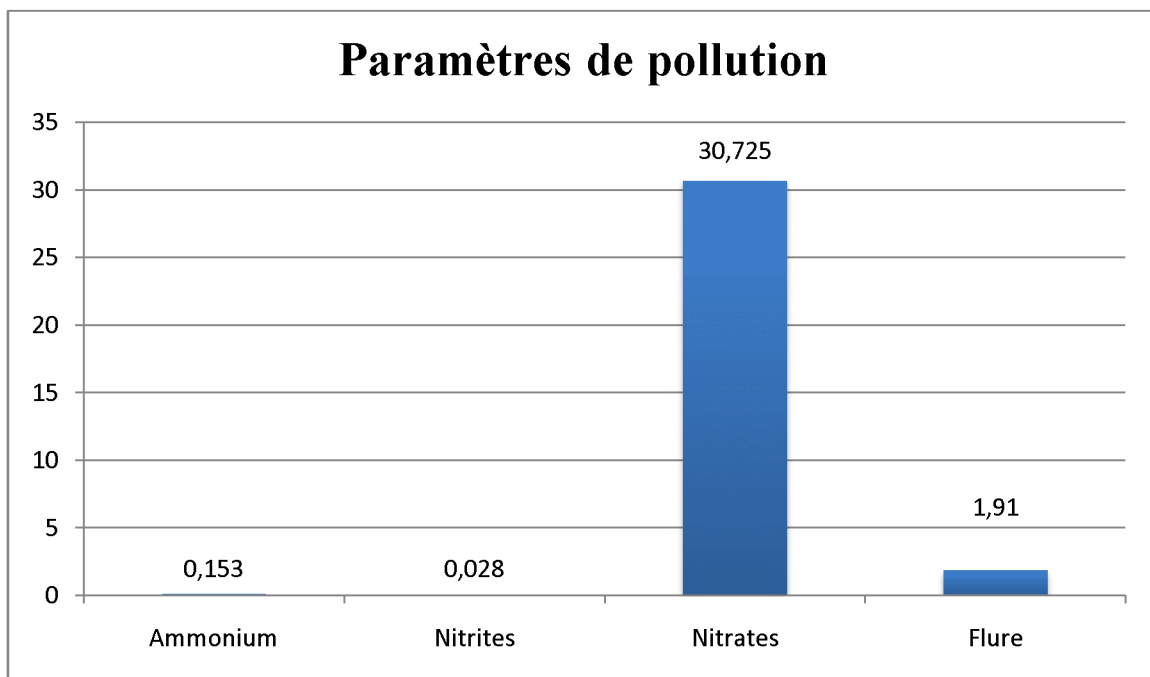


Figure IV-3 : Représentation des valeurs des paramètres de pollution dans G01

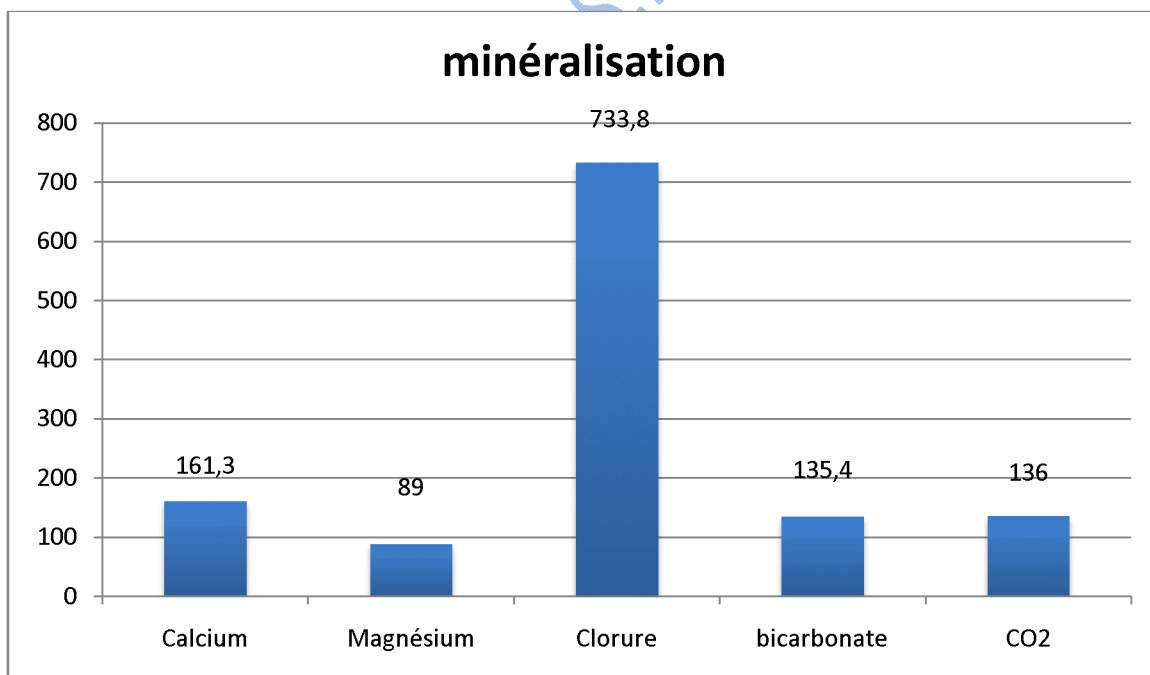


Figure IV-4 : Représentation des valeurs des paramètres de minéralisation dans G01

IV-6.2. Lieu G02

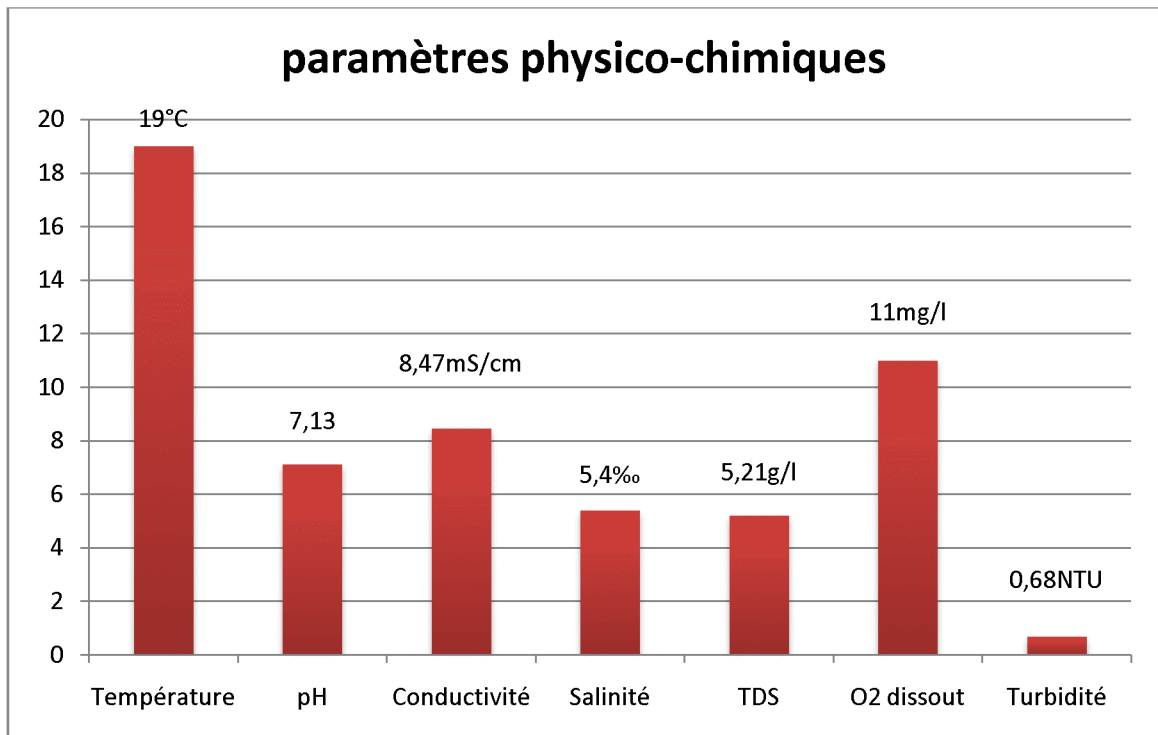


Figure IV-5 : Représentation des valeurs des paramètres physico-chimiques dans G02

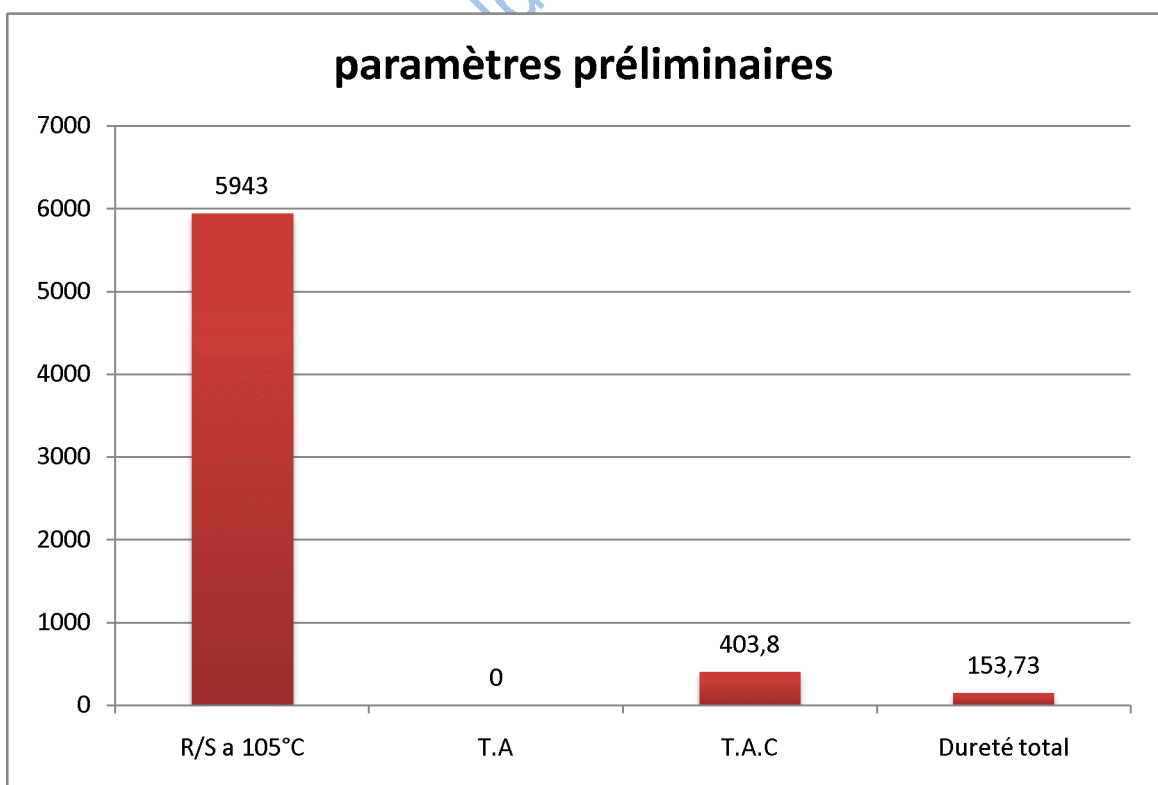


Figure IV-6 : Représentation des valeurs des paramètres préliminaires dans G02

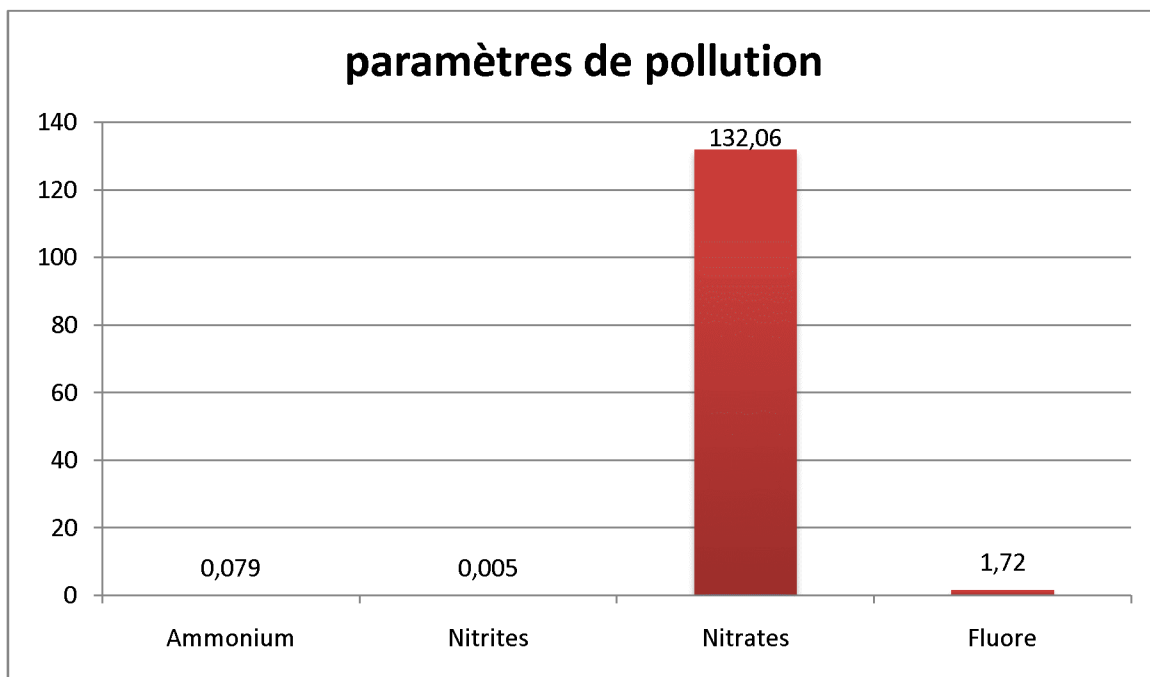


Figure IV-7 : Représentation des valeurs des paramètres de pollution dans G02

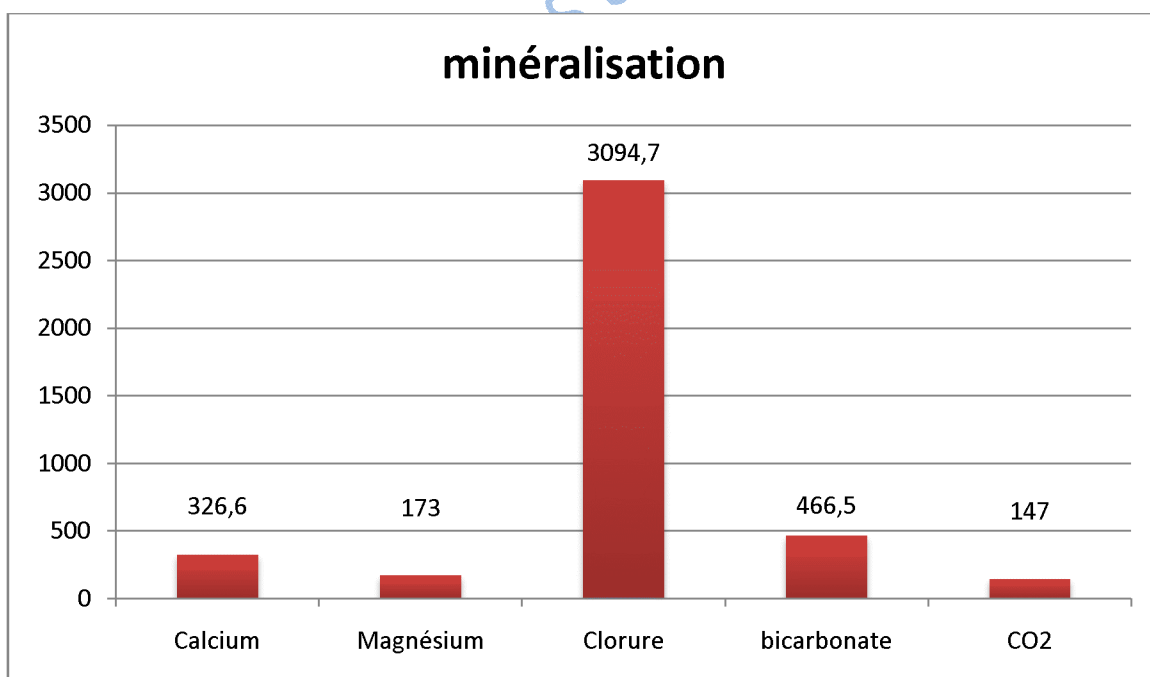


Figure IV-8 : Représentation des valeurs des paramètres de minéralisation dans G02

IV-6.3. Lieu H01

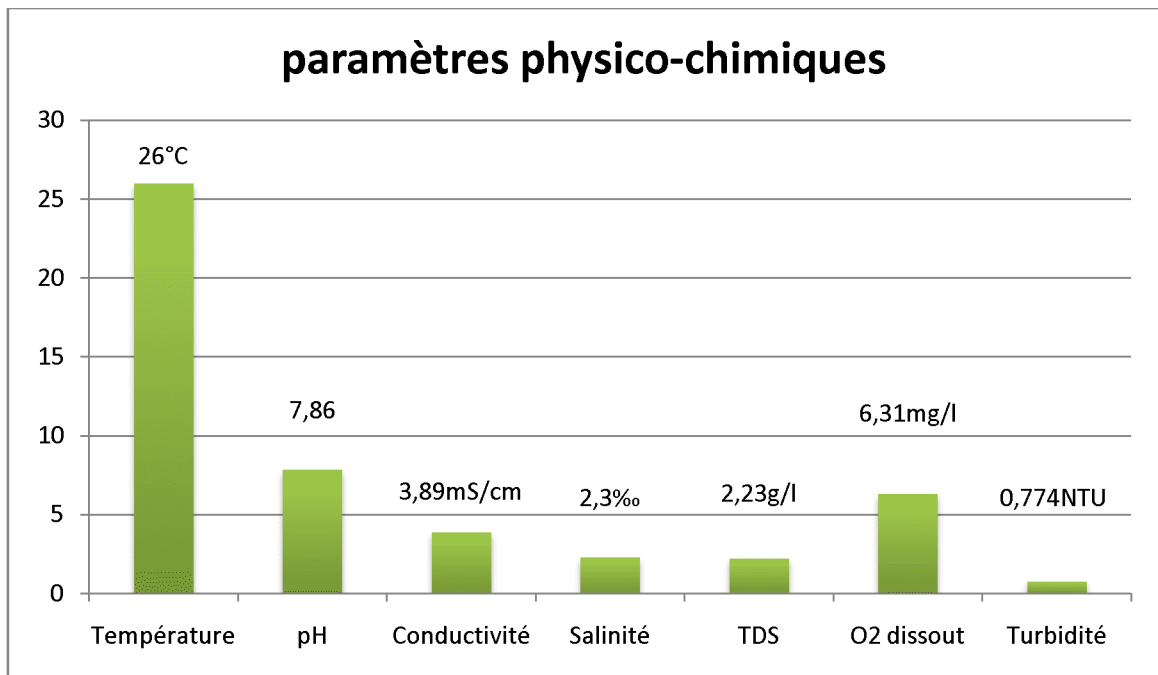


Figure IV-9 : Représentation des valeurs des paramètres physico-chimiques dans H01

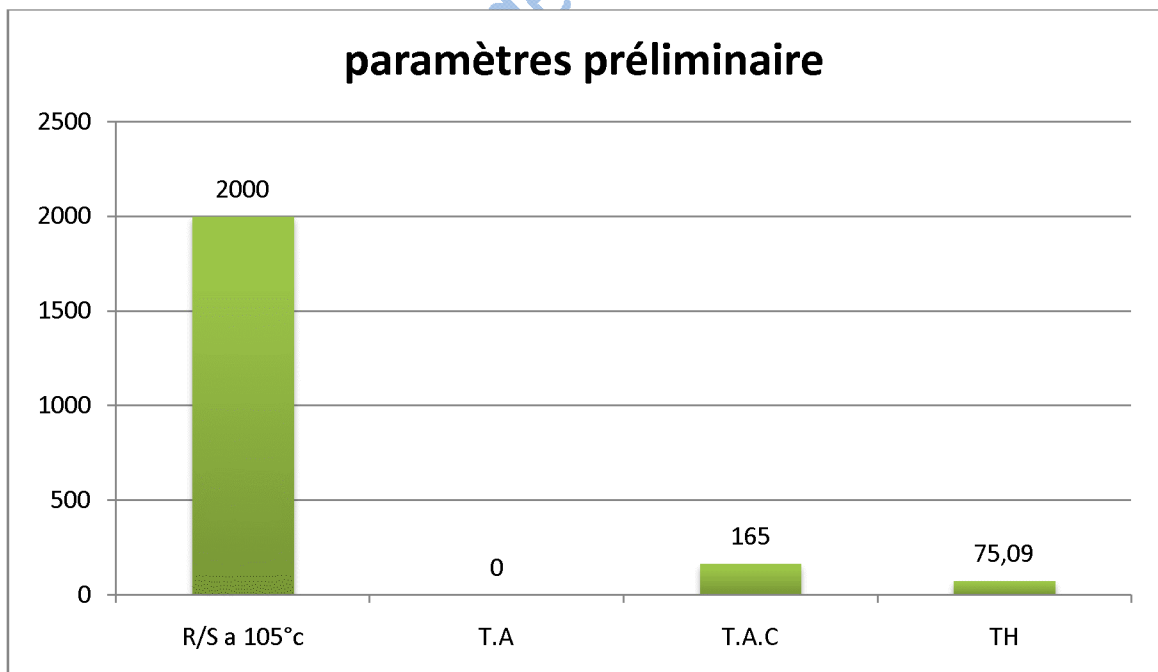


Figure IV-10 : Représentation des valeurs des paramètres préliminaires dans H01

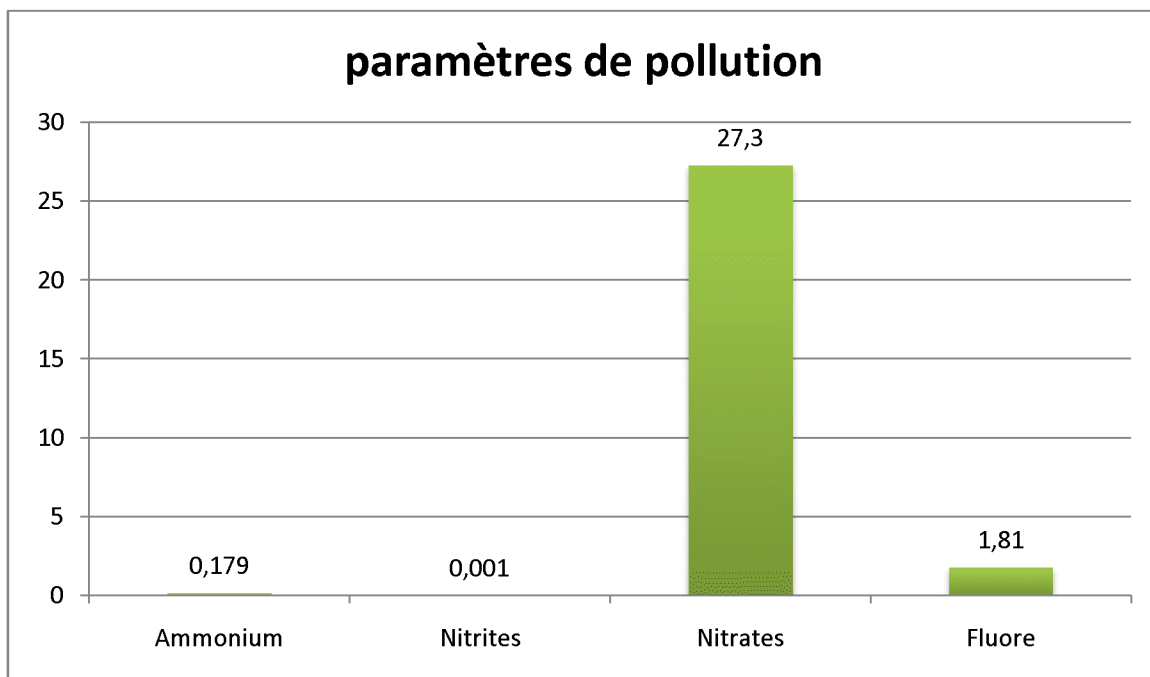


Figure IV-11 : Représentation des valeurs des paramètres de pollution dans H01

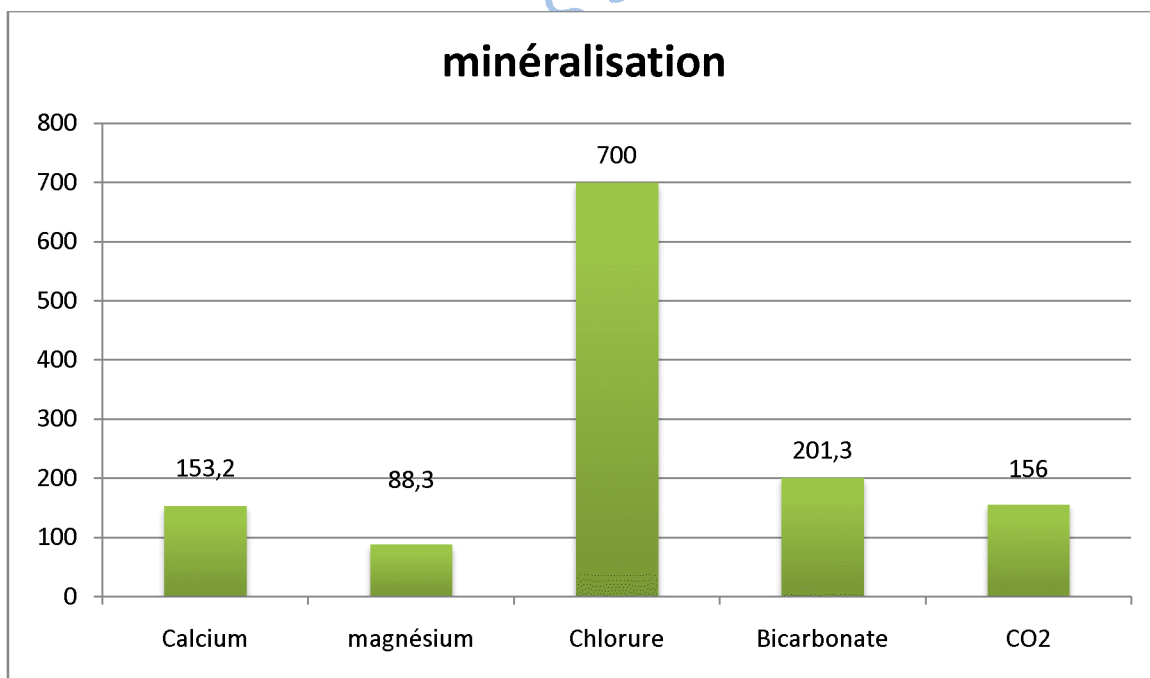


Figure IV-12 : Représentation des valeurs des paramètres de minéralisation dans H01

IV-6.4. Lieu H02

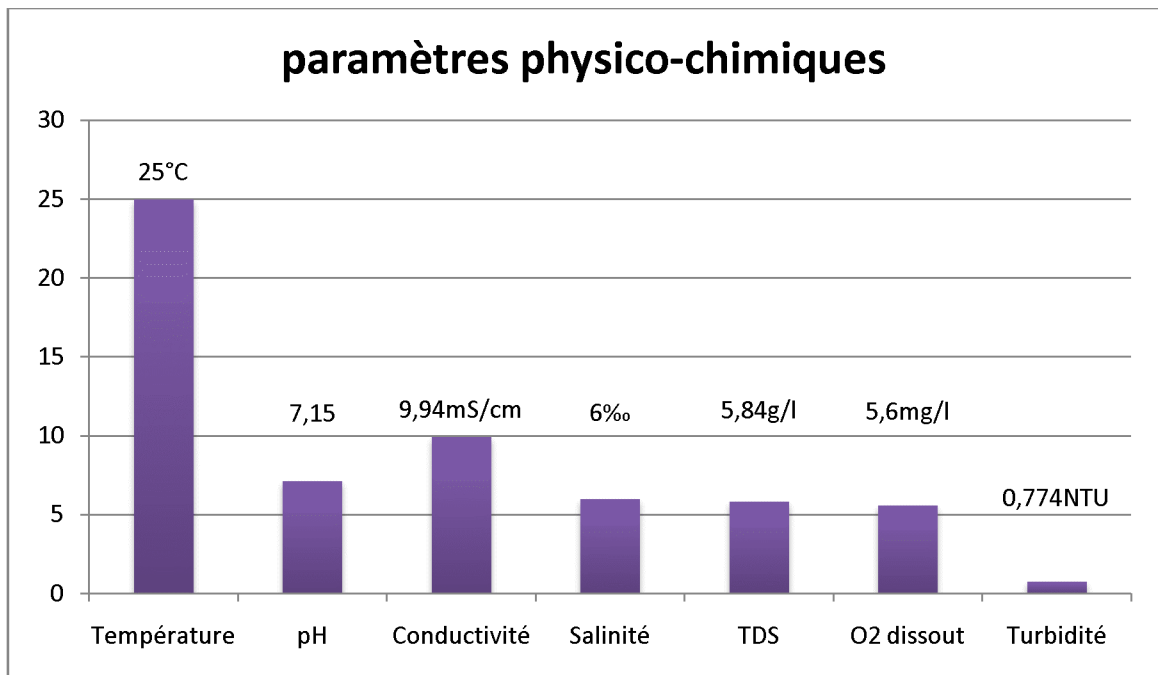


Figure IV-13 : Représentation des valeurs des paramètres physico-chimiques dans H02

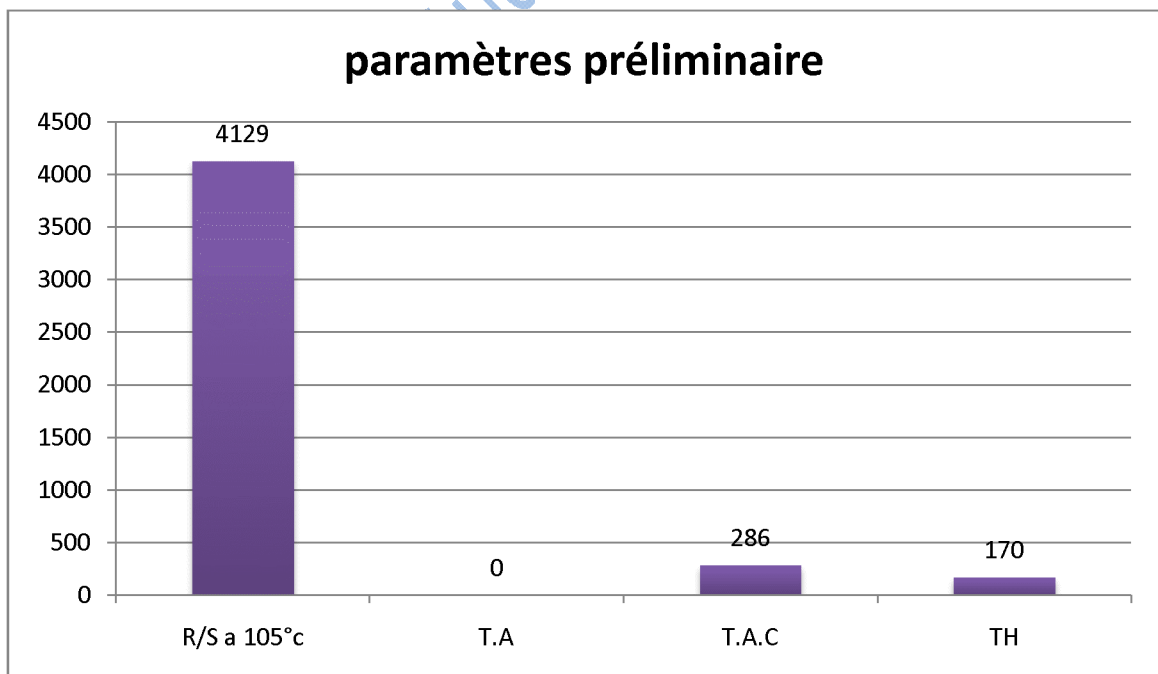


Figure IV-14 : Représentation des valeurs des paramètres préliminaires dans H02

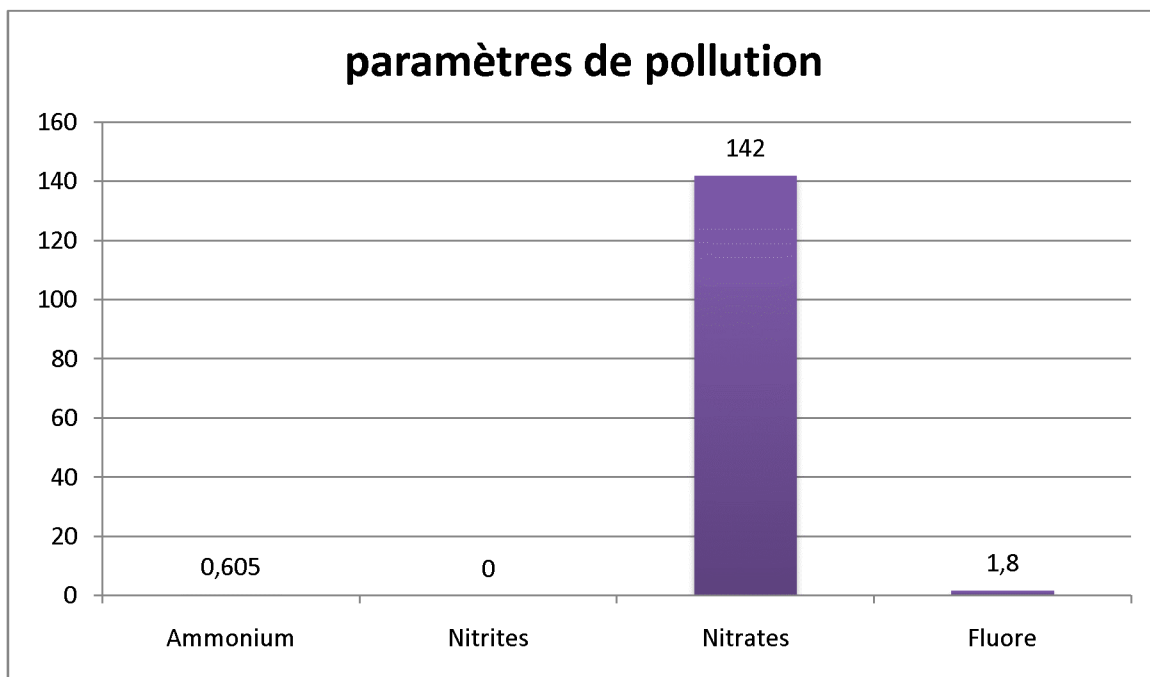


Figure IV-15 : Représentation des valeurs des paramètres de pollution dans H02

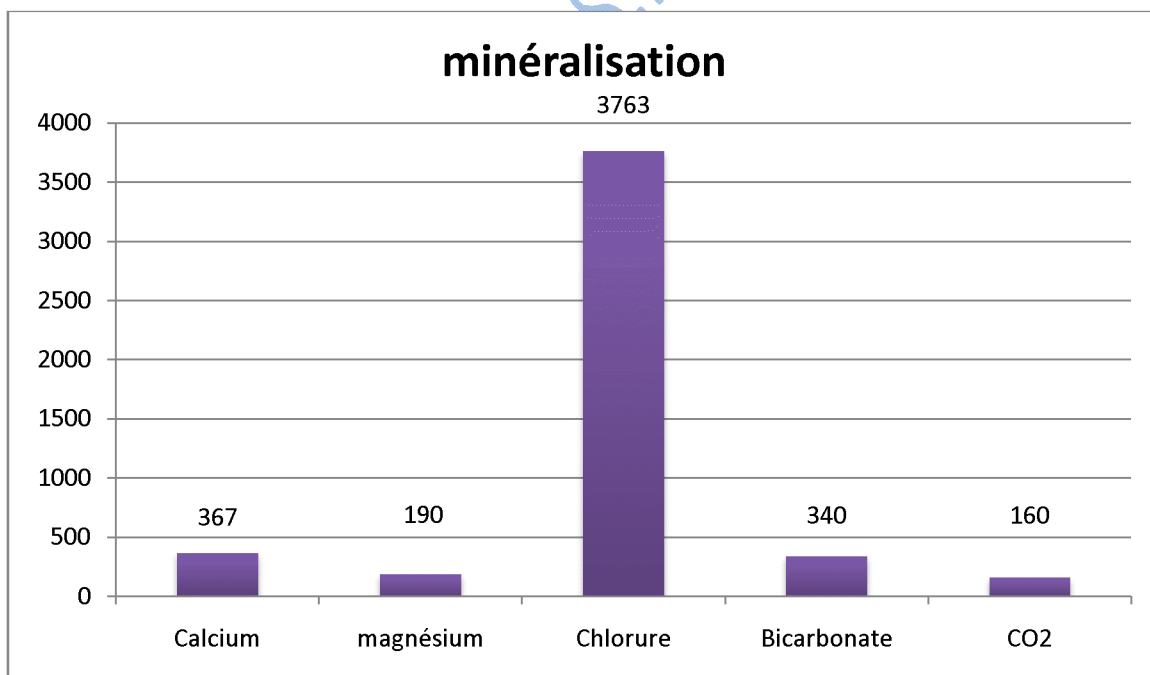


Figure IV-16 : Représentation des valeurs des paramètres de minéralisation dans H02

IV-6.5. Lieu O01

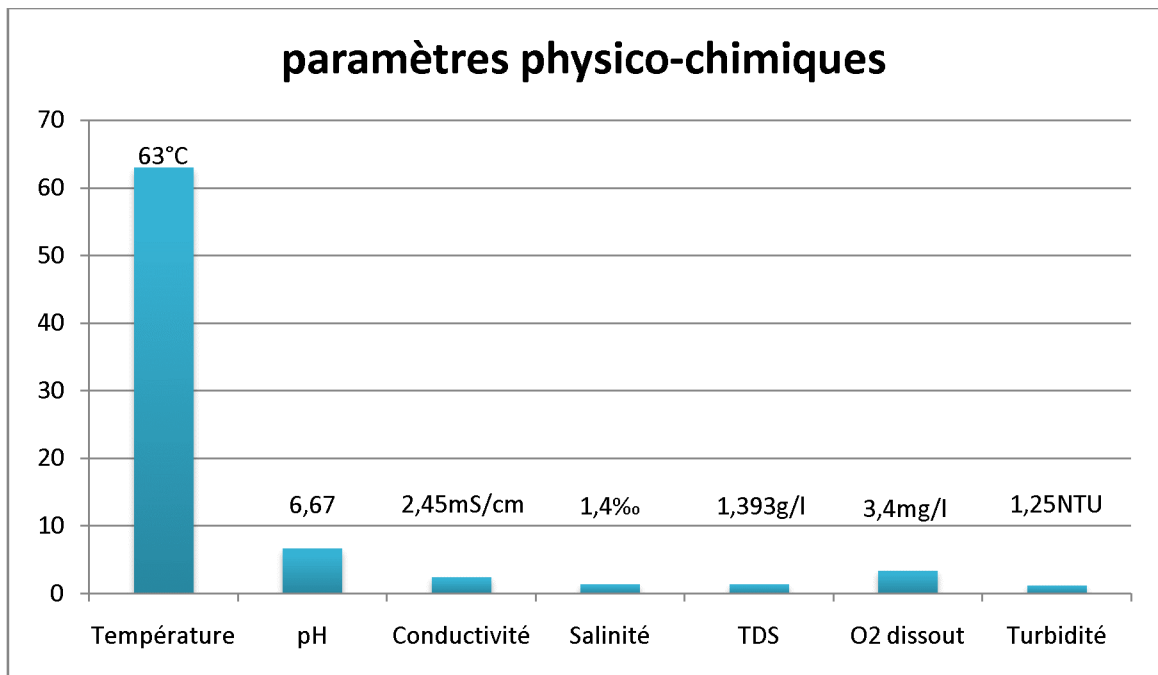


Figure IV-17 : Représentation des valeurs des paramètres physico-chimiques dans O01

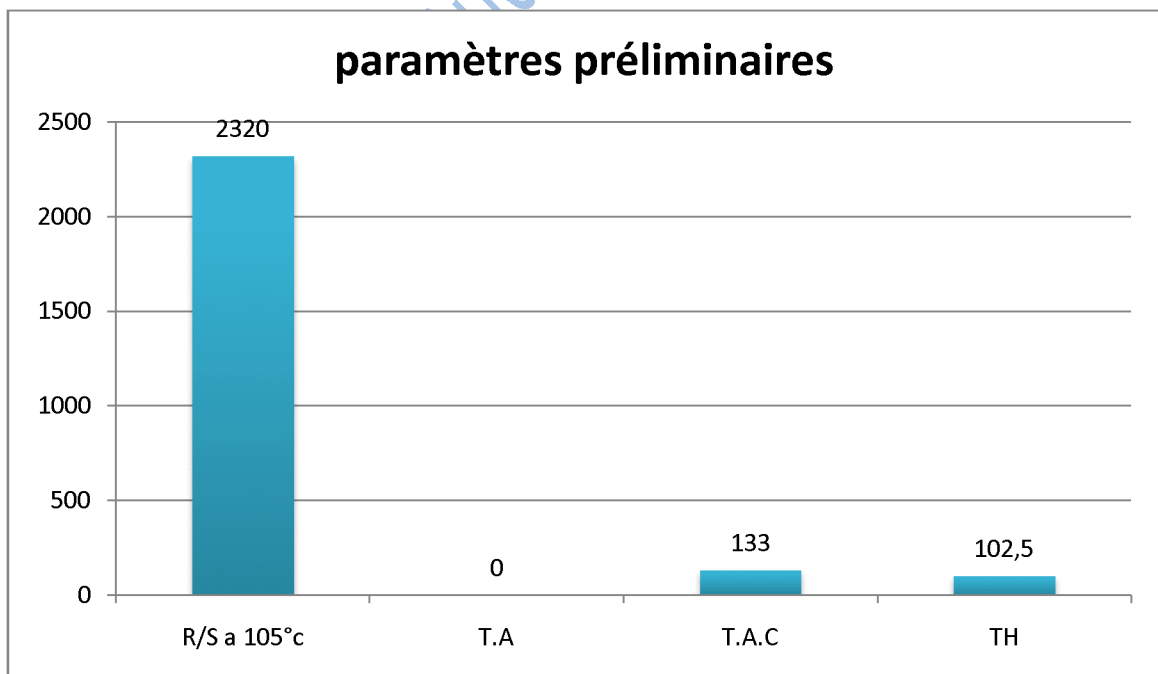


Figure IV-18 : Représentation des valeurs des paramètres préliminaires dans O01

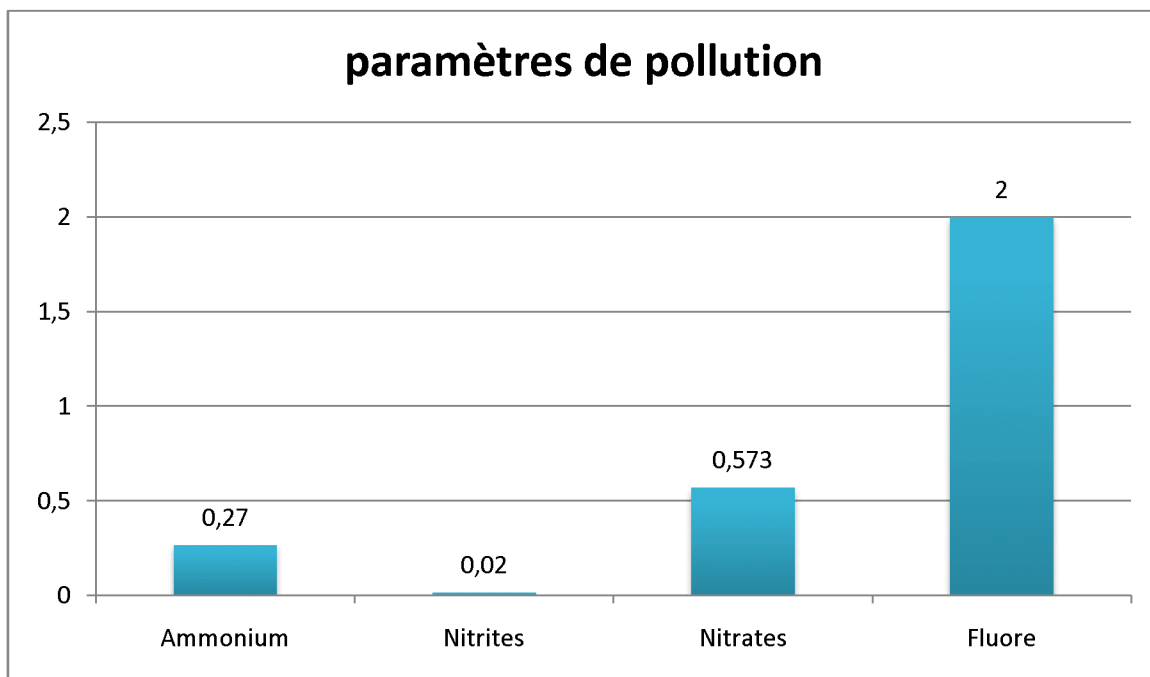


Figure IV-19 : Représentation des valeurs des paramètres de pollution dans O01

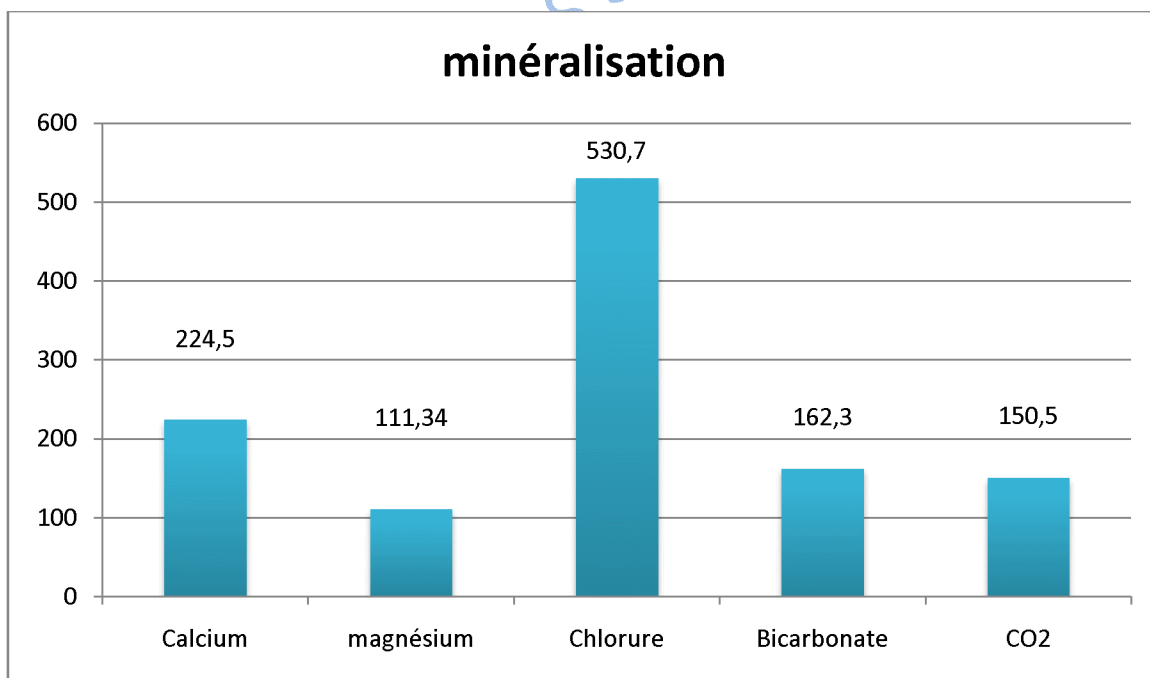


Figure IV-20 : Représentation des valeurs des paramètres de minéralisation dans O01

IV-6.6. Lieu O02

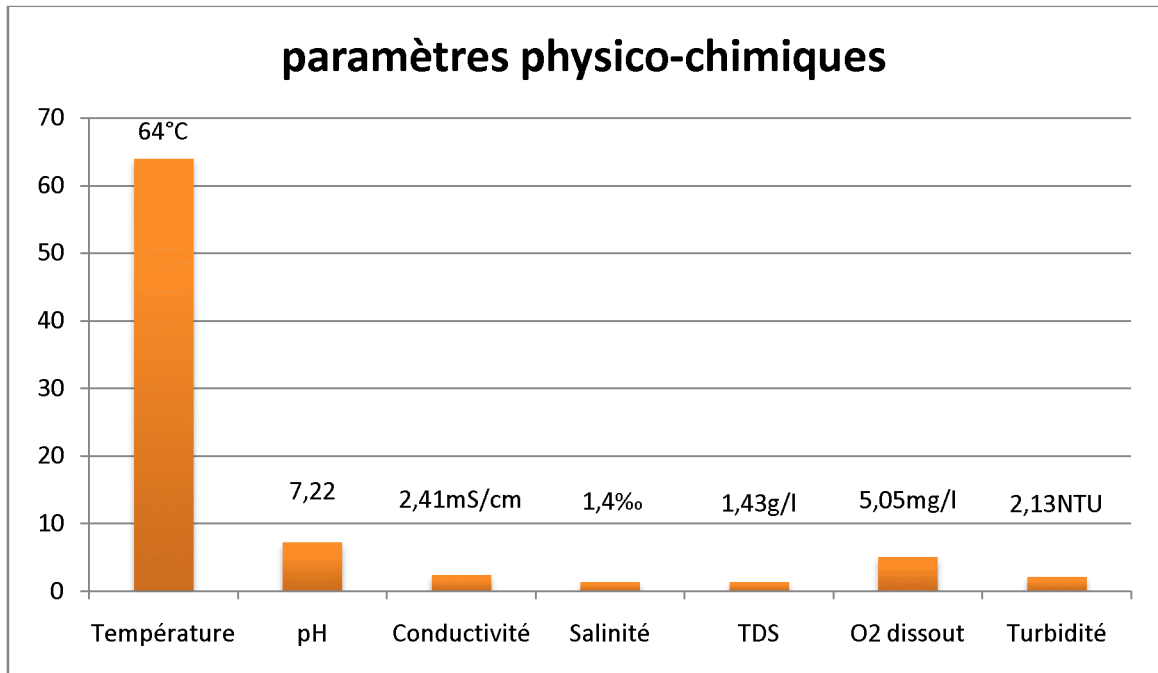


Figure IV-21 : Représentation des valeurs des paramètres physico-chimiques dans O02

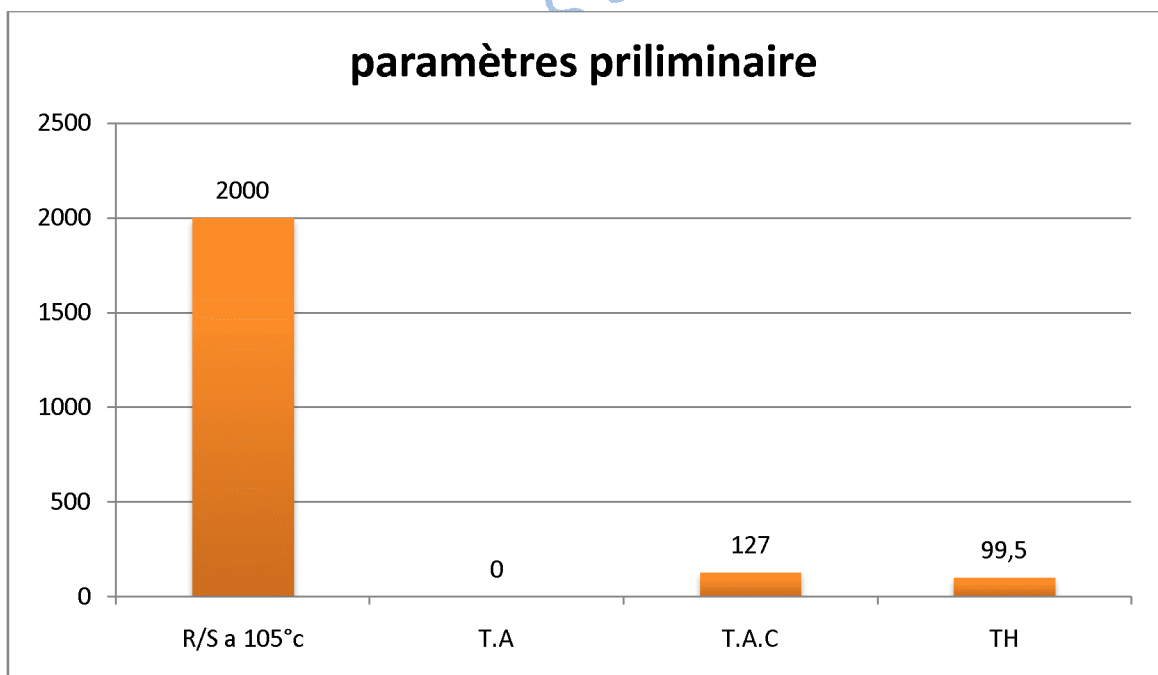


Figure IV-22 : Représentation des valeurs des paramètres préliminaires dans O02

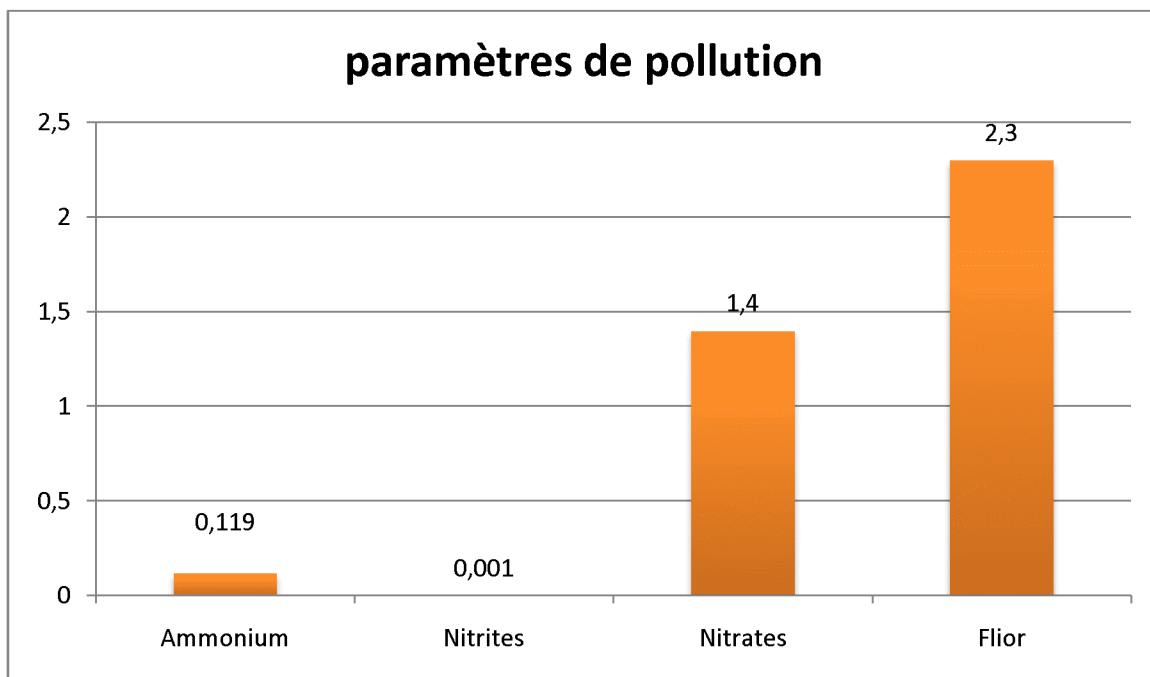


Figure IV-23 : Représentation des valeurs des paramètres de pollution dans O02

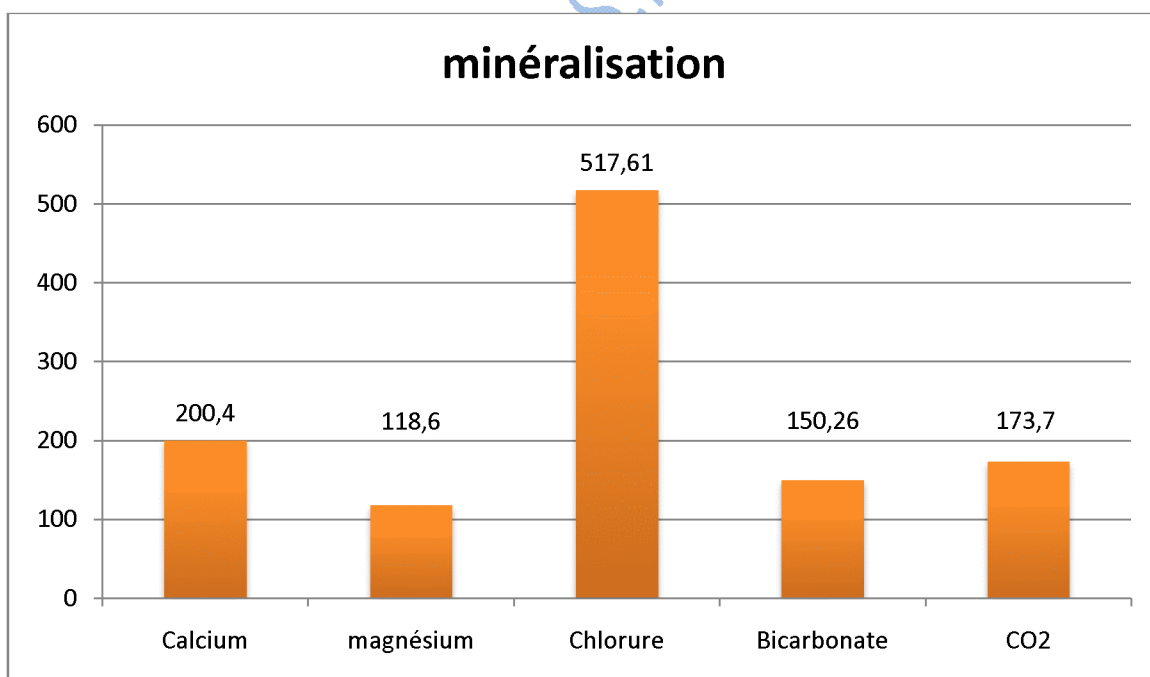


Figure IV-24 : Représentation des valeurs des paramètres physico-chimiques dans O02

IV-6.6. Étude comparatif selon les nappes

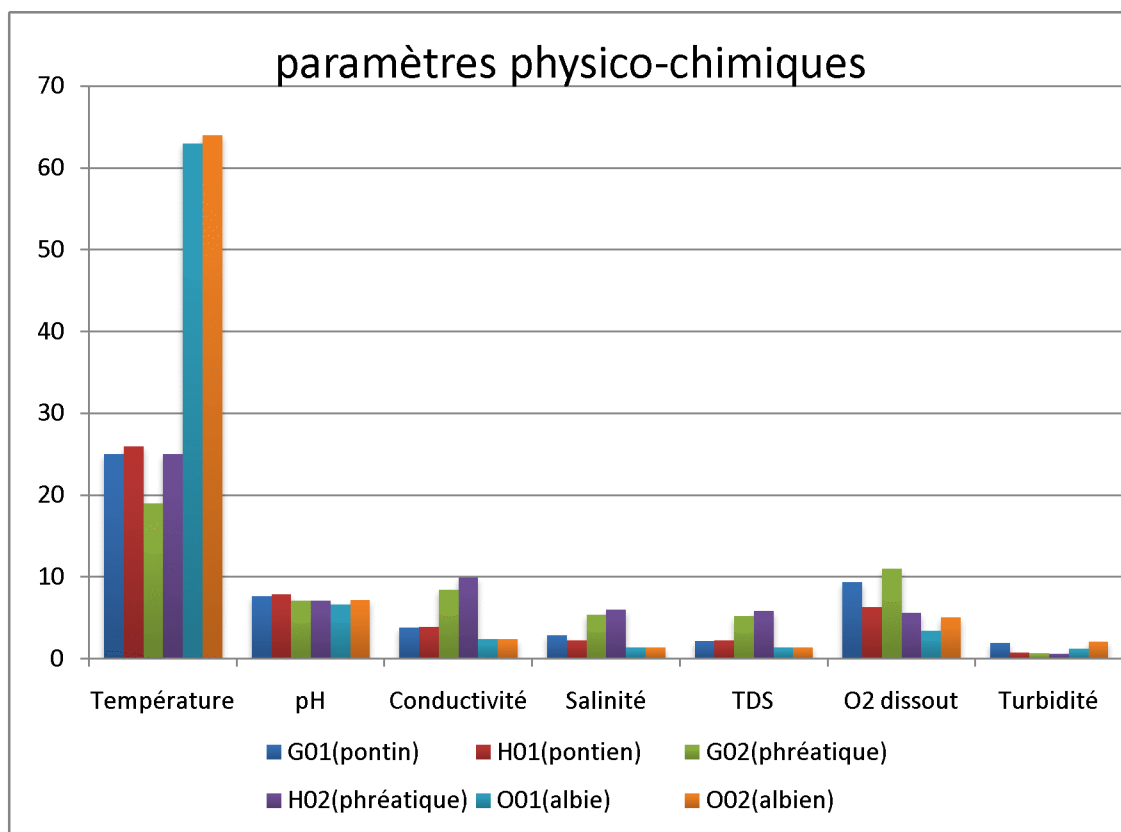


Figure IV-25 : Représentation des valeurs des paramètres physico-chimiques

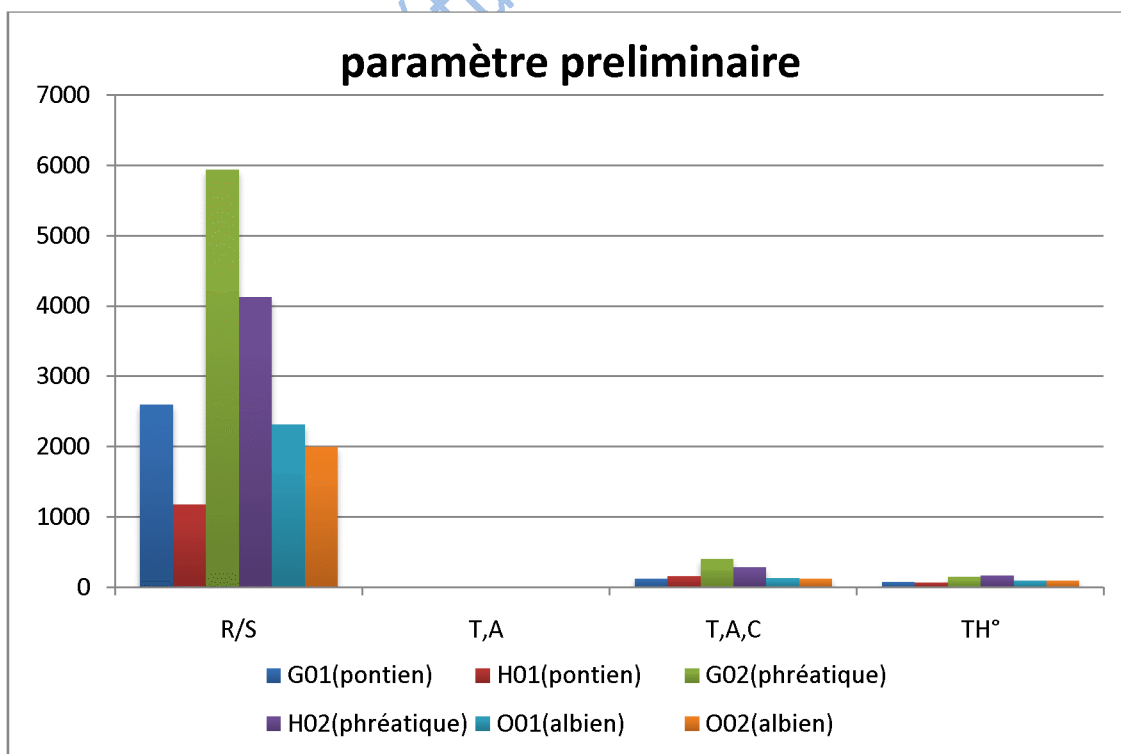


Figure IV-26 : Représentation des valeurs des paramètres préliminaires

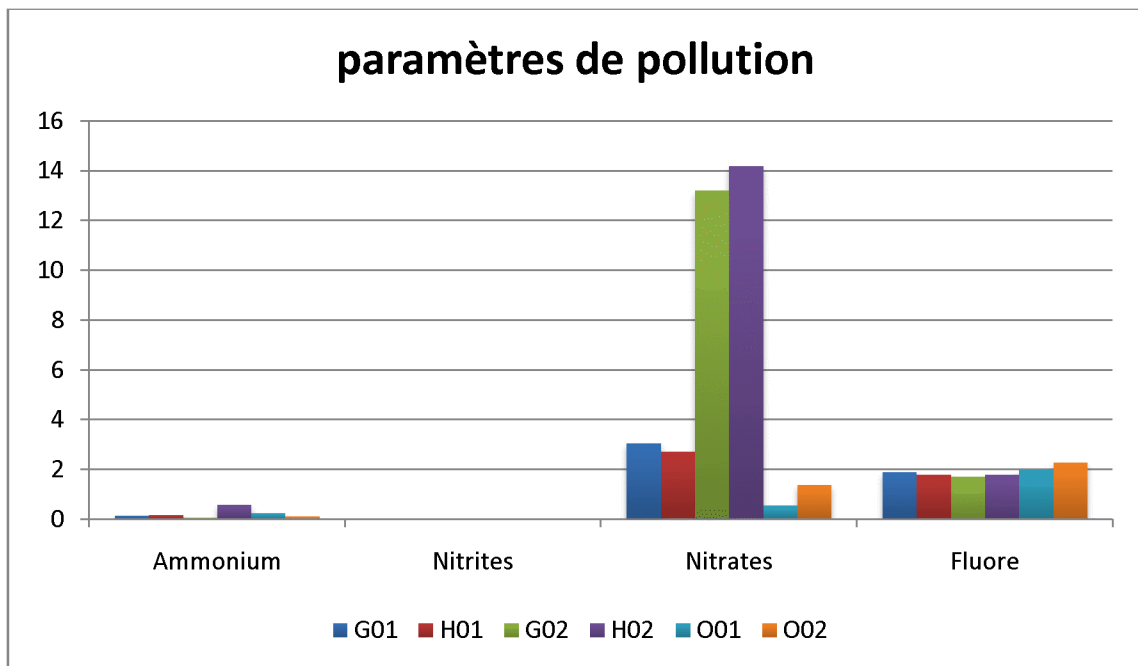


Figure IV-27 : Représentation des valeurs des paramètres de pollution

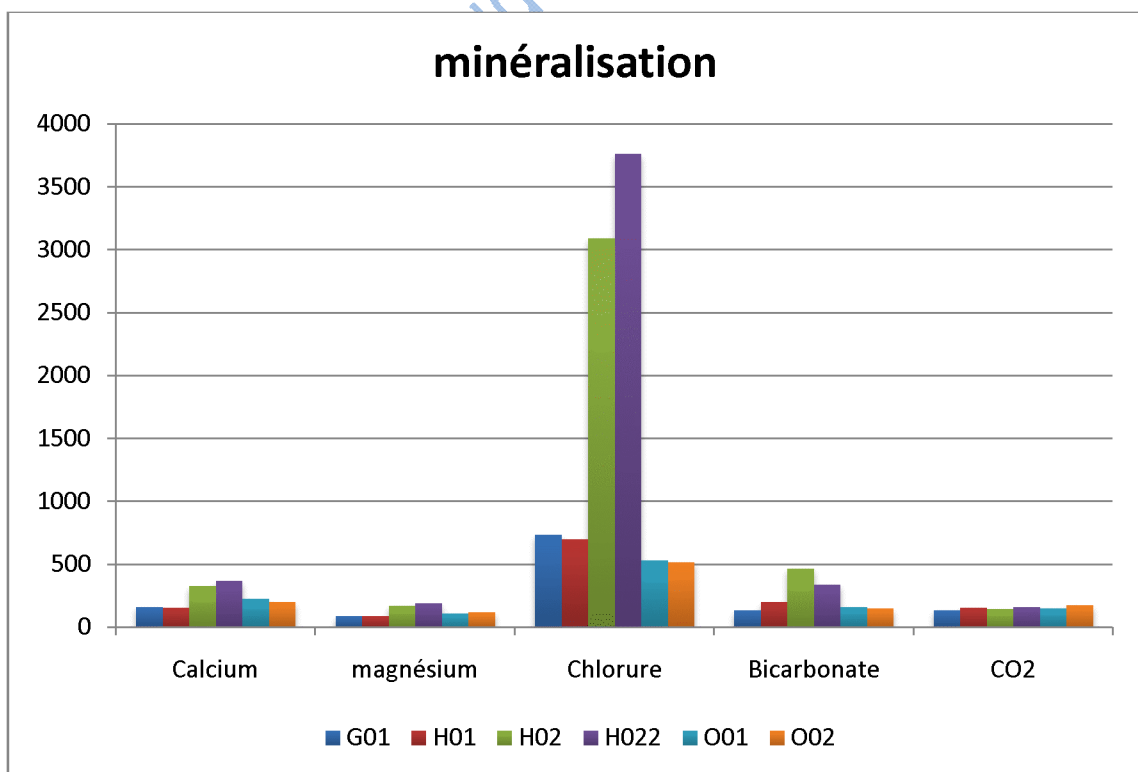


Figure IV-28 : Représentation des valeurs des paramètres de minéralisations

IV-6. Interprétation et discussion des résultats :

L'action de la qualité de l'eau sur la santé est relativement bien connue. La composition de l'eau potable doit répondre à certaines normes de caractéristiques physiques, bactériologiques et chimiques. Notre étude concerne tous les derniers critères.

L'OMS reçoit tous les ans les normes d'eau potable pour plus de sécurité pour l'homme.

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol. Elles sont à l'abri des facteurs climatologiques extérieurs, donc leur température est stable (entre 24°-26°) et c'est ce que nous avons trouvé. Et en ce qui concerne la nappe albien (60°-70°) est due à la forme géologique de la région et sa profondeur $\approx 1800\text{m}$.

Le pH indique que les eaux sont neutres sur toutes les nappes et il est compatible avec la nature des nappes.

On remarque un taux élevé de conductivité et de TDS, ce qui veut dire une forte concentration de sels solubilisés (SO_4 , S, Mg, Ca...). on constate qu'à chaque fois qu'on s'approfondit cette concentration diminue à cause de la filtration naturelle (filtration sur couches de Sables).

Une décroissance du taux de salinité à chaque fois qu'on s'approfondit dans les nappes d'eau, et cette décroissance est due toujours à la filtration naturelle et à la conception géologique sableuse des nappes.

Remarque : cette filtration naturelle est relative à la conception géologique de la région

On conclut d'après les analyses physico-chimiques que ces eaux ne sont pas conformes aux normes de potabilité.

Les résidus secs sont en forte concentration dans la nappe phréatique à cause de la forte teneur en matières dissoutes dans ces eaux qui provient de l'infiltration de ces matières à partir du sol proche, et un taux relativement faible dans les autres nappes, à cause de leur éloignement du sol et aussi au parcours de l'eau à travers les couches du sol qui va filtrer les matières dissoutes.

La teneur en calcium dans toutes les nappes d'eau est élevée et dépasse les normes admises (supérieure à 75mg/l), ce taux élevé est dû à la conception géologique où les nappes d'eau se trouvent. Par exemple pour la nappe albien elle se trouve au dessous d'une couche calcaire de l'éocène inférieur marin. La nappe phréatique elle aussi se trouve dans une couche sableuse gypseuse ce qui interprète le taux élevé de calcium.

La teneur en magnésium dans toutes les nappes d'eau est élevée et dépasse les normes admises (supérieure à 50mg/l), il n'y pas de cas connu d'empoisonnement au magnésium. Ces taux élevés sont dus à la composition géologique des nappes d'eau, et généralement le magnésium est associé avec le calcium. C'est pour ça que les taux de concentration de ces deux minéraux sont relativement proches.

Tandis que la dureté totale de l'eau (TH) est la somme de ces deux derniers, c'est évident qu'on trouve la dureté elle aussi élevée.

Des taux très élevés de chlorure ont été détectés dans la nappe phréatique, et ces taux élevés sont dus à l'infiltration des produits chlorés, du sol proche comme les pesticides (chlorobenzène) et les raticides, ainsi que les engrais chimiques et minéraux et les fertilisants, utilisés dans l'agriculture. Pour les autres nappes le taux est moins élevé que le premier et ceci à cause de la filtration des couches de sable. Une partie est captée par le calcium du sable, et une autre partie réagit avec du sodium pour former du NaCl (Sels de table), et une autre partie s'infiltre avec l'eau dans les nappes inférieures.

Le fluor est présent dans la terre, et dans notre région il est présent dans la conception des nappes ce qui interprète sa légère hausse, et dépasse les taux fixés par l'OMS.

L'ammonium est présent dans les eaux des nappes, mais à des taux acceptables (dans les normes) sauf dans la région de HOUBBA où un taux élevé d'ammonium est détecté et ceci à cause de la nature agricole de la région (de très vastes palmeraies) qui utilisent les engrais azotés et leur infiltration dans la nappe phréatique, également pour le problème de la remontée des eaux qui provient des eaux domestiques usées se qui suspect la présence de matières organiques (des germes).

On a observé une casée absence ou des très faible trace de nitrite (très toxique) dans toutes l'eau.

Pour le nitrate, dans les eaux de la nappe albien il est presque absent, et ceci est dû à la température élevée de cette eau car elle sorte presque stérilise ce qui veut dire une absence de matières organiques et de germes (microbe et bactéries), et pour les eaux du Pontien, le taux n'est pas très fort mais il est existant quand même, d'une part à cause de sa proximité relative de la nappe phréatique qui est très contaminée, et donc les nitrates pouvant s'infiltrer jusque au Pontien. D'autre part cette eau est distribuée par les communes à l'inverse de l'albien qui est distribuée par l'ADE qui a son propre laboratoire de contrôle de qualité que ce soit pour l'eau ou pour la qualité du javel ou du chlore utilisé pour désinfecter les eaux. Les communes elles, n'ont pas les moyens de

contrôle de qualité, c'est le laboratoire de l'hôpital qui procède au contrôle une fois par semaine, tandis que l'ADE tous les jours. La qualité du chlore aussi n'est pas contrôlée par ces communes, ce qui influe directement sur le rendement de désinfection si le chlore ou l'eau de javelle est de mauvaise qualité, par ce qu'il n'y a pas qui contrôle la qualité du javelle pour déterminer la dose exacte ajoutée dans l'eau. Et précisément à Guémar, après que les résultats soient sortis, on a trouvé des cadavres d'oiseaux dans le réservoir du château d'eau. C'est pour cela que le taux de nitrate est relativement élevé. Pour la nappe phréatique, l'étude a montré que le taux de nitrates est très élevé et dépasse largement les normes, est cela pour deux raisons :

- Un excès d'emploi d'engrais chimiques, minéraux et naturels, dans l'activité agricoles dans la région.
- L'injection directe des eaux usées dans cette nappe, à cause de l'absence d'un réseau d'assainissement.
- L'absence de contrôle des communes sur la gestion des rejets domestique.

Ces taux élevés de nitrate dans cette nappe interprète la présence de matières organiques (microbes, bactéries). Et c'est ce qui est révélé après l'analyse bactériologique, des coliformes totaux, et coliformes fécaux en été trouvé dans les eaux, ces bactéries provenant de l'infiltration des eaux usées domestiques dans la nappe phréatique.

Conclusion :

D'après notre travail au laboratoire, nous avons acquis une expérience qu'il faudra à tous chimistes de la connaître et de l'utiliser, ainsi nous avons bénéficié du savoir faire du personnel du laboratoire.

Après l'analyse et la discussion sur les résultats obtenus, nous avons conclu:

- ❖ L'eau souterraine utilisée par les habitants de la Wilaya d'El Oued n'est ni potable ni sanitaire.
- ❖ L'influence de la qualité de l'eau sur la santé, est nettement remarquable.
- ❖ La qualité de l'eau des trois nappes étudiées est différente à cause de la conception géologique de la région.
- ❖ La nappe albien est la meilleure.
- ❖ Le traitement de l'eau pour augmenter sa qualité de potabilité est nécessaire.

La réalisation d'un projet pour le traitement des eaux souterraines de la Wilaya D'El Oued est à l'étude. D'après nos études faites sur les eaux de la région, nous approuvons le projet de l'osmose inverse; parce que c'est le meilleur procédé à adapter. L'osmose inverse a prouvé sa fiabilité sur le terrain par quelques sociétés privées de traitement de l'eau.

En tant que licencié en génie des procédés, nous tenons compte sur le coté économique ainsi que sanitaire; pour cela, il faut traiter l'eau de l'Albien car elle n'a pas besoin d'être stérilisée (stérilisation naturelle Temp- = 66°), et elle a moins de minerais dissout (conductivité moins élevée). L'expérience de la station d'EL ROUZLAN à Djamâa dans la Wilaya a prouvé l'efficacité de l'exploitation de l'eau de l'Albien. (Voir ANNEXE 1).

Enfin, nous souhaitons que toutes personnes concernées par ce thème l'utilisation des résultats obtenus de ce travail.

Référence bibliographiques

✓ Livres

- [5]. DIDI Saïd, 2001, Oued Souf Kounouz, el Oued
- [6]. [7] André Voisin, 2005, le Souf, El Walid Edition, El Oued.
- [10]. Gauthie Villars, Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau, édition 2005
- [12]. REICHL, 2009, Guide pratique de toxicologie, De Boeck, paris P 122
- [15]. REICHL, 2009, Guide pratique de toxicologie, De Boeck, paris P 117
- [16]. F. BERNÉ, 1983, chimie des eaux naturelles et résiduaires industrielle, Lyon. p 5-6

✓ Thèses et mémoires

- [13]. F. Douche (2008). Impacte des fertilisant naturelle sur la nappe phréatique, Mémoire de Magister, Université de Batna .

✓ Site internet

- [1]. <http://www.ecologie.gouv.fr/-Eau-potable-.html> 06/06/2009
- [2]<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/menuRessour.html>
06/06/2009
- [3]. [4].http://fr.wikipedia.org/wiki/Oxyde_d%27hydrog%C3%A8ne#Physique
07/06/2009
- [9]. http://www.futura-sciences.com/fr/definition/t/terre-1/d/nappe-phreatique_2530/
07/06/2009
- [14]. http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/degradation/07_pollution.htm
06/06/2009

✓ Article de journal ou de revue :

- [11]. Pollution des eaux souterraine. Acter du colloque de Moscou, aout 1971. IAHS-AISH publ No103, 1975

✓ Rapport

- [8]. Aicha MESSEI, 2005, Hydrogéologie du Souf, Direction du hydraulique d'El Oued

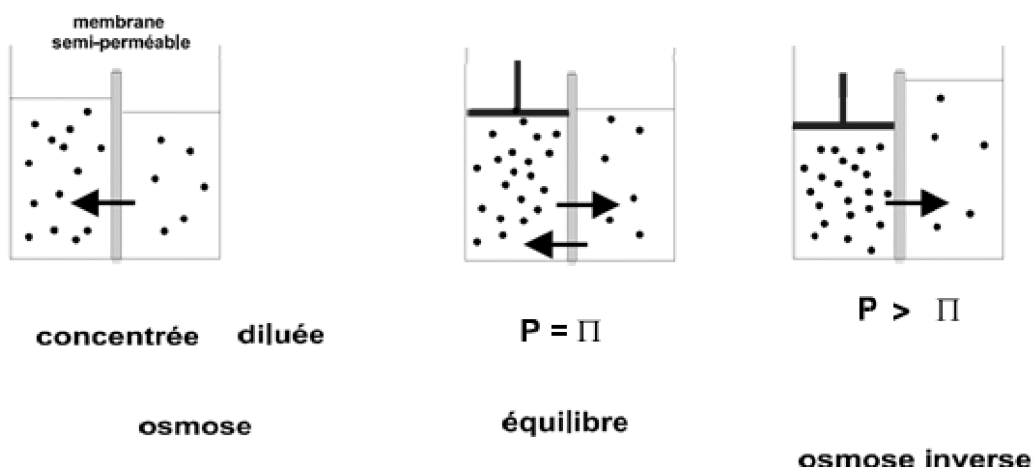
PARTIE PRATIQUE

II/ PRINCIPES DE L'OSMOSE INVERSE

1/ Pression osmotique:

L'osmose est le transfert de solvant à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration. Si on considère un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-sélective et contenant deux solutions de concentrations différentes, l'osmose se traduit par un flux d'eau dirigée de la solution diluée vers la solution concentrée.

Si on applique une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Avec une pression suffisamment forte, le flux d'eau va même s'annuler: cette pression est nommée la pression osmotique P (en faisant l'hypothèse que la solution diluée est de l'eau pure). Si on dépasse la valeur de la pression osmotique, on observe un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique: c'est le phénomène d'osmose inverse.



La pression osmotique des électrolytes est donnée par la relation suivante:

$$\Pi = i \cdot C \cdot R \cdot T$$

où i est le nombre d'espèces d'ions constituant le soluté, C la concentration molaire du soluté ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$), T la température (K) et R la constante des gaz parfaits ($8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). Π est exprimée en pascals. Cette relation est valable pour des solutions diluées.

Exemple: la pression osmotique de l'eau de mer (3 % en masse de chlorure de sodium) à 25 °C est environ de 25 bars.

3/ Procédés:

Les unités d'ultrafiltration ou d'osmose inverse comportent principalement en plus des modules les éléments suivants:

- Une pompe à haute pression (40 à 80 bars) pour l'osmose inverse.
- Un échangeur de chaleur pour maintenir les liquides aux températures souhaitées.

Les procédés existent en discontinu comme en continu avec dans les deux cas des montages permettant le recyclage des concentrats pour améliorer la séparation. Une étape d'élimination préalable des plus grosses particules est toujours nécessaire.

V/ APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Les principales applications de l'osmose inverse et de l'ultrafiltration sont les suivantes:

- Traitement des eaux: dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres.
Production de l'eau ultrapure (industries électronique, pharmaceutique ...).
- Extraction de protéines du lactosérum dans l'industrie laitière.

Les techniques présentées présentent les avantages suivants:

- Opération à température ambiante ce qui évite la dégradation de molécules fragiles dans le domaine agro-alimentaire.
- Pas d'intervention de réactifs chimiques comme des agents d'extraction qui sont des sources de pollution.
- consommation énergétique faible vis à vis de la distillation pour le dessalement de l'eau.

Néanmoins des inconvénients existent:

- baisse de la perméabilité et modification de la sélectivité en cas de colmatage des membranes.
- sélectivité entre les espèces chimiques "soluté" toujours inférieure à 100 %.
- durée de vie limitée des membranes soit par perte de résistance mécanique soit par suite d'une mauvaise tenue aux réactifs utilisés pour le nettoyage.

ANNEXE II

FICHE D'ANALYSE

Échantillon N° :

Lieu d'échantillon :/.....

Température :

pH :

TDS :

Conductivité :

Salinité :

Oxygène dissous :

Turbidité :

Calcium : V EDTA :/ Ca^{++} =
.....

Dureté Total (TH) : V EDTA : / TH =
.....

Chlorur : V AgNO_3 : / Cl^- =
.....

Magnésium :

Nitrates :

Nitrites :

Ammonium :

Fluore :

Fer :