

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de : Génie civile et Hydraulique

C:.....
R:.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

Master, Filière : Hydraulique

Spécialité : Forage d'eau

THÈME

**DÉTERMINATION DE LA MINÉRALISATION
GLOBALE ET LA DEMANDE DE CHLORE DE
DEUX FORAGE DESTINÉS À LA BAIGNADE**

**(CAS DES PISCINES SEMI-OLYMPIQUES DE OUARGLA ET
TOUGGOURT)**

Présenté par :

❖ **BENHADDIA MOHAMMED LAID**

❖ **BELKACEM IMAM**

Soumis au jury composé de :

DJEBARI.H

M.A.A

UKMO

Président

BELMABEDIA

M.A.A

UKMO

Examinatrice

BOUZIANE.L

M.C.B

UKMO

Promotrice

Année Universitaire: 2021 / 2022

Remerciement

*On remercie **Dieu** le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.*

*Tout d'abord ,ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de M^{me} **Bouziane Lamia** , on la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience ,sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

*Nos remerciement s'adressent également à Mr **Bentaleb Abdelkader** pour son aide pratique.*

*Nos remerciement s'adressent également au directeur de piscine de Touggourt Mr **Belamoudi Adel**,et de Ouargla Mr **Abdelaziz Abdessamed***

Que tous les enseignants qui ont contribué à notre formations trouvent ici l'expression de nos estime, de nos reconnaissances et de nos gratitude.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos familles :nos parents, nos sœurs, nos frères et tous nos proches et amis, qui

Nous ont soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Nous dédie ce mémoire

À mes chers parents nos mère et nos père

*Pour leur patience ,leur amour,leur soutien et leurs
encouragements.*

À ma femme et ma fille .

À mes frères et mes sœurs

À tous nos amis et nos camarades, surtout Chaouki et Noor.

Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen,

du

secondaire ou de l'enseignement supérieur.

Sommaire

Introduction générale	Page
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	
Introduction	06
I. Cadre général de la zone d'étude	06
I.1. Situation géographique	06
I.1.2. Situation climatique	08
I.1.2.1. Pluviométrie	08
I.1.2.2. Les températures	08
I.1.2.3. Humidité de l'air	10
I.1.2.4. Le vent	11
I.1.3. Situation hydraulique	12
I.1.3.1. Identification hydrogéologique	12
I.1.3.2. Les eaux souterraines	12
I.2. Les différentes nappes d'eau à Ouargla et Touggourt	12
I.2.1. La Nappe phréatique	12
I.2.2. La Nappe mio-pliocène	12
I.2.3. La Nappe du Sénonien- Eocin	13
I.2.4. La Nappe Albienne	13
II. Eau, source de loisir durant la période estivale dans la région d'Ouargla et Touggourt	13
II.1. Les piscines à Ouargla et Touggourt	13
II.2 Les Sites étudiés	13
II.2.1. La Piscine 18 Février Ouargla	13
II.2.1.1. La coupe géologique des forages piscine Ouargla	14
II.2.1.2. Les équipements utilisant dans le forage de la piscine semi-olympique d'Ouargla	15
I.2.2. Piscine semi-olympique Belaid Mohamed Touggourt	16
I.2.2.1. La coupe géologique des forages piscine de Touggourt	17
I.2.2.2. Les équipements utilisés dans le forage de la piscine semi-olympique de Touggourt	18
Conclusion	19
Chapitre II : La Piscine et la Désinfection	
Introduction	20
I. Généralité sur la désinfection	20
I.1. Définition	20
I.1.2. Le but de la désinfection	20
I.1.3. Principes généraux de la désinfection	21
I.1.4. Normes de désinfection	21
I.1.5. Principaux types de désinfection	24
I.1.6. Critères permettant de choisir le désinfectant	24
I.1.7. Produits de désinfection utilisés en Algérie	25

I.1.8.Efficacité des traitements de désinfection	27
II - Désinfection par le chlore	27
II -1Définition	27
II.1.2. Le rôle du chlore dans la désinfection	27
III.1. Propriétés physico-chimiques du chlore	28
III.1.1. Propriétés physiques du chlore	28
III.1.2.Les propriétés chimiques du chlore	29
III.1.2. Mise en œuvre de la chloration des eaux	29
III.2. Dosage du chlore	29
III.2.1. La pratique de la chloration à travers le monde	30
III.2.2. La pratique de la chloration en Algérie	30
VI. Quelques définitions	30
VI.1. Action du chlore sur les constituants de l'eau	31
VI.1.1. La composition minérale des eaux	31
VI.1.2. Interactions chlore/ éléments minéraux	32
VI.1.3. Effet du chlore sur les composés organiques	35
VI.1.4. Effet de la minéralisation des eaux sur la chloration des composés organiques	35
IV.La Désinfection Des Eaux De Piscine	36
IV.1.Définition de piscine	36
IV.1.2. Définition de piscine olympique	36
IV.1.3 Définition de piscine semi olympique	36
IV.2.Désinfectants des eaux de la piscine	36
VI.Recommandations sur les eaux de la piscine	37
VI.1.Contexte de la réglementation	37
Conclusion	38
Chapitre III : MATERIEL ET METHODES	
Introduction	41
I.Caracteristiques des points de prelevement	41
I.1.Les points de prélèvement	41
I.2.Les forages de l'eau extraite du puits et utilisée pour alimenter les piscines de Ouargla et Touggourt	41
I.3.Méthodologie d'échantillonnage	42
I.3.1.Matériel pour analyses	43
I.3.1.1. Les appareils utilisons dans le laboratoire	43
I.3.1.2.Les Outils utilisons dans le laboratoire	43
II.Procédure expérimentale	44
II.1.Préparation des Solutions	44
II.1.1.Thiosulfate de sodium (Na₂ S₂O₃) solution 0,1N	44
II.1.2.Iodate de potassium (KI₀₃)	44
II.1.3.Thiosulfate de sodium (Na₂ S₂O₃) solution 0,01N	44
II.1.4.Préparation de la solution de d'Amidon	44
II.1.5.Préparation de l'échantillons de l'eau de javel	45
II.1.6.Dilution de l'eau de javel	45

II.1.7. Autres réactifs utilisés	46
III. Dosage par titrages	46
III.1. Titrage de la solution de thiosulfate de sodium	46
III.2. Dosage de l'eau de javel	47
IV.1. Demande en chlore	49
IV.1.1. Objectif de la méthode	49
IV.1.2. Principe	49
IV.1.3. Description des essais de chloration	49
IV.1.4. Dosage de chlore résiduel	50
Conclusion	50
Chapitre IV : RÉSULTATS ET DISCUSSION	
Introduction	52
I. Les analyses physico-chimiques l'eau extraite du puits et utilisée pour alimenter les piscines de Ouargla et Touggourt l'eau	52
I.1. Résultats d'analyses physico- chimique	52
I.1.1. Interprétation des résultats	52
I.1.2. Les faciès chimiques	53
I.1.3. Résultat des diagrammes de Piper	53
II. 2. La demande en chlore	54
II.2.1. Résultats	54
II.2.2. Interprétation des résultats	55
II.2.3. Le Break Point	56
Conclusion	56
Conclusion générale	

LISTE DES FIGURE

N°	Figure	Page
1	Situation géographique de la ville d’Ouargla	07
2	Situation géographique de la ville deTouggourt	07
3	Courbe de variation des précipitations mensuelles (2008-2018) station de Sidi Mehdi (O.N.M)	09
4	Courbe des variations moyennes mensuelles des températures (2008-2018)station météorologique de Sidi Mehdi (O.N.M)	10
5	Courbe de l'humidité relative mensuelle interannuelle (2008-2018) la station météorologique de Sidi Mehdi (O.N.M)	11
6	Courbe de variations des vitesses mensuelles des vents en m/s (2008-2018) la station météorologique de Sidi Mehdi (O.N.M).	11
7	Piscine semi-olympique 18 Février Ouargla	13
8	Coupe géologique de Forage de la piscine d’Ouargla	14
9	Piscine semi-olympique Belaid Mohamed Touggourt	15
10	Coupe géologique de Forage de la piscine de Touggourt	16
11	Différentes formes du chlore selon le pH de l’eau chlorée (Saint, 2011)	28
12	Le diagramme de piper	32
13	Courbe de Break-point d’une eau naturelle (Rodier, 2009)	33
14	Le puit de forage piscine de Ouargla	41
15	Le puit de forage piscine de touggourt	42
16	Les appareils utilisé.	43
17	Les Outils utilisé	43-44
18	Echantillon d’eau de javel commercial	45
19	préparation de la solution utilisée	46
20	Titration de la solution Thiosulfate de sodium	47
21	Dosage eau de javel	48
22	Break point Chloration	49
23	Diagramme de piper forage piscine de Touggourt et Ouargla	53
24	L’évolution de la concentration du chlore résiduel total en fonction de la dose de chlore introduite. Forage piscine Touggourt	54
25	L’évolution de la concentration du chlore résiduel total en fonction de la dose de chlore introduite. Forage piscine Ouragla	55

LISTE DES TABLEAU

N°	Tableau	Page
1	précipitations mensuelles (2008-2018) la station de Sidi Mehdi (O.N.M)	08
2	Les variations moyennes mensuelles des températures (2008-2018) la station météorologique de Sidi Mehdi (O.N.M)	09
3	Tubages utilisés dans le forage de la piscine semi- olympique de Ouragla	14
4	Crépine utilisés dans le forage de la piscine semi- olympique de Ouragla	14
5	Tubages utilisés dans le forage de la piscine semi- olympique de Touggourt	17
6	Crépine utilisés dans le forage de la piscine semi- olympique de Touggourt	17
7	Effet bactéricide et rémanent de différents désinfectants (Moles,2003). (Rodier, 2009)	21
8	Formes du chlore et pouvoir désinfectants	21
9	Avantages et inconvénients des produits de désinfection (Wastewater disinfection, 2000)	23
10	Quelques caractéristiques physiques du chlore gazeux (Tchobanoglous et al., 2003)	24
11	Variation de la constante d'équilibre, K1, de l'acide hypochloreux en fonction de la température (Desjardins, 1997)	26
12	Doses de chlore nécessaire à l'oxydation de 1 mg/l des éléments inorganiques (Moles,2003)	35
13	Les résultats d'analyses physico-chimiques l'eau extraite du puits et utilisée pour alimenter les piscines de Ouargla et Touggourt l'eau	52
14	L'évolution de la concentration du chlore résiduel total en fonction de la dose de chlore introduite. Forage piscine touggourt	54
15	L'évolution de la concentration du chlore résiduel total en fonction de la dose de chlore introduite. Forage piscine ouragla	55
16	le break point et la demande en chlore	56

Introduction générale

Introduction générale

L'objectif de notre étude est de caractériser les eaux de forages utilisés pour alimenter les piscines semi-olympiques d'Ouargla et de Touggourt en déterminant leur minéralisation globale et leur demande en chlore.

Dans ce contexte, notre étude a été regroupée en cinq chapitres.

En premier lieu, nous présentons un aperçu général sur les deux villes étudiées, leur situation hydraulique, les ressources en eau disponibles, le climat ainsi que les piscines de la région qui constituent un privilégiant des citoyens durant la période estivale.

Dans le deuxième chapitre, nous expliquons le terme de désinfection, nous donnons les principaux types de désinfectants utilisés dans les piscines et nous nous concentrons par la suite sur la désinfection au Chlore.

Le troisième chapitre regroupe les méthodes et le matériel utilisés dans le travail expérimental à savoir : points et méthode d'échantillonnage, méthodes et réactifs utilisés pour le dosage de l'eau de javel et la détermination de la demande en chlore pour les eaux des deux forages.

Dans le dernier chapitre, nous représentons et interprétons les résultats trouvés de la minéralisation globale des eaux de forages et leur demande en chlore.

CHAPITRE I

Présentation de la zone d'étude

Introduction

Avant de commencer les différents points à notre étude, il convient de faire ressortir les caractéristiques propres et prévalent au le niveau, à la fois de la ville de Touggourt et de Ouargla Ainsi, ce chapitre présente les traits majeurs du milieu d'étude notamment la localisation géographique du terrain, le cadre climatique et hydraulique ainsi que les caractéristiques techniques des forages d'eau destinés à alimenter les deux piscines semi-olympiques dans la région d'étude.

I. Cadre général de la zone d'étude

I.1. Situation géographique :

OURAGLA	TOUGGOURT
<p>La Wilaya de Ouargla est située au sud est du pays couvrant une superficie de 163230 Km² .Elle demeure une des collectivités administratives les plus étendues du pays. Elle a une population totale estimée à 579608 habitants à fin 2004.</p> <p>La wilaya est située dans la partie sud du pays. Elle est limitée par les wilayas suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Au Nord : Djelfa, Biskra et El Oued ■ Au Sud : Illizi et Tamanrasset ■ À Est : la Tunisie et El Oued ■ À Ouest : Ghardaïa <p>Le Chef lieu de la wilaya est située à 820 km au Sud de la capitale, Alger.</p> <p>La wilaya s'étend sur une superficie de 162 628 Km².</p>	<p>Touggourt ou Oued Right se situe dans le Sahara Est septentrional algérien (Bas Sahara). Touggourt a, plus de 500 km de la capitale d'Alger.</p> <p>La wilaya de Touggourt est située dans le Sahara algérien, sa superficie est de 17 428 km².</p> <p>Elle est délimitée :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Au nord par la wilaya d'El M'Ghair ; ■ A l'Est par la wilaya d'El Oued ; ■ A l'Ouest et au sud par la wilaya d'Ouargla. ■ Au Sud wilaya ouragla

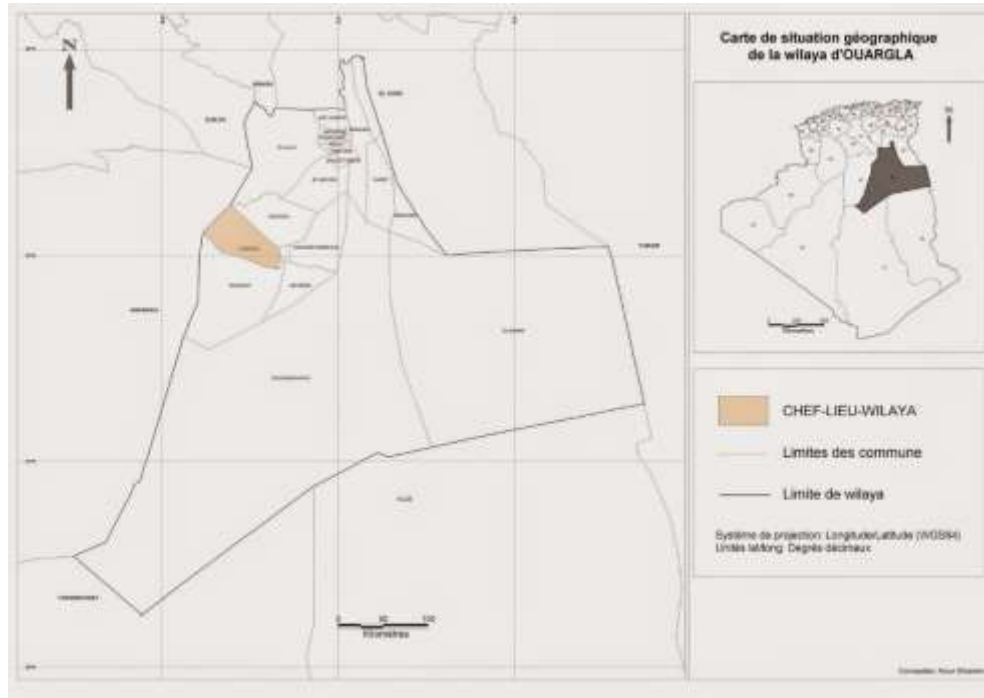


Figure N°1: Situation géographique de la ville d’Ouargla

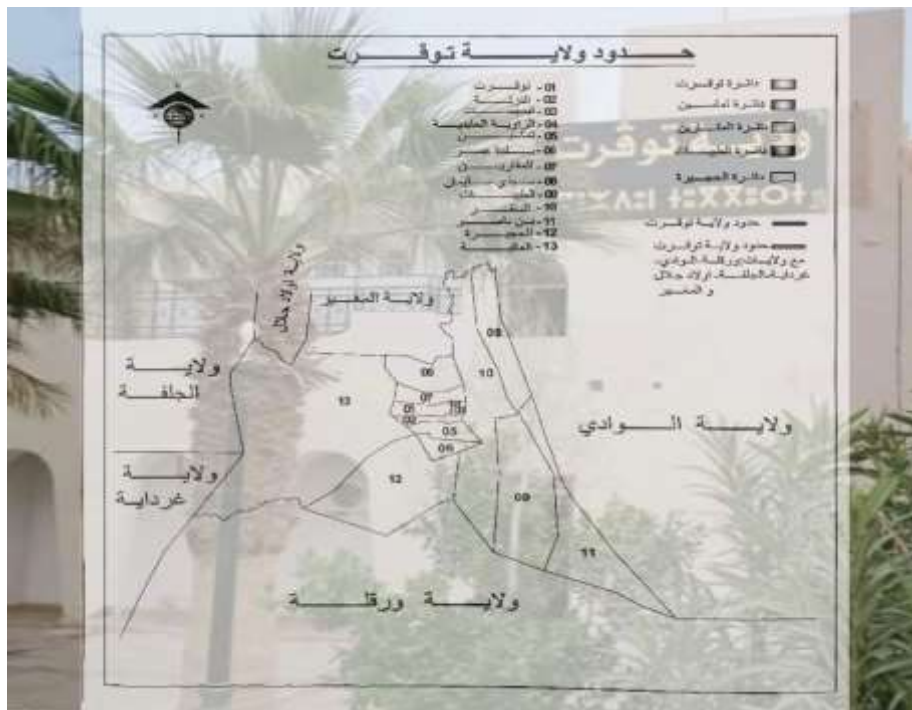


Figure N°2: Situation géographique de la ville deTougourt

I.1.2. Situation climatique :

De type saharien, le climat de la ville de Touggourt et de Ouargla se caractérise par une forte aridité avec des températures élevées en périodes estivales, des précipitations très faibles ne dépassant pas 60 mm en moyenne par an sauf dans les endroits les plus arrosés qui arrivent annuellement à 70 mm. L'humidité relative de l'air est faible, la luminosité est intense et l'évaporation est forte.

Cette dernière s'élève à 2 500 mm par an et varie de 2 mm/jour en hiver et à près de 15 mm/jour en été. Les vents sont parfois violents.

Le climat de la région se caractérise par un climat Saharien, qui connue par des étés aux chaleurs torrides et des hivers doux, surtout pendant la journée.

I.1.2.1.Pluviométrie :

Joue un rôle moins important dans les zones sahariennes du fait de leur faible quantité d'une part et de la forte température d'autre part. Nous avons établi le courbe de variation moyenne mensuelle interannuelle des précipitations.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Jan	Jui	Aout
P(mm)	6.25	4.81	2.12	4.15	13.77	4.87	5.27	8.62	1.36	0.67	0.06	3.79

Tableau N°1 : précipitations mensuelles (2008-2018) la station de Sidi Mehdi (O.N.M)

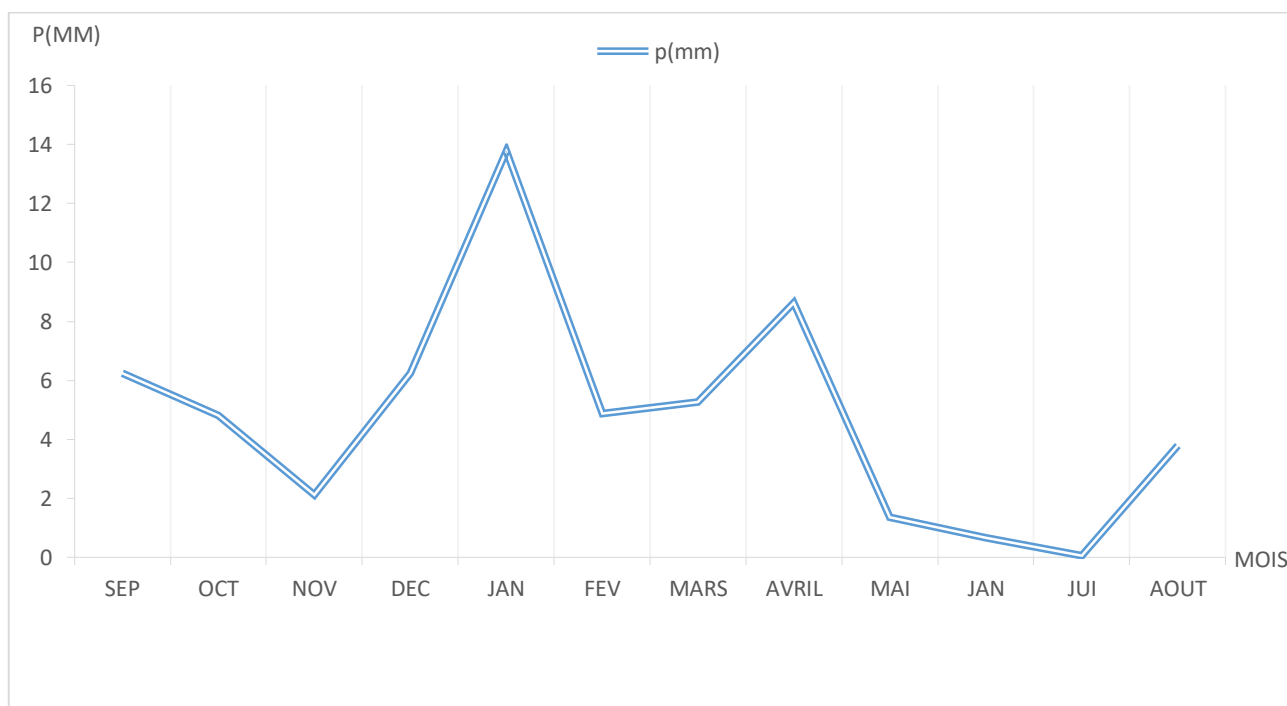


Figure N°3 : Courbe de variation des précipitations mensuelles (2008-2018) station de Sidi Mehdi (O.N.M)

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La courbe de répartition des moyennes mensuelles montre que :

La pluviométrie maximale est de l'ordre de 13.77 mm pendant le mois de janvier, et le minimum est de l'ordre de 0.06 mm observé pendant le mois de juillet avec une hauteur totale de 55.74 mm.

Ces résultats restent très faibles pour participer à l'alimentation de la nappe.

I.1.2.2. Les températures :

La région de Ouargla et touggourt est caractérisée par un climat saharien aride, La température est un paramètre très important, et sont généralement très élevées. Les valeurs maximales son enregistrées aux mois de juillet (42.60c°) et aout (41.60c°) et les valeurs minimale son enregistrées aux mois décembre (18.50c°) et janvier (18.40c°).

Mois	Sep	Oct	Nev	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	juill	Aout
T (°C)	36.6	31.1	23.9	18.5	18.4	19.7	24.7	29.8	34.6	39.2	42.6	41.6

Tableau N°2 : Les variations moyennes mensuelles des températures (2008-2018) la station météorologique de Sidi Mehdi (O.N.M)

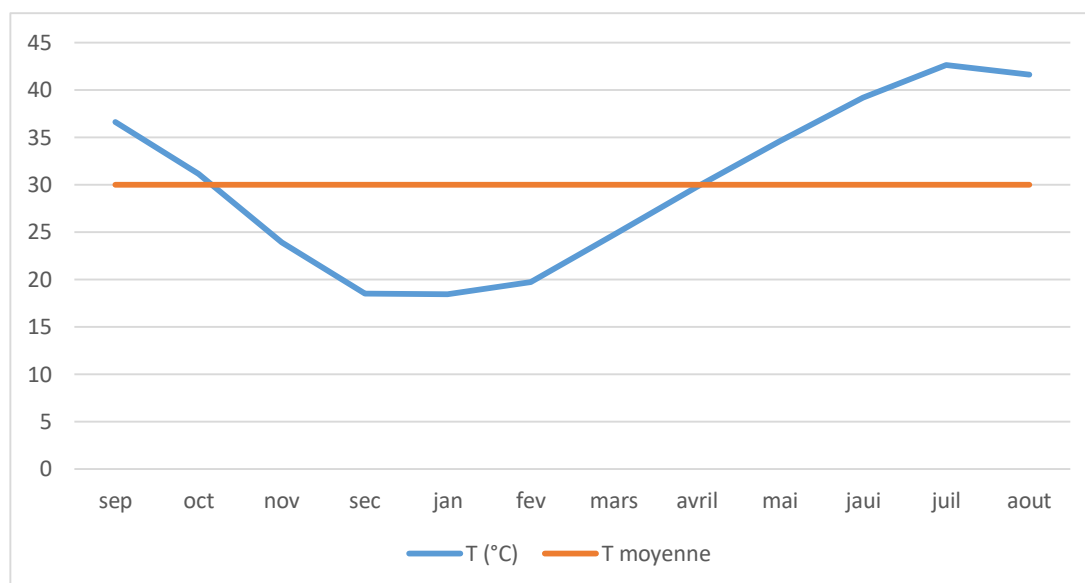


Figure N°4 : Courbe des variations moyennes mensuelles des températures (2008-2018) station météorologique de Sidi Mehdi (O.N.M)

D'après le graphique, les valeurs mensuelles de la température de l'air varient avec une certaine régularité pendant l'année, avec un maximum en Juillet (42.6°C) et un minimum en Janvier (18.4 °C) et une moyenne annuel de 30°C, cela class notre zone d'étude dans le climat désertique.

I.1.2.3. Humidité de l'air :

Les valeurs d'humidité relative moyenne, observées en 10 ans d'observations (2008-2018). La courbe qui en découle permet de distinguer les mois relativement humides.

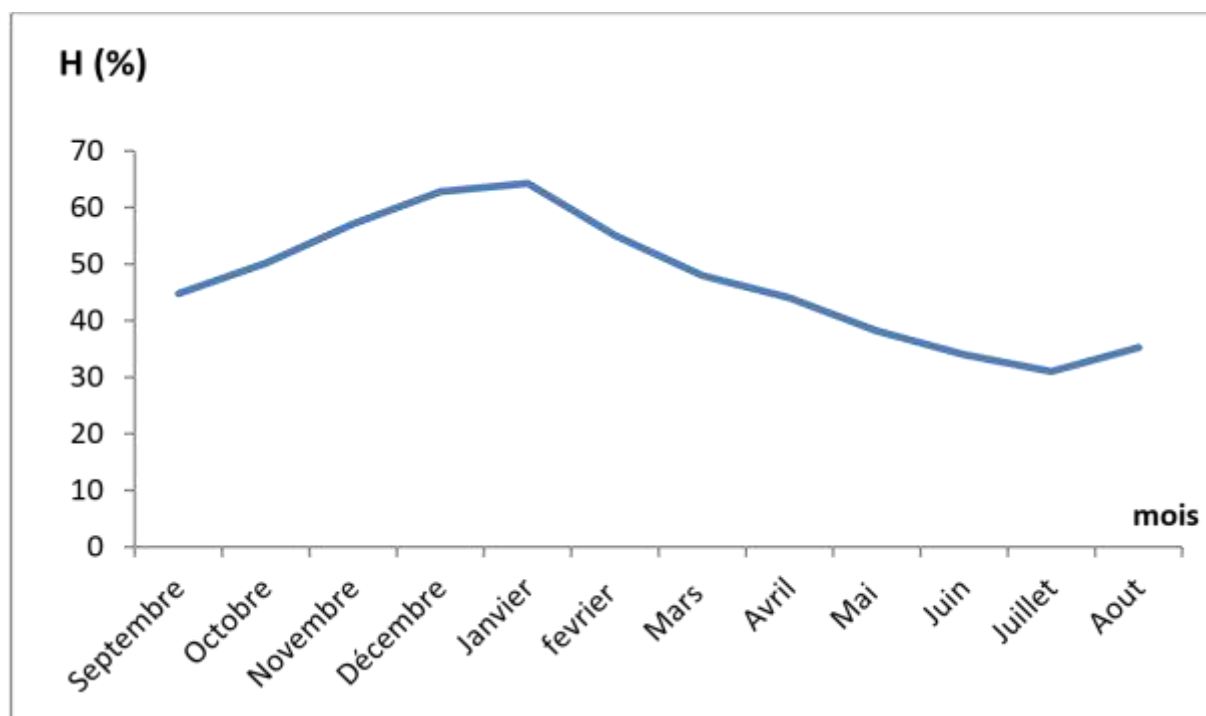


Figure N°5: Courbe de l'humidité relative mensuelle interannuelle (2008-2018) la station météorologique de Sidi Mehdi (O.N.M)

On remarque d'après le graphe que le taux de l'humidité oscille autour de la valeur moyenne (47.06%), et maximum (64.25%) et un minimum de (30.99 %).

I.1.2.4. Le vent :

Le vent est un élément le plus caractéristique du climat. Il est déterminé par sa direction, sa vitesse et sa fréquence. Les vents soufflants de l'Est vers le Nord-est sont les plus dominants provenant de la méditerranée, ils sont chargés d'humidité. Les vents soufflants du Sud vers le Sud-ouest sont moins fréquents (Secs et chauds).

Au printemps les vents sont plus forts, le vent d'Est appelé communément EL BAHRI souffle principalement pendant la période s'étalant des mois d'avril à juillet. En été, il apporte de la fraîcheur, par contre il est peu apprécié au printemps car il donne naissance au vent de sable, donnant au ciel une couleur jaune, Il peut durer jusqu'à trois jours consécutifs avec une vitesse moyenne de 50 à 60 Km/h.

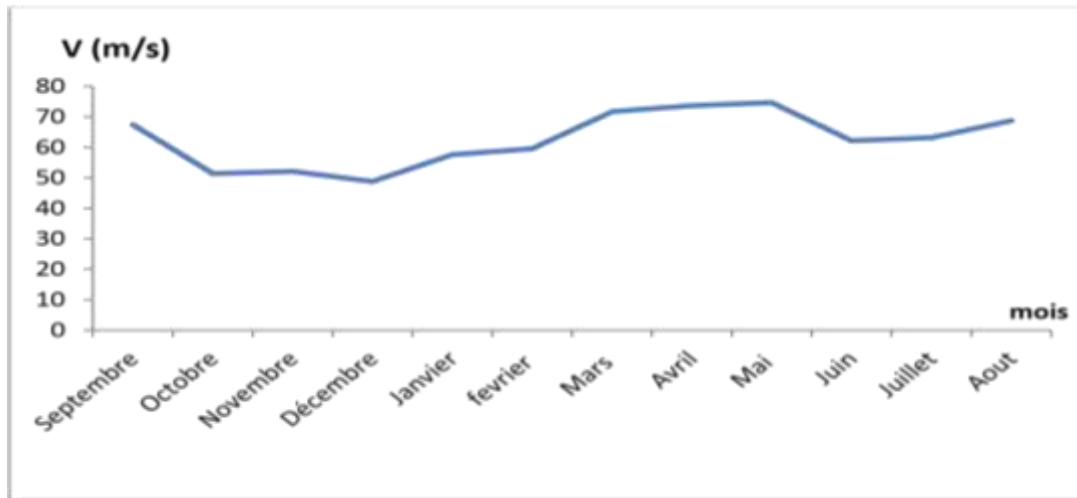


Figure N°6: Courbe de variations des vitesses mensuelles des vents en m/s (2008-2018) la station météorologique de Sidi Mehdi (O.N.M).

I.1.3. Situation hydraulique

I.1.3.1. Identification hydrogéologique :

Les principales ressources en eau de la wilaya Touggourt et Ouargla sont d'origine souterraine. Elles sont contenues dans trois types d'aquifères ; la nappe phréatique superficielle, et la deuxième nappe (sable+ calcaire) et une nappe profonde captive du Continental Intercalaire.

Elles sont représentées par les eaux souterraines de quatre grandes nappes aquifères de l'albienne.

La profondeur des différentes nappes varie entre 100 et 1800 m, ce qui nécessite d'importants investissements pour leur exploitation .

I.1.3.2. Les eaux souterraines :

Les principales ressources en eau de la wilaya sont d'origine souterraine. Elles sont contenues dans trois types d'aquifères ; la nappe phréatique superficielle, et la deuxième nappe (sable+ calcaire) et une nappe profonde captive du Continental Intercalaire.

I.2. Les différentes nappes d'eau à Ouargla et Touggourt :

I.2.1.La Nappe phréatique :

Le Quaternaire est constitué de sables éoliens et sables argileux, résultant de la destruction de la falaise Moi-Pliocène, localement intercalés de lentilles d'argiles sableuses et gypseuses. Ces sables forment d'énormes accumulations dans le Grand Erg Oriental.

C'est dans ce niveau que l'on rencontre la nappe phréatique. Son épaisseur est variable et peut atteindre localement une dizaine de mètre.

I.2.2. LA NAPPE DU COMPLEXE TERMINALE (CT) :

Formée essentiellement de deux nappes:

► **Nappe des Sables** : de 100m à 150m de profondeur constituée de deux nappes de type captif, dont la première correspond à la formation supérieure du complexe terminal. Cette nappe, constituée de sables grossiers et faisant partie du Complexe Terminal, émerge progressivement vers le Nord du Sahara. La deuxième nappe de sables est d'âge pontien. Audessus des bancs supérieurs de la nappe des calcaires et en contact avec les marnes de l'éocène inférieur et des graviers siliceux constituant donc une deuxième nappe captive en continuité avec la nappe du pontien.

► **LA Nappe de Calcaire** : de 240m à 300m deux niveaux durs servants de repère pour la classification des eaux souterraines. Du Sud au Nord nous observons l'existence d'un premier niveau calcaire mieux individualisé, parfois il est purement calcaire, quelque fois il est formé par des calcaires gypseux et correspond ainsi au niveau inférieur.

Le niveau supérieur, principalement représenté par des calcaires siliceux est considéré comme une zone de transition entre la nappe des calcaires et celle des sables. Dans l'ensemble ces deux niveaux sont séparés par des formations tantôt marneuses, tantôt sableuses en passant par des argiles (rouges). Il faut mentionner également que cette dernière n'est pratiquement pas exploitée dans la région.

I.2.3. LA NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE (ALBIENNE) :

Dans la plate-forme saharienne, la nappe dite albiennaise s'étend sur 600 000 km² dans des grès et des argiles datés de 100 à 150 millions d'années. Environ 20000 milliards de m³ d'eau y sont piégés. Elle occupe la totalité du Sahara algérien septentrional, et se prolonge dans le Sud de la Tunisie et le Nord de la Libye. Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud Atlasique (A.N.R.H., 2016).

La nappe du continental intercalaire, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au Continental Intercalaire, est (A.N.R.H, 2016)

II. Eau, source de loisir durant la période estivale dans la région d'Ouargla et Touggourt :

II.1. Les piscines à Ouargla et Touggourt :

De nombreuses piscines ont été ouvertes à travers les différentes régions des wilayas d'Ouargla et de Touggourt pour permettre aux citoyens de faire face aux grandes chaleurs de l'été.

On trouve :

- La Piscine semi olympique 18 Février OURAGLA
- La Piscine semi olympique Belaid Mohamed Touggourt
- La Piscine IFRI
- La Piscine semi olympique AIN BAIDA

II.2 Les Sites étudiés

II.2.1. La Piscine 18 Février Ouargla :

La piscine 18 Février, située au centre-ville de Ouargla, est une piscine ouverte toute l'année, même l'hiver, sauf pour certains jours (fériés...) et pouvant accueillir 250 spectateurs. Son bassin dédié à la natation sportive, mesure 25 mètres de long et 12.5 mètres de large (5 lignes d'eau) avec un volume total de 500 m³. L'espace local est doté de 8 douches. La piscine est alimentée par l'eau d'un forage réalisé dans l'espace extérieur de la piscine.



Figure N°7 : Piscine semi-olympique 18 Février Ouargla

II.2.1.1. La coupe géologique des forages piscine Ouargla

profondeur	Loge stratigraphie	Description géologique
0 - 15	***** ***** *****	Sable de dune
15 - 27	////////////////	Sable avec grés et gypse
27 - 55	----- -----	Argile sableuse avec grés et gypse
55 - 105	+++++++ +++++++ +++++++ +++++++ +++++++ +++++++	Argile compact
105 - 121	00000000000000 00000000000000	Sable fin siliceux
121 - 155	xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxx	Sable gros et moyen siliceux (nappe)

Figure N° 8 : Coupe géologique de Forage de la piscine d'Ouargla

II.2.1.2. Les équipements utilisés dans le forage de la piscine semi-olympique d'Ouargla :

1. Tubages :

Les phases	Diamètre (mm)	Langueur(m)	Tubages
entre 0 à 80m	315	4	20
Entre 80 à 120 m	315	4	10

Tableau N° 3: Tubages utilisés dans le forage de la piscine semi- olympique de Ouragla

2. Crépine :

Les phases	Diamètre (mm)	Langueur(m)	Crépine
entre 120 à 150m	250	4	8 tube crépine
Entre 150 à 155m	250	4	Tube plain

Tableau N° 4: Crépine utilisés dans le forage de la piscine semi- olympique de Ouragla

I.2.2. Piscine semi-olympique Belaid Mohamed Touggourt :

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La piscine Belaid Mohamed située Il est situé dans la partie ouest à ville de Touggourt est une piscine semi olympique: ouverte toute l'année, même l'hiver sauf pour certains jours (fériés...) et pouvant accueillir 200 nageurs. Son bassin réservé à la natation sportive, mesure 25 mètres de long et 12.5 mètres de large (5 lignes d'eau) avec un volume total de 500m³. L'espace locale est doté de 5 douches. La piscine est alimentée par l'eau d'un forage réalisé dans l'espace extérieur de la piscine.

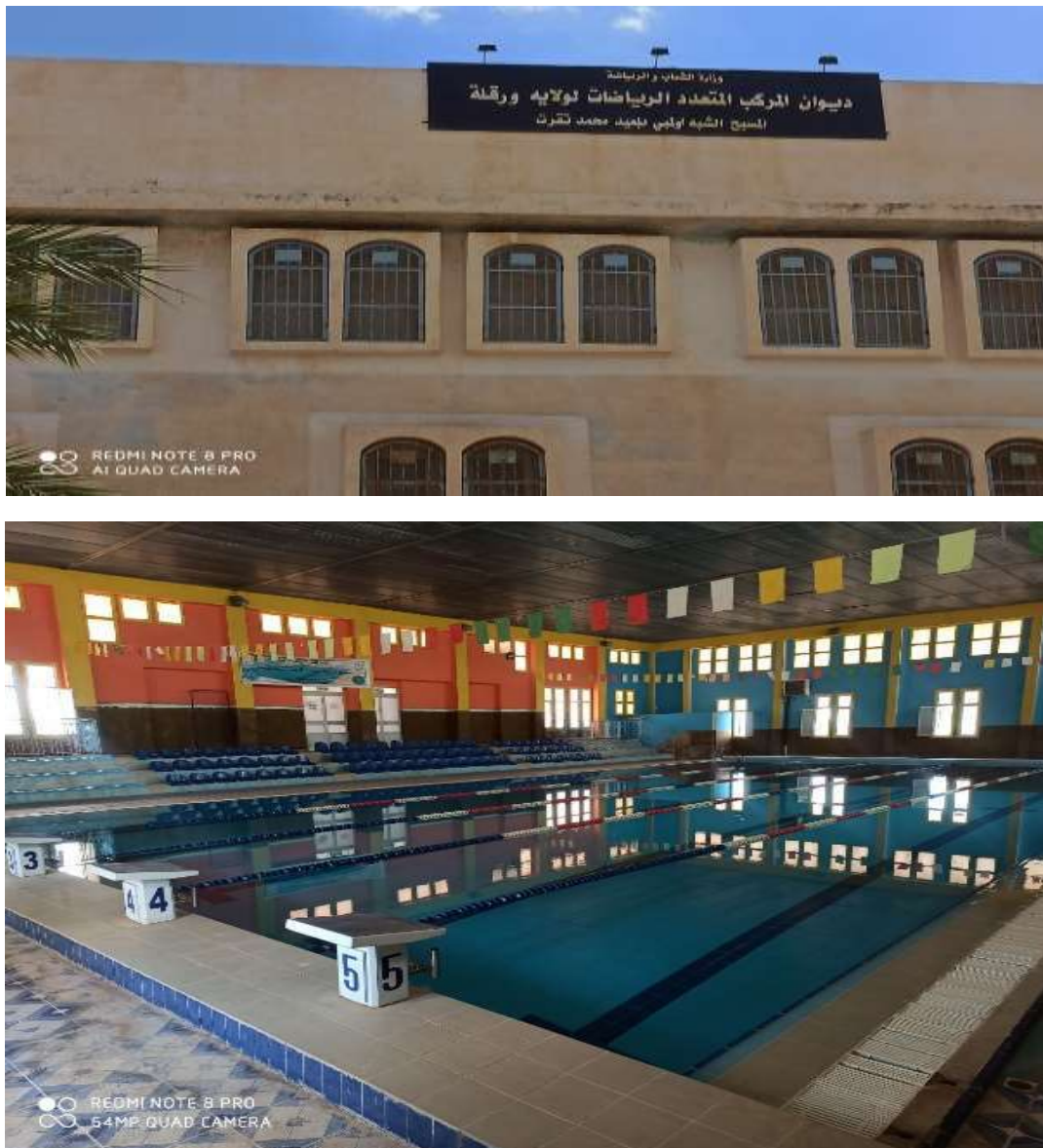


Figure N° 9 :Piscine semi-olympique Belaid Mohamed Touggour

Touggourt :

1. Tubages :

Les phases	Diameter (mm)	Languor(m)	Tubages
entre 0 à 65 m	315	4	16
Entre 65 à 100 m	315	4	9

Tableau N° 5: Tubages utilisés dans le forage de la piscine semi- olympique de Touggourt

2. Crépine :

Les phases	Diameter (mm)	Languor	Crépine
entre 100 à 140 m	200	4	10 tube crépine
entre 140 à 144 m	200	4	Tube plain

Tableau N° 6 : Crépine utilisés dans le forage de la piscine semi- olympique de Touggourt

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné en premier temps un aperçu général sur la géographie, le climat et les ressources hydrauliques de la région d'Ouargla et Touggourt.

Comme le climat de la région d'étude est hyper aride, on a représenté en deuxième temps les piscines dans ces régions qui constituent une destination privilégiée des citoyens durant la période estivale. On a été intéressé de présenter deux piscines semi -olympiques (18 Février OURAGLA et Belaid Mohamed Touggourt) de point de vue dimensions, coupe géologique des forages utilisés dans l'alimentation de ces piscines et équipements utilisés dans le forage.

CHAPITRE II

La Piscine et la Désinfection

Introduction :

L'utilisation du chlore dans le domaine des eaux potables date du début du 20^{ème} siècle et ses propriétés désinfectantes ont permis la régression de nombreuses maladies véhiculées par les eaux. La désinfection consiste à éliminer les micro-organismes pathogènes ainsi qu'une partie de la pollution organique et minérale (Kemmer, 1984 ; Desjardins, 1997).

Le chlore est l'oxydant le plus utilisé grâce à or de sa rémanence et pour des questions économiques et technologiques (Ellis, 1991).

Au cours de ce chapitre, nous présenterons un aperçu sur la désinfection, les caractéristiques physiques et chimiques du chlore, la pratique de la chloration et son pouvoir désinfectant, son action sur les constituants minéraux et organiques des eaux, ainsi que l'incidence de la présence d'éléments minéraux sur la demande en chlore.

I. Généralité sur la désinfection :

Parmi les étapes de traitement, soit des eaux de surface ou souterraines, la désinfection, en générale, par utilisation du chlore (chloration) se trouve essentielle pour assurer que l'eau destinée à la consommation humaine soit exempt de bactéries, parasites ou de virus, sources de maladies d'origine hydrique.

I.1. Définition :

Selon Moles (2003), il faut distinguer :

La désinfection qui est l'élimination :

- Des bactéries;
- Des virus pathogènes ;
- Des bioindicateurs (coliformes fécaux et totaux, streptocoquesfécaux ;
- De certains parasites animaux (kystes d'amibes, de Giardia ou de et la stérilisation

qui est la destruction de tous les organismes vivants.

I.1.2. Le but de la désinfection :

La désinfection a pour but d'éliminer les microorganismes pathogènes et de garantir l'absence de tout germe infectieux (bactérie ou virus) dans les eaux distribuées. Au contraire de la stérilisation, qui permet une destruction totale des germes présents, la désinfection peut laisser subsister quelques germes banals, sans risque pour la santé publique (Rodier, 2009).

I.1.3. Principes généraux de la désinfection

Le taux de destruction des microorganismes par un désinfectant est fonction de plusieurs variables : puissance du désinfectant, concentration du désinfectant, temps de contact, nombre de microorganismes à éliminer, types de microorganismes, température de l'eau, pH de l'eau et concentration de matières organiques dans l'eau. Il n'existe actuellement aucune loi mathématique connue qui permette de calculer le taux de destruction des microorganismes en fonction de ces variables. Cependant, sur la base de mesures effectuées en laboratoire, on peut énoncer certaines règles particulières. Avant d'appliquer ces règles, il faut toutefois procéder à des vérifications en laboratoire concernant l'eau à traiter, afin de déterminer quelle règle s'applique et d'évaluer les constantes requises (Desjardins, 1997).

I.1.4. Normes de désinfection :

Comme il n'est pas possible de recenser, en contrôle de routine, tous les germes pathogènes, on se base sur certains organismes-tests ou germes témoins qui constituent simultanément des preuves de pollution des eaux brutes et des témoins de bonne désinfection des eaux traitées.

Selon Moles (2003), la désinfection des eaux comportent deux étapes importantes, correspondant à deux effets différents d'un désinfectant donné :

Effet bactéricide, virulicide ou biocide en général : c'est la capacité de détruire les germes et autres organismes indésirables en une étape donnée du traitement ;

Effet rémanent : c'est l'effet du désinfectant qui se maintient dans le réseau de distribution et qui permet de garantir la qualité biologique de l'eau.

C'est à la fois :

- Un effet bactériostatique contre les reviviscences bactériennes ;
- Un effet bactéricide contre des pollutions faibles et ponctuelles survenant dans le réseau ;
- Une prévention contre la colonisation du réseau par des micro-invertébrés. Le tableau N°7 rappelle les qualités de chacun des désinfectants utilisés.

	O ₃	Cl ₂	ClO ₂	Chloramines	UV
Effet bactéricide	+++	++	++	+	++
Effet rémanent	0	+	++	++	0

Tableau N°7: Effet bactéricide et rémanent de différents désinfectants (Moles,2003). (Rodier, 2009)

(+++): Très efficace ; (++) : Moyennement efficace ; (+) : Peu efficace. (0) : neutre.

Il fait ressortir en particulier la nécessité, après un traitement par l’ozone ou les UV, de compléter la désinfection par une petite dose d’un autre oxydant présentant un effet rémanent.

Formes du chlore			Pouvoir désinfectant	
Chlore Total	Chlore libre	- Acide hypochloreux HClO	-Elevé (forme du chlore la plus active)	
		- Hypochlorite ClO ⁻	-ClO ⁻ < HClO	
	Chlore combiné	Chloramines minrales	-Monochloramine NH ₂ Cl -Dichloramine NHCl ₂ -Trichloramine NCl ₂	- NHCl ₂ < NH ₂ Cl < ClO ⁻ < HOCl - Peu évalué, sans doute très faible
		Chloramines organiques		Sans doute très faible, voir même nul.

Tableau N°8: Formes du chlore et pouvoir désinfectants

I.1.5. Principaux types de désinfection

Selon Moles (2003), la désinfection peut être réalisée par voie physique, physico-chimique ou biologique :

- **Les traitements physiques** concernent surtout l'emploi des rayons ultraviolet, dont l'action s'exercerait au niveau des molécules organiques des composés essentiels à la vie de la cellule, notamment les nucléoprotéines.

On utilise en général la longueur d'onde 253.7 nm, émise par des lampes à vapeur de mercure. Dans de bonnes conditions d'emploi, on détruit ainsi la plupart des bactéries et des virus, mais l'usage de ces appareils est pour l'instant réservé à des petits débits ; en outre, l'absence de rémanence de l'effet bactéricide ne garantit pas l'eau contre une contamination secondaire après traitement ;

- **Les traitements biologiques** : on peut considérer qu'ils s'exercent au niveau de la membrane biologique des filtres lents, en même temps qu'une pure rétention mécanique des germes (comme cela se passe également dans les techniques de « filtration sur berge » des rivières, dans le milieu naturel ;

- **Les traitements physico-chimiques** : sont mis en œuvre pour détruire les germes indésirables : on utilise alors des oxydants tels que : le chlore, les chloramines, ClO_2 et l'ozone.

I.1.6. Critères permettant de choisir le désinfectant

Tous les procédés et les produits de désinfection n'étant pas équivalents, il faut choisir le procédé le plus approprié, compte tenu de certaines conditions particulières (caractéristiques et usages de l'eau, types de microorganismes à éliminer, qualité du réseau de distribution, etc.) et sachant qu'un désinfectant ou un procédé de désinfection doit (Desjardins, 1997) :

- ✓ Ne pas être toxique pour les humains ou les animaux ;
- ✓ Être toxique, à de faibles concentrations, pour les microorganismes ;
- ✓ Être soluble dans l'eau ;
- ✓ Former avec l'eau une solution homogène ;
- ✓ Être efficace aux températures normales de l'eau de piscines (de 0 à 25 °C) ;
- ✓ Être stable, afin de favoriser le maintien d'une certaine concentration résiduelle

pendant de longues périodes de temps ;

- ✓ Ne pas réagir avec la matière organique autre que celle des microorganismes
- ✓ Eliminer les odeurs ;
- ✓ Exister en grande quantité et être vendu à un prix abordable ;
- ✓ Etre facile à manipuler et ne faire courir aucun danger aux opérateurs ;
- ✓ Permettre une mesure aisée de sa concentration et partant un bon contrôle de celle-ci.

I.1.7. Produits de désinfection utilisés en Algérie

Selon le laboratoire de l'ADE (2014), pour des considérations techniques et économiques, les produits de désinfection utilisés en Algérie se limitent aux produits suivants:

- Le chlore gazeux Cl_2 ;
- L'hypochlorite de sodium NaClO ;
- L'hypochlorite de calcium $\text{Ca}(\text{ClO})_2$;
- Le chlorure de chaux CaOCl_2 ;
- Le permanganate de potassium KmnO_4 ;
- L'ozone O_3 .

Le tableau N°9 résume les avantages et les inconvénients des différents désinfectants utilisés en Algérie.

Désinfectant	Avantages	Inconvénients
Le chlore gazeux (Cl_2)	<ul style="list-style-type: none"> -Peu coûteux -Disponible sur le marché -Décompose les matières organiques -Facilement soluble dans l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> -Corrosif -Odeur suffocante -Danger provoqué par le gaz chlore en cas d'accident
L'hypochlorite de sodium (NaClO)	<ul style="list-style-type: none"> -Disponible sur le marché -Facile à transporter -Utilisation domestique Facile à préparer 	<ul style="list-style-type: none"> -Coûteux -Risque d'entartrage des canalisations et des doseurs _Perd son degré Chlorométrique lorsqu'il est exposé à l'air et à la lumière

Tableau N°9: Avantages et inconvénients des produits de désinfection

Désinfectant	Avantages	Inconvénients
L'hypochlorite de calcium $\text{Ca}(\text{ClO})_2$	<ul style="list-style-type: none"> -Très efficace pour la désinfection des ouvrages hydrauliques -Utilisé pour la désinfection des eaux de baignade -Action stérilisante durable 	<ul style="list-style-type: none"> -Très corrosif -Perd son degré -Risque d'entartrage -Très coûteux -Produit importé -Chlorométrique lorsqu'il est exposé à l'air et à la lumière
Le chlorure de chaux CaOCl_2	<ul style="list-style-type: none"> -Soluble dans l'eau -Peut produire du chlore sous l'action des acides 	<ul style="list-style-type: none"> -Coûteux -Entartrant -Abandonne lentement son chlore et se transforme en carbonate de calcium
Le permanganate de potassium (KMnO_4)	<ul style="list-style-type: none"> -Désinfection de nouveaux Ouvrages 	<ul style="list-style-type: none"> -Coûteux -N'est pas un désinfectant proprement dit
L'Ozone (O_3)	<ul style="list-style-type: none"> -L'ozone se décompose en oxygène, sans laisser de produits dérivés dans l'eau -L'ozone est produit sur place (pas de transport de produits toxiques ni de consommable à changer régulièrement) 	<ul style="list-style-type: none"> -La production d'ozone consomme de l'énergie -Le système est assez complexe - Certains matériaux ne sont pas résistants à l'ozone -Ce système demande un investissement de départ important

Tableau N°10: Avantages et inconvénients des produits de désinfection (Wastewater disinfection, 2000)

Classiquement, selon les moyens disponibles et par rapport au coût des installations, la chloration reste le procédé le moins coûteux et le plus efficace (80% utilise la désinfection par le chlore dans le monde) (ADE, 2014).

I.1.8. Efficacité des traitements de désinfection

Selon SAGEP (2006), l'efficacité de la désinfection dépend :

- ✓ Du type de microorganisme ; De l'âge de microorganisme ;
- ✓ Du mode de désinfection utilisé : physique ou chimique ;
- ✓ Du temps de contact (désinfectant / microorganisme) et la concentration du désinfectant à utiliser [$C \times T = \text{Concentration en désinfectant} \times \text{Temps de contact} = C \text{ (mg/l)} \times T \text{ (minutes)}$] ;

Des caractéristiques physico-chimiques de l'eau à traiter : pH, température, turbidité, teneur en ammonium

II - Désinfection par le chlore :

II -1 Définition :

Selon Moles (2003) c'est le désinfectant qui, traditionnellement, a reçu le plus grand nombre d'applications. Il peut être utilisé sous forme :

-De chlore gazeux Cl_2 (liquéfié en bouteilles ou en tanks, utilisé par prélèvement direct en phase gazeuse, ou en phase liquide par l'intermédiaire d'un évaporateur, et introduit dans l'eau après dosage et mise en solution dans un appareil appelé chloromètre).

-D'hypochlorite :

-De sodium : NaOCl (liquide : eau de javel) ;

-De calcium : Ca(OCl)_2 (en poudre).

II.1.2. Le rôle du chlore dans la désinfection

Aux doses habituelles il demeure inefficace contre les kystes amibiens et les œufs de certains parasites intestinaux.

Il a également plusieurs rôles, secondaires mais importants (Saint, 2011) :

- ✓ I Oxydation du fer, du manganèse et du sulfure d'hydrogène ;
- ✓ Destruction de certains composés engendrant des goûts et des odeurs désagréables ;
- ✓ Protection contre les algues et les boues ;
- ✓ Enfin, il facilite la coagulation

III.1. Propriétés physico-chimiques du chlore

III.1.1. Propriétés physiques du chlore

Sous forme libre, le chlore est un gaz jaune verdâtre plus lourd que l'air et se distingue par son odeur irritante (Degremont, 2005). Le chlore fait partie de ce groupe d'éléments chimiques qu'on appelle les halogènes comme le brome, l'iode, et le fluor. Il a comme symbole Cl. Son nombre atomique est 17 et son nombre de masse est de 35,5 (Beaudry, 1984). Il était utilisé comme un gaz de combat pour la première fois pendant la guerre mondiale de 1914. Le tableau N°11 montre quelques

caractéristiques physiques du chlore gazeux

Propriété	Unité	Chlore (Cl ₂)
Masse moléculaire	g	70,91
Température de liquéfaction	°C	-33,97
Masse volumique (0 °C et 1 atm)	Kg/m ³	3,213
Densité comparée à l'air (0°C et 1 atm)	-	2.486
Température critique	°C	143.9
Pression critique	Kpa	7 811.8
Solubilité dans l'eau à 15.5°C	g/l	7.0

Tableau N°11: Quelques caractéristiques physiques du chlore gazeux (Tchobanoglous et al., 2003)

III.1.2. Les propriétés chimiques du chlore

L'atome de chlore Cl possède 7 électrons périphériques et montre une forte tendance à accueillir un électron supplémentaire de façon à atteindre la stabilité que confère son enveloppe périphérique constituée de 8 électrons. Il en résulte l'ion chlorure (Beaudry, 1984).



a- Les différentes formes du chlore dans l'eau

Les formes de chlore se répartissent en chlore libre, chlore combiné et chlore total :

Le chlore libre : chlore demeurant dans l'eau à la fin d'une période de contact déterminée, et qui peut réagir chimiquement et biologiquement comme acide

hypochloreux ou ion hypochlorite.

Le chlore combiné : partie du chlore résiduel total dans l'eau à la fin d'une période de contact donnée, qui réagit chimiquement et biologiquement en tant que chloramines

C_Réactions du chlore avec l'eau : dissolution-hydrolyse

Quand le chlore est introduit dans l'eau, il y a une hydrolyse rapide et réagit pour donner de l'acide hypochloreux selon l'équation suivante:

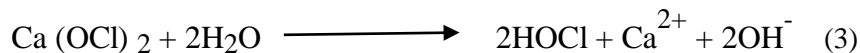


Il se produit une réaction analogue lorsque ce réactif de départ est l'hypochlorite de sodium (eau de javel) ou de calcium :

Réaction de l'hypochlorite de sodium :



Réaction de l'Hypochlorite de calcium :

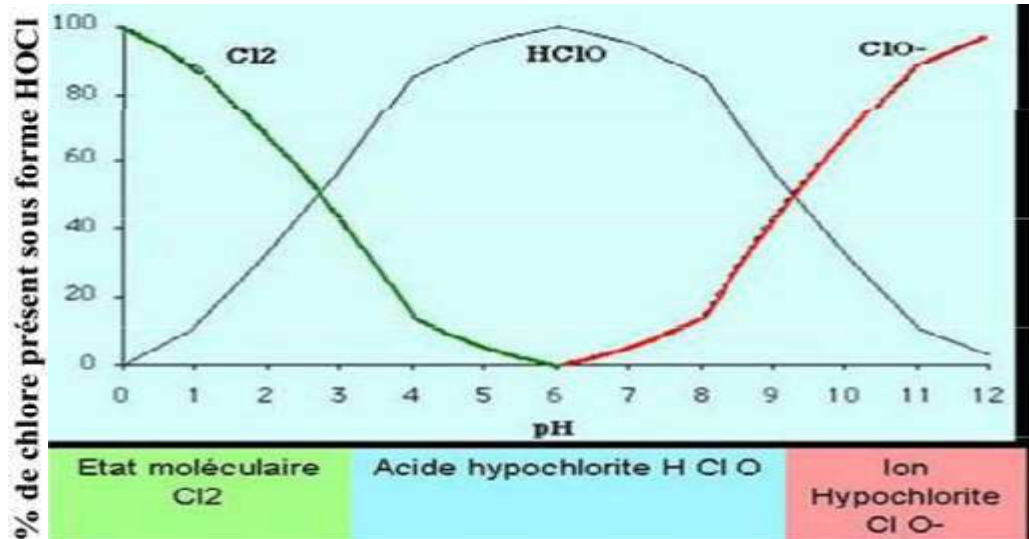


Les équations (1), (2) et (3) montrent que la différence principale entre les hypochlorites et le chlore gazeux concerne les produits secondaires. En effet, l'addition du chlore gazeux libère des ions d'hydrogène, H^+ , ce qui abaisse le pH de l'eau, alors que l'addition d'hypochlorites libère des ions d'hydroxydes, OH^- , ce qui augmente le pH de l'eau (nous le verrons plus loin, la désinfection est moins efficace lorsque le pH est élevé).

L'acide hypochloreux, HOCl, est un acide faible qui réagit de la façon suivante



On le constate, cette réaction est fonction du pH de l'eau. Ainsi, un pH élevé favorise la libération d'ions hypochlorites, OCl^- . Par ailleurs, lorsque la concentration de chlore libre est de quelques mg/l et que le pH est situé entre 5 et 9, la réaction (4) est incomplète; dans ces conditions, en effet, il y a coexistence de HOCl et de OCl^- comme le montre la figure 11 (Welté et Durand, 2002);



Les Figure N°11: Différentes formes du chlore selon le pH de l'eau chlorée (Saint, 2011)

Cette notion est importante à connaître, car l'effet germicide de l'acide hypochloreux est très supérieur à celui de l'ion hypochlorite : la désinfection par le chlore sera donc beaucoup moins efficace en milieu alcalin (Moles, 2003).

On peut calculer la proportion de chacun de ces constituants de la façon suivante :

$$K_1 = \frac{[H^+] \cdot [OCl^-]}{[HOCl]}$$

$$K_1 / [H^+] = [OCl^-] / [HOCl]$$

La valeur de K_1 varie en fonction de la température comme le

montre le tableau N°12 (Desjardins, 1997)

Température (°C)	K_1 (Mol/L)
0	1.5×10^{-8}
5	1.8×10^{-8}
10	2.0×10^{-8}
15	2.3×10^{-8}
20	2.6×10^{-8}
25	2.9×10^{-8}

Tableau N°12: Variation de la constante d'équilibre, K_1 , de l'acide hypochloreux en fonction de la température (Desjardins, 1997)

III.1.2. Mise en œuvre de la chloration des eaux

On pratique la chloration de diverses façons selon la qualité de l'eau à traiter et les objectifs à réaliser. (Beaudry, 1984 ; Rejsek, 2002)

Dans tous les cas, la mise en œuvre de la chloration est étroitement liée au principe du $C \times T$, c'est-à-dire, le maintien d'un résiduel de chlore désigné par C pendant un temps T (Cardot, 1999).

En ce qui concerne le stockage du chlore, le chlore gazeux est stocké dans des bouteilles en acier de 30 à 50 kg ou des tanks de 500 à 1000 kg. Quant à l'eau de javel, elle peut être livrée par containers, doit être stockée dans des cuves en plastiques à l'intérieur d'un cuvelage étanche de rétention et à l'abri de la lumière (Cardot, 1999).

III.2. Dosage du chlore

Pour que la désinfection joue son rôle, il faut maintenir une certaine quantité de chlore résiduel pour assurer la qualité de l'eau jusqu'au lieu et moment de sa consommation.

Le dosage de chlore a donc une grande importance sachant les difficultés rencontrées pour doser séparément chaque forme de chlore en ajoutant l'instabilité de ce dernier, surtout aux faibles concentrations.

On peut distinguer de nombreuses méthodes de dosage, de précision et de domaine d'application variable.

En général, l'instabilité du chlore reste une des principales sources d'erreurs et il ne faut pas oublier que la lumière accélère sa décomposition donc il faut l'éviter au prélèvement.

Pour la détermination des teneurs en chlore des eaux et des extraits de javel, il existe différentes méthodes telles que : (Doré, 1989)

- Méthode volumétrique ou iodométrique ;
- Méthodes de DPD (Diethyl – Para – Phénylène – Diamine) ;
- Méthode ampérométrique ;
- Méthode au violet leuco cristal (VLC), (Croué, 1987).

Les plus utilisées sont la méthode de DPD et iodométrique. Cette dernière reste la méthode de base pour le dosage du chlore total des eaux traitées et du chlore actif d'une eau de javel (Rejsek, 2002).

III.2.1. La pratique de la chloration à travers le monde

Sur le plan pratique, la désinfection par le chlore est généralement réalisée par l'hypochlorite de sodium dans le cas de petites installations et par le chlore gazeux dans les usines importantes, l'usage de ce chlore peut se voir en préchloration et en post-chloration, mais au cours de ces dernières années, la chloration a souvent été limitée au post-traitement (Degremont, 2005).

Par ailleurs, la chloration d'une eau chargée en matières organiques conduit à la formation de trihalométhanes (Achour, 1992 ; De Laat et al, 1982).

Par ailleurs, vu les effets secondaires de la chloration, cela a conduit les traiteurs d'eau français à abandonner la préchloration des eaux brutes et à ne chlorer qu'en fin de filière de traitement pour limiter la formation des trihalométhanes (Merlet, 1986 ; De Laat, 1982 ; Jadas Hécart et al, 1992).

Selon Memotec (2006), le code de la santé publique reprend les valeurs de la directive européenne 98/83/CE du 3 novembre 1998, à savoir que la concentration totale en THM ne doit pas dépasser 100 µg/L. Il n'est pas mentionné de limites particulières pour chaque composé.

Par contre, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2006) a publié des valeurs guides concernant les différents composés :

300 µg/L pour le chloroforme ;

60 µg/L pour le dichlorobromométhane ; 100 µg/L
pour le chlorodibromométhane ; 100 µg/L pour le.

Bromoforme

III.2.2. La pratique de la chloration en Algérie

En Algérie, le chlore est utilisé surtout sous sa forme d'hypochlorite de sodium (eau de javel) et plus rarement sous forme de chlore gazeux (Achour, 2001). L'usage de chlore se voit en préchloration et en post-chloration.

Du fait du manque d'expérience du personnel des stations, les taux sont rarement ajustés à la qualité de l'eau et sont assez souvent fortement majorés (Achour et Moussaoui, 1993).

Des séminaires nationaux sur la désinfection ont aussi montré que la chloration est encore mal maîtrisée, pratiquée de manière aléatoire et sans réglementation précise, notamment pour la fabrication des solutions désinfectantes (Achour et Moussaoui, 1993)

VI. Quelques définitions

Avant de présenter l'action du chlore sur diverses matières de l'eau, il est utile de définir les expressions ci-dessous : (Desjardins, 1997)

Chloramine : Produit résultant de la combinaison du chlore et de l'ammoniac d'origine organique ou inorganique. C'est un antiseptique que l'on préfère employer dans certains cas à la place du chlore pour la désinfection des eaux, notamment dans le cas où celles-ci contiennent des traces de phénols : il ne se produit pas de goûts de chlorophénols.

La demande en chlore : Quantité de chlore pouvant être consommée par les éléments réducteurs de l'eau pour sa désinfection et pour la destruction des matières organiques.

La demande pour une eau donnée varie avec la quantité de chlore ajoutée, le temps de contact et la température.

Chloration au point de remontée ou chloration au point critique : Addition du chlore à l'eau jusqu'à ce que la demande en chlore soit satisfaite et que toute addition subséquente entraîne une teneur résiduelle directement proportionnelle à la quantité ajoutée au-delà du point de remontée.

VI.1. Action du chlore sur les constituants de l'eau

Effet du chlore sur les composés minéraux

VI.1.1. La composition minérale des eaux

Les eaux naturelles présentent la particularité d'avoir des compositions physico-chimiques variées. Ainsi leur minéralisation peut varier de quelques milligrammes par litre à quelques dizaines, voire centaines de grammes par litre.

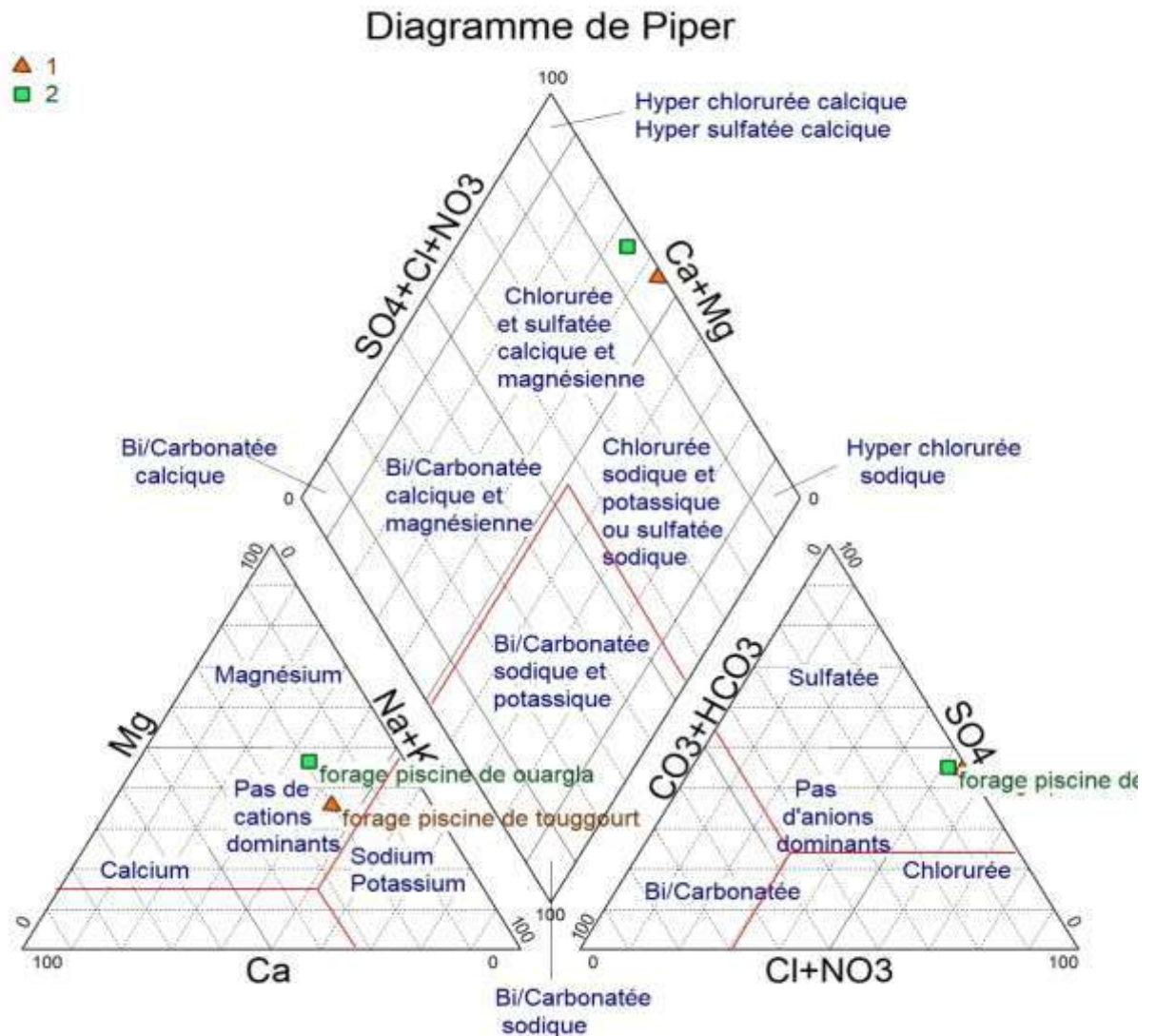
A l'exception de certaines eaux minérales froides et peu minéralisées dont la faible minéralisation constitue leur critère de spécificité, toutes les autres eaux présentent en plus, à des degrés divers, des éléments susceptibles de présenter un rôle ou une action particulière exploitée notamment en thermalisme.

Les caractéristiques minérales essentielles d'une eau naturelle sont représentées par :

- Des éléments majeurs essentiels anioniques (hydrogénocarbonates, sulfates, chlorures) etcationiques (calcium, magnésium, sodium, potassium),
- Une teneur en éléments mineurs spécifiques, naturellement présents dans l'eau, qui signent le faciès de certaines eaux : azote ammoniacal, sulfures, nitrates, fer, manganèse, fluor, bromure.

Les caractéristiques essentielles de l'eau s'acquièrent par contact de l'eau avec les formations géologiques traversées et dépendent des conditions de pression, de température et de temps de séjour (afssa, 2005).

Le diagramme de Piper peut donner le faciès chimique cationique et anioniques des eaux à partir de leur minéralisation globale (Figure N°12)

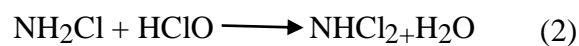


Les Figure N°12: Le diagramme de piper

VI.1.2. Interactions chlore/ éléments minéraux

a- Azote ammoniacal

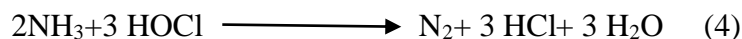
Selon Rodier (2009), l'action du chlore sur l'azote ammoniacal présente un intérêt particulier. Elle procède suivant un mécanisme complexe qui conduit en premier lieu à la formation de monochloramine (NH_2Cl) (1), puis de la di- et tri- chloramine (NHCl_2 et NCl_3) (2 et 3) :



L'ensemble de ces Chloramine minérales (ainsi que les Chloramine organiques éventuellement formées par action du chlore sur des composés organo-azotés) constitue ce que l'on appelle le chlore combiné, par opposition au chlore libre.

La présence et la concentration de ces différentes formes dépend du pH, de la température, du rapport chlore/ammoniacal et du temps de réaction.

Pour des taux de chloration plus élevés, des réactions complémentaires complexes aboutissent à la destruction des Chloramine, la réaction globale (4) étant la suivante :



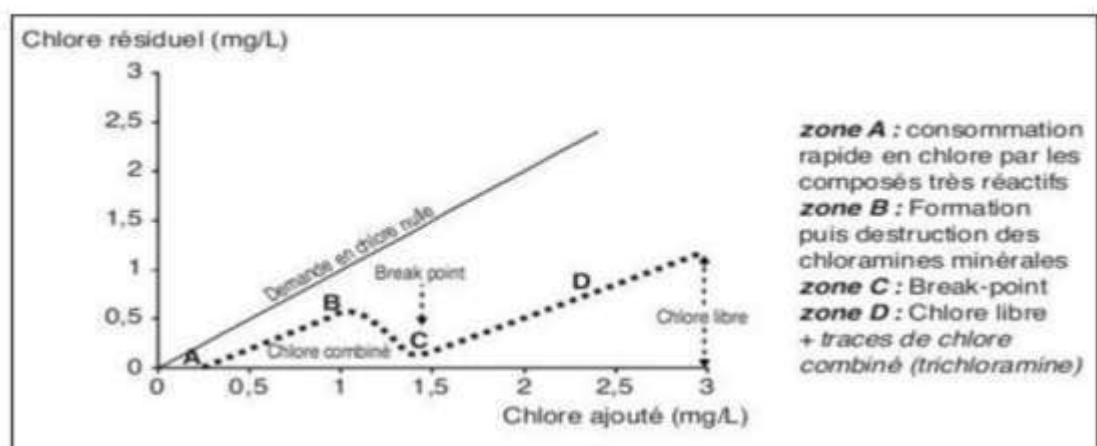
Cette réaction implique la consommation de 3 moles de chlore pour 2 moles d'azote ammoniacal, soit un rapport molaire de Cl_2/NH_3 égal à 1,5 et un rapport massique de 7,6 mg de chlore par mg d'azote.

La dose de chlore correspondant à cette stœchiométrie est appelée « break point » ou point de rupture.

La courbe ci-dessous représente une courbe typique de break-point, telle qu'on peut l'obtenir sur une eau naturelle.

Le tracé de cette courbe s'obtient en ajoutant des doses croissantes de chlore dans une série de flacons contenant un même volume d'eau.

Après un temps de contact donné (1 ou 2 heures en général) on procède au dosage du chlore total (chlore libre + chlore combiné). La présence dans les eaux de composés minéraux réducteurs et de matière organique consommatrice de chlore augmente la consommation en chlore et décale le break-point au delà de la stœchiométrie des réactions Cl_2/NH_3 (rapport massique $> 7,6$

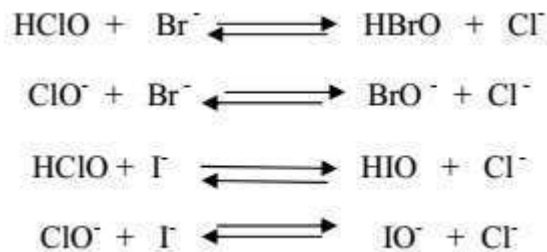


Les Figure N°13: Courbe de Break-point d'une eau naturelle (Rodier, 2009)

b- Ions bromures et iodures

Les ions iodures se trouvent dans les eaux naturelles à des très faibles concentrations, tandis que les ions bromures se rencontrent à des taux très variables. En présence du chlore, les bromures et les iodures s'oxydent facilement en iode et en brome, ces entités présentent un comportement similaire à celui du chlore. Ils réagissent en combinaison avec le chlore sur les composés organiques pour conduire aux composés organobromés et organoiodés (Merlet, 1986 ; Legube, 1996).

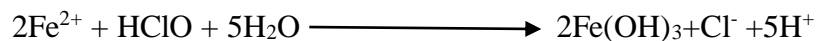
Les réactions susceptibles de se produire sont les suivantes :



c- Fer et Manganèse

L'oxydation du fer :

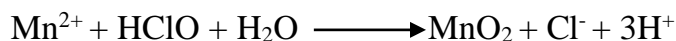
Le chlore réagit avec le fer ferreux pour le transformer en fer ferrique → l'hydroxyde ferrique est éliminé par sédimentation ou filtration comme suit :



La corrosion dans le réseau de distribution et la réaction qui s'ensuit avec le chlore peut aussi être source de formation de sulfate ferreux. La stabilité du chlore résiduel durant la distribution en sera affectée et il faudra prévoir un supplément de chlore dans le réseau de distribution pour maintenir une teneur en chlore résiduel (Seby, 2006).

Oxydation du Manganèse :

Le chlore transforme le Mn^{2+} en Mn^{4+} L'oxyde de manganèse forme une couche précipitée lors de la filtration ou dans le réseau comme suit :



c- Nitrites et sulfures

Les nitrites peuvent être présents dans les eaux à piscines ou apparaître comme des composés

transitoires lors de l'oxydation biologique de l'azote ammoniacal. Pour leur élimination, les nitrites devront être oxydés en nitrates (Rejsek, 2002). En utilisant le chlore, cette oxydation se produit selon la réaction suivante : (Doré, 1989)



Quant aux sulfures, le chlore détruit l'hydrogène sulfuré contenu dans les eaux et générateur de mauvaises odeurs, en le précipitant sous forme de soufre élémentaire ou pour former de l'acide sulfurique suivant les réactions (White, 1972)



Le tableau suivant donne une idée des doses de chlore à appliquer pour oxyder 1 mg/l des éléments inorganiques que sont le fer, le manganèse, H₂S et les nitrites. La présence de ces éléments est consommatrice de chlore qui ne sera pas disponible pour la désinfection.

Eléments	NH ₄	Fe	Mn	H ₂ S	NO ₂
Cl ₂ (mg/l)	7 à 10	0.63	1.3	3.4	1.5

Tableau N°13: Doses de chlore nécessaire à l'oxydation de 1 mg/l des éléments inorganiques (Moles, 2003)

VI.1.3. Effet du chlore sur les composés organiques

Selon Cardot (1999), Il existe trois modes d'action du chlore sur les molécules organiques. On peut citer :

- Les réactions d'oxydation sur les fonctions réductrices ou réduites ;
- Les réactions d'addition sur des liaisons insaturées ;
- Les réactions des substitutions électrophiles sur les sites nucléophiles ;

VI.1.4. Effet de la minéralisation des eaux sur la chloration des composés organiques

Dans un milieu aqueux, le chlore donne lieu à un ensemble de réactions chimiques compétitives avec le micropolluants organiques et minéraux, en particulier, les ions bromures et l'ammonium (NH₄⁺).

(Merlet et al., 1982 ; Merlet, 1986). Ainsi, la présence de certains métaux tels que le fer et le manganèse soit en solution, soit combinés à d'autres substances chimiques peut encore compliquer la réaction du chlore avec les constituants de l'eau (Knocke et al., 1990).

IV. La Désinfection Des Eaux De Piscine

IV.1. Définition de piscine

Une piscine est un bassin artificiel, étanche, rempli d'eau et dont les dimensions à un être humaine de s'y plonger au moins partiellement. De tout temps, les usages de l'eau ont eu un rôle social et sont ancrées dans les cultures du monde.

La "piscine" est appelée Terme, bain, piscine, centre nautique. Ces appellations montrent bien l'évolution de leur usage.

C'est un espace qui a toujours été accessible à tous, sans distinction sociale. Ceci est dû au fait que la piscine a des objectifs pluridisciplinaires : on y vient pour le sport et l'apprentissage, des rencontres, la détente et les loisirs. (Ribstein Adèle, 2012)

IV.1.2. Définition de piscine olympique

Une piscine semi-olympique est un type de piscine dont les dimensions conviennent aux compétitions organisées dans des grands bassins (50 mètres de longueur), en particulier l'épreuve de natation des Jeux olympiques, mais aussi les Championnats du monde de natation, par opposition aux petits bassins de 25 mètres.

IV.1.3 Définition de piscine semi olympique :

Des types de piscine dont les dimensions conviennent aux compétitions organisées dans des grands bassins (50 mètres de longueur), en particulier l'épreuve de natation des jeux olympiques, mais aussi les championnats du monde de natation, par opposition aux petits bassins de 25 mètres. (Katie Sullivan, Piscine de rêve, Ed. Atrium, 2006)

IV.2. Désinfectants des eaux de la piscine

Le traitement de l'eau d'une piscine passe par l'utilisation de produits désinfectants adaptés appelés oxydants. Ceux-ci doivent être ajustés en fonction du volume du bassin et de sa température et cela, en supplément du temps de filtration. L'eau est polluée par des éléments extérieurs : feuilles, herbes, insectes... mais aussi par les baigneurs. Pour que l'eau de la piscine reste cristalline et ne soit pas envahie d'algues, une désinfection en continu est indispensable. Plusieurs types de désinfectants permettent d'assurer un traitement continu de l'eau de votre piscine :

1) Le chlore: Le traitement d'une piscine au chlore reste la solution la plus commune. Il s'agit d'un produit chimique au fort pouvoir antibactérien et anti-algicide, capable d'éliminer les bactéries, les champignons et les algues. On peut utiliser du chlore non stabilisé qu'il faut associer à un stabilisant, car il se dégrade vite sous les rayons UV et il perd rapidement son efficacité. Mais on peut également se tourner vers du chlore stabilisé, qui contient déjà un stabilisant le rendant plus

efficace plus longtemps. Notez que le principal inconvénient du chlore, c'est qu'il se montre irritant pour les yeux, la peau et les muqueuses.

2) Traitement piscine à l'eau de javel :

L'eau de javel ou hypochlorite de sodium est un produit chloré. C'est l'ancêtre des produits générateurs de chlore. Puissant désinfectant, l'eau de javel a souvent été utilisée pour désinfecter les piscines au même titre que le chlore. désinfectant très puissant. Aucune bactérie ou germe ne lui résiste. Elle est notamment utilisée dans la désinfection des eaux du réseau, ainsi que dans les piscines publiques.

3) Le brome : Il est possible de se tourner vers le traitement d'une piscine au brome. Ce produit agit comme un désinfectant, un oxydant et un anti-algues, et il combat les microorganismes pour purifier l'eau de la piscine. Son efficacité est étroitement liée au pH qui doit être supérieur à 7. Notez qu'il est incompatible avec le chlore stabilisé ainsi que certains produits acides.

4) L'électrolyse au sel : Une autre alternative consiste à opter pour le traitement d'une piscine à l'électrolyse au sel. L'électrolyse est économique, écologique et compatible avec toutes les piscines. Ce traitement est possible grâce à l'électrolyseur qui décompose le sel présent dans la piscine pour produire un chlore naturel et non irritant.

5) Le PHMB : Moins répandu, le traitement d'une piscine au PHMB consiste à utiliser un produit, le PHMB, qui est inodore, non irritant et insensible aux UV et au pH. De plus, il présente un pouvoir rémanent qui rend l'eau désinfectante, et il agit même comme un flocculant, et participe donc au bon fonctionnement de la filtration. En revanche, il faut l'associer à un produit anti-algues car il ne combat que les bactéries et les virus.

6) Les UV : Le traitement d'une piscine aux UV consiste à utiliser un réacteur ou un stérilisateur avec lampe UV. Cette lampe diffuse des rayons UV, et l'eau est alors désinfectée, puisque ces rayons détruisent les bactéries, les virus et les champignons.

7) L'ozone : On peut se tourner vers le traitement d'une piscine à l'ozone, qui consiste à injecter un gaz, l'ozone, qui permet de désinfecter l'eau de la piscine. Il s'agit donc d'une solution naturelle, efficace contre les bactéries, les germes, les virus et les matières organiques

8) L'oxygène actif : Enfin, on peut traiter sa piscine à l'oxygène actif, qui se présente sous forme de peroxyde d'hydrogène. Ce produit est redoutable face aux microorganismes et aux algues, et il présente l'intérêt d'être écologique et de ne pas irriter la peau, les yeux et les muqueuses. En revanche, il présente un faible pouvoir rémanent qui vous oblige à l'associer à un stabilisant. De plus, il est plus efficace dans les petits bassins.

VI. Recommandations sur les eaux de la piscine

VI.1. Contexte de la réglementation :

Edicté en 1976 et révisé en 1981, le règlement sur les pataugeoires et les piscines publiques fixait

précédemment des normes de qualité de l'eau de baignade et de conception des équipements des piscines et pataugeoires, en plus d'encadrer l'installation sanitaire. (**Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs, 2007. les références citées sont détaillées à la fin du rapport.**)

On peut résumer ainsi l'objet des principales dispositions réglementaire édictées dans le règlement à l'endroit des responsables du bassin

- Le respect de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau selon les normes fixées.
- Le respect des fréquences d'échantillonnage à des fins d'analyse, établies pour les paramètres microbiologiques et physicochimiques.
- L'obligation de prélever, de conserver et de transmettre les échantillons selon les méthodes retenues
- L'obligation de prendre les mesures nécessaires pour remédier à la situation en cas de nonconformité aux normes de qualité et de procéder à la fermeture du bassin dans toutes les situations prescrites.
- L'obligation de tenir un registre quotidien des renseignements liés aux opérations exécutées, incluant les résultats obtenus, et de rendre cette information accessible à la clientèle.

(**Ministère du Développement durable 2011, de l'Environnement et des Parcs ,2011**)

VI.1.2. Recommandations du Ministère à l'égard du contenu réglementaire

- Recommandation sur la portée de la réglementation ;
- Recommandation sur les normes de qualité ;
- Recommandation sur les exigences de contrôle de la qualité ;
- Recommandation sur les méthodes de prélèvement, de conservation et d'analyse ;
- Recommandation sur les exigences d'entretien et de traitement ;
- Recommandation sur la gestion des cas de non-conformité ;
- Recommandations sur la communication. (**Gouvernement of Ontario, 2006**)

Conclusion

La désinfection avec le chlore et ses dérivés a un double but, d'une part la désinfection de l'eau et d'autre part la neutralisation par oxydation de certains contaminants minéraux ou organiques.

Son action germicide est caractérisée par un grand pouvoir de supprimer les bactéries et les virus. Pour assurer la qualité de l'eau jusqu'au moment de la consommation, il faut maintenir une

certaine quantité de chlore résiduel.

Lorsque on introduit le chlore dans une eau, on obtient des réactions avec certains produits organiques et minéraux contenus dans l'eau, ce qui augmente de façon significative la demande en chlore, réduit la quantité disponible pour contrôler les microorganismes et conduit à la formation de composés organohalogénés suspectés d'être toxiques.

L'expérience de break-point est essentielle pour toutes les eaux à désinfecter avec l'eau de javel. C'est ce que nous allons déterminer avec les eaux de forages qui alimentent les deux piscines semi-olympiques de Ouargla et Touggourt dans la partie expérimentale.

CHAPITRE III

MATERIEL ET METHODES

Introduction :

Le présent chapitre aborde les aspects de choix des forages utilisés pour alimenter les piscines d'Ouargla et Touggourt, l'échantillonnage, leurs méthodes d'analyses suivies et du matériel utilisé. Nous allons voir aussi les principales étapes de l'étude expérimentale de la chloration qui seront exposées et permettront d'appréhender la méthodologie adoptée pour la réalisation de nos essais

I. Caractéristiques des points de prélèvement :

I.1. Les points de prélèvement :

Le choix des points de prélèvement est primordial pour l'évaluation de la chloration et étude des caractéristiques de l'eau extraite du puits et utilisée pour alimenter les piscines de Ouargla et Touggourt l'eau.

I.2. Les forages de l'eau extraite du puits et utilisée pour alimenter les piscines de Ouargla et Touggourt:



Les Figure N°14: Le puit de forage piscine de Ouargla



Les Figure N°15: Le puit de forage piscine de touggourt

Le tableau suivant résume les points de prélèvement de nos échantillonnage.

	Date de Prélèvement	Heure de Prélèvement	Nature du point de prélèvement
Piscine ouargla	16/03/2022	10 :30	forage
Piscine touggourt	15/03/2022	11 :00	forage

I.3.Méthodologie d'échantillonnage :





Les échantillons d'eau des deux forages ont été prélevés manuellement dans des bouteilles en plastiques de 1,5 L, la bouteille est rincée au préalable avec l'eau à prélever puis acheminés au laboratoire «ANRH- Ouargla » pour déterminer la composition chimiques de nos échantillons.

D'autres échantillons ont été prélevés de la même manière et acheminés au laboratoire « Traitement » de notre département Génie Civil et Hydraulique où on a déterminé la demande en chlore de chaque forage.

Les analyses physiques (T, pH et conductivité électrique) ont été faites sur place.



I.3.1. Matériel pour analyses

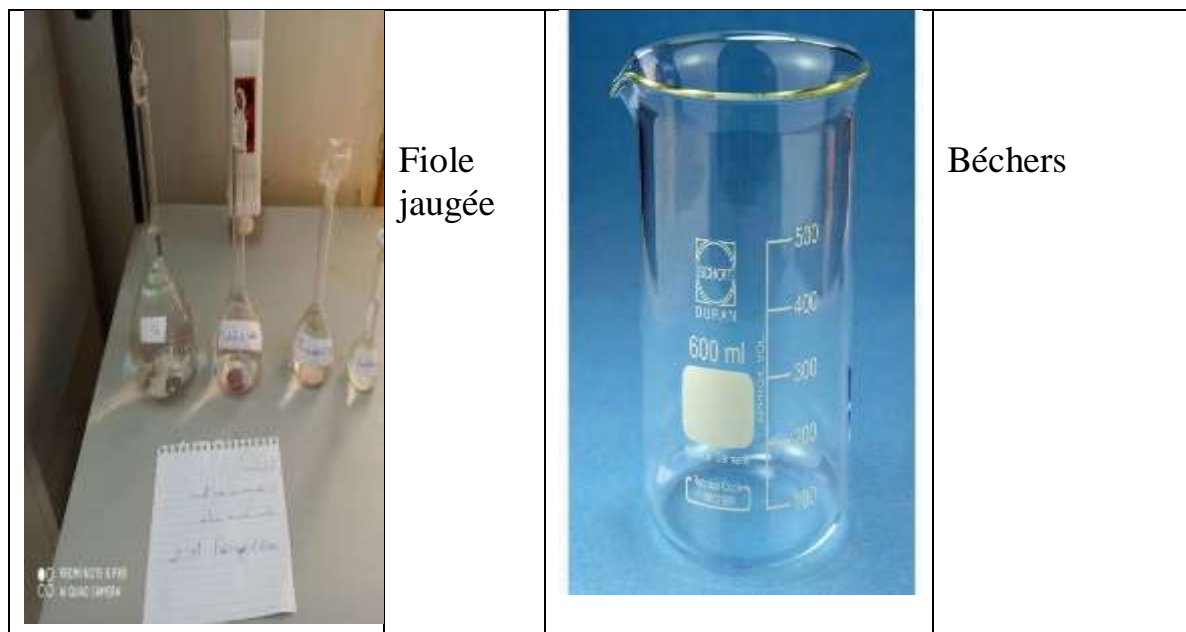
I.3.1.1. Les appareils utilisés dans le laboratoire :

Matériel		Matériel	
	balance sensible		pH mètre
	conductivité mètre		Thermomètre

Les Figure N°16: Les appareils utilisé

I.3.1.2. Les Outils utilisés dans le laboratoire:

Matériel		Matériel	
	Burette		Erlenmeyer



Les Figure N°17: Les Outils utilisé

II.Procédure expérimentale :

II.1.Préparation des Solutions : (JORA; 2007)

II.1.1.Thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2 \text{S}_2\text{O}_3$) solution 0,1N :

Dissoudre 25 g de thiosulfate de sodium pentahydraté ($\text{Na}_2 \text{S}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) en cristaux frais dans un litre d'eau bouillie puis refroid. La solution est plus stable si la verrerie est préalablement nettoyée avec de l'acide sulfochromique et rincée soigneusement avec de l'eau distillée.

II.1.2.Iodate de potassium (KI0_3) :

Peser 3,567g d'iodate de potassium, exempt d'humidité, transférer dans une fiole de 1 litre,dissoudre dans de l'eau et mélanger soigneusement : cette solution est exactement 0,1N.

II.1.3. Thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2 \text{S}_2\text{O}_3$) solution 0,01N :

Nous prenons 10 ml d'une solution 0,1 N de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2 \text{S}_2\text{O}_3$) et le mettons dans un flacon de 100 ml et y ajoutons de l'eau distillée jusqu'à 100 ml

II.1.4. Préparation de la solution de d'Amidon :

— Mélanger 0,5 g d'amidon à 5 ml d'eau froide et ajouter 95 ml d'eau bouillie. Mélanger, refroidir et stocker dans un flacon propre.

— La solution d'amidon étant instable, la remplacer souvent ou y ajouter l'équivalent de 0,1 % d'acide salicylique pour minimiser la dégradation.

II.1.5. Préparation de l'échantillons de l'eau de javel :

Une solution d'hypochlorite de sodium (eau de Javel NaOCl) de concentration 12° chlorométrique diluée dans l'eau distillée. Avant utilisation, cette solution est ramenée à pH = 7.5 à 8 par addition d'acide chlorhydrique concentré HCl. Le chlore actif est donc présent sous forme d'un mélange d'acide hypochloreux HClO et d'ions hypochlorites ClO⁻. Son titre exact en g/l puis en degré chlorométrique sont régulièrement vérifiés par la méthode iodométrique (Rodier, 1996) à l'aide de solution de thiosulfate de sodium Na₂S₂O₃, 5H₂O (N/10). La solution d'eau de javel est conservée à l'abri de la lumière.



Les Figure N°18 : Echantillon d'eau de javel commercial

II.1.6. Dilution de l'eau de javel :

Avant dosage par la méthode iodométrique, la solution d'hypochlorite de sodium est subi une dilution selon son degré chlorimétrique

Le facteur de dilution R a pour valeurs :

R = 10 pour les solutions à 10° - 12°

MATERIEL ET METHODES

R = 20 pour les solutions à 18° - 20°

R = 50 pour les solutions à 47° - 50°

II.1.7. Autres réactifs utilisés :

- Acide acétique (CH_3COOH)

- Iodure de potassium pur KI

III. Dosage par titrages :

III.1. Titrage de la solution de thiosulfate de sodium :

Le titrage de la solution de thiosulfate de sodium est effectué à l'aide d'une solution d'iodate de potassium (KIO_3) préparée .

Pour titrer la solution de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), prendre 50 ml de la solution d'iodate déjà préparée, le verser dans un erlenmeyer 250 ml, diluer 100 ml avec de l'eau distillée et ajouter 1g d'iodure de potassium en cristaux. Après dissolution de KI, additionner 15 ml d'HCl 0,1 N et titrer immédiatement après avec la solution de (N) Dès que la solution vire au jaune, ajouter 1 ml de solution d'amidon (indicateur) et compléter le titrage jusqu'à disparition de la coloration bleue.

La normalité de la solution ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) est égale à :

$$\frac{50 \cdot 0,1}{V_T}$$

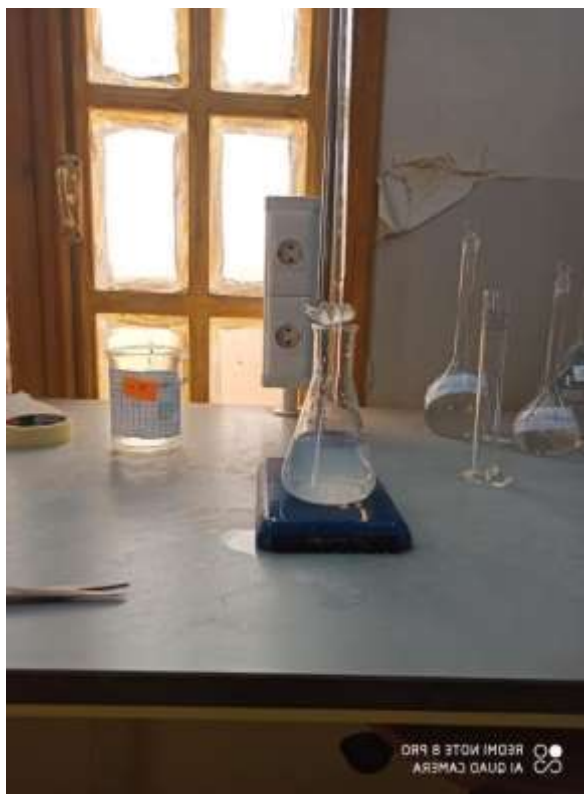
V_T : est le volume, en millilitres, de la solution ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) requis pour titrer la solution de KIO_3 .

50 : est le volume, en millilitres, de la solution KIO_3 .

0,1 : est la normalité de la solution KIO_3



Figure N°19: préparation de la solution utilisée



Les Figure N°20: Titrage de la solution Thiosulfate de sodium

III.2. Dosage de l'eau de javel :

Le dosage du chlore dans l'eau de javel est déterminé par la méthode iodométrique, selon Tardât – Henry et Beaudry, (1984)

➤ Principe de méthode

La méthode iodométrique est une méthode d'oxydoréduction. Ce dosage comporte deux étapes :

1. On ajoute un excès d'iodure de potassium (KI) qui par oxydation libère une quantité équivalente d'iode. Cette réaction se fait en milieu acide à un pH de 3 à 4. L'acide acétique est préféré à un acide fort pour ce dosage.
2. L'iode ainsi libéré est dosé par une solution normalisée de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2 \text{S}_2\text{O}_3$)

➤ Etapes de l'analyse

Dans un erlenmeyer de 250 ml, dissoudre 2 à 3g d'iodure de potassium (KI.) dans 50 ml d'eau. Ajouter 10 ml d'acide acétique (CH_3COOH), puis verser la prise d'essai (III.1.5.) dans l'erlenmeyer en maintenant l'extrémité de la pipette sous la surface du liquide.

Titrer l'iode qui se III.1.1.). Quand la solution vire du brun foncé au jaune pâle (couleur paille) ajouter 1 ml de la solution d'amidon (III.1.4.) et continuer à titrer jusqu'à disparition de la couleur bleue. Noter le volume de thiosulfate utilisé.

Expression des Résultats :

- Teneur en chlore actif pendant le titrage .
- Chlore actif, en **g/l**
- **3, 546 . N . V . R**

N : est la normalité en une seule étape à l'aide de la solution de thiosulfate de sodium (normalité de la solution de thiosulfate de sodium utilisée .

V : est le volume, en millilitres, de la solution de thiosulfate de sodium consommé

R : est égal au rapport $V1/V2$ dans lequel **V1** est le volume, en millilitres, du matras jaugé servant à la dilution et **V2** le volume, en millilitres, de la solution d'hypochlorite de sodium ayant servi à la préparation de la dilution Pour les différentes solutions d'hypochlorite de sodium le facteur **R** a pour valeurs .

R = 10 pour les solutions à $10^\circ - 12^\circ$.



Les Figure N°21 : Dosage eau de javel

IV.1. Demande en chlore :

Selon Rodier (2009), la détermination de la demande en chlore est comme suit :

IV.1.1. Objectif de la méthode :

Déterminer la demande en chlore d'une eau permet d'évaluer le taux de chloration à appliquer à l'eau à traiter pour obtenir une teneur résiduelle en chlore donnée, après un temps de contact fixé et à une température donnée.

Cette demande en chlore doit être effectuée en fonction des objectifs de la détermination et dans les conditions pratiques de l'installation : température de l'eau, temps de stockage de l'eau chlorée dans le réservoir (en général 1 à 2 heures) ou temps de séjour de l'eau dans le réseau (quelques heures à quelques dizaines d'heures).

IV.1.2. Principe :

Dans une série de flacons contenant un même volume d'eau à analyser, on ajoute des concentrations croissantes de chlore. La demande en chlore de l'eau est donnée par le premier flacon dans lequel on détecte la présence de chlore libre après un temps de contact déterminé (généralement 1 à 2 heures).

IV.1.3. Description des essais de chloration :

Nos essais ont été réalisés dans des fioles de 100 ml. L'oxydation par le chlore est réalisée à une température ambiante (18 à 20 ° C), par ajout de micro volumes d'eau de javel diluée au 1/10. Après agitation les fioles sont maintenues à l'obscurité.

Ce mode opératoire a été suivi afin de déterminer les consommations en chlore par nos échantillons. Le chlore consommé est déduit de la différence entre le chlore introduit et le chlore résiduel mesuré



Les Figure N°22: Break point Chloration

IV.1.4. Dosage de chlore résiduel

Le dosage de chlore résiduel se fait dans ce cas par la solution de thiosulfate diluée (0.01N)

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de présenter la procédure expérimentale à suivre pour la réalisation de nos essais en laboratoire. Nous avons ainsi décrit d'une part, la préparation des solutions et d'autre part les méthodes de dosages.

CHAPTER IV

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Introduction :

Au cours de ce chapitre, nous allons faire une étude sommaire de la qualité physicochimique des eaux extraites du puits et utilisée pour alimenter les piscines de Ouargla et Touggourt. Les résultats des essais de la demande en chlore vont aussi présentés et inerpétés.

I.Les analyses physico-chimiques l'eau extraite du puits et utilisée pour alimenter les piscines de Ouargla et Touggourt l'eau :

I.1.Résultats d'analyses physico- chimique :

Les résultats d'analyses physico-chimiques l'eau extraite du puits et utilisée pour alimenter les piscines de Ouargla et Touggourt l'eau sont représentés dans le tableau suivant :

Paramètres	Symbole	Unité	Forage Piscine Ouargla	Forage Piscine Touggour	Normes (JORA; 2007)
Acidité	PH	0-14	8.18	7.80	6.5 à 8.5
Conductivité	CE	mS/cm	3.08	6.99	/
Calcium	Ca ²⁺	mg/L	164.2	321	200 à 400
Magnésium	Mg ²⁺	mg/L	145.9	207.4	75 à 200
Potassium	K ⁺	mg/L	18	42	200
Sodium	Na ⁺	mg/L	383	920	150
Chlorure	Cl ⁻	mg/L	518	1506.3	100 à 500
Sulfates	SO ₄ ⁻	mg/L	836	2250	200 à 500
Carbonate	HCO ₃ ⁻	mg/L	103.70	106.75	/

Tableau N°14 : Les résultats d'analyses physico-chimiques l'eau extraite du puits et utilisée pour alimenter les piscines de Ouargla et Touggourt l'eau

I.1.1. Interprétation des résultats :

-Les résultats (tableau 10) montrent que les eaux ont des valeurs de pH comprises entre 7.8 et 8.18.

Selon les normes algériennes de l'eau de piscine, le pH est fixé entre 6,5 et 9,00, les valeurs des eaux de forages ne dépassent pas cette norme (**JORA, 2011**).

Au cours de tous ces résultats, il apparaît que le pH de toutes les eaux est voisin de la neutralité.

-Les valeurs moyennes de la conductivité pour les 2 forages varient, ils ont une valeur

minimale de 3.08 mS a forage piscine de Ouargla et atteint une valeur maximale de 6.99 mS/cm pour le Forage piscine de Touggourt

- Toutes les valeurs mesurées de la conductivité indiquent une minéralisation élevée
- Les fortes teneurs en calcium et magnésium se traduisent par une dureté excessive.

I.1.2. Les faciès chimiques

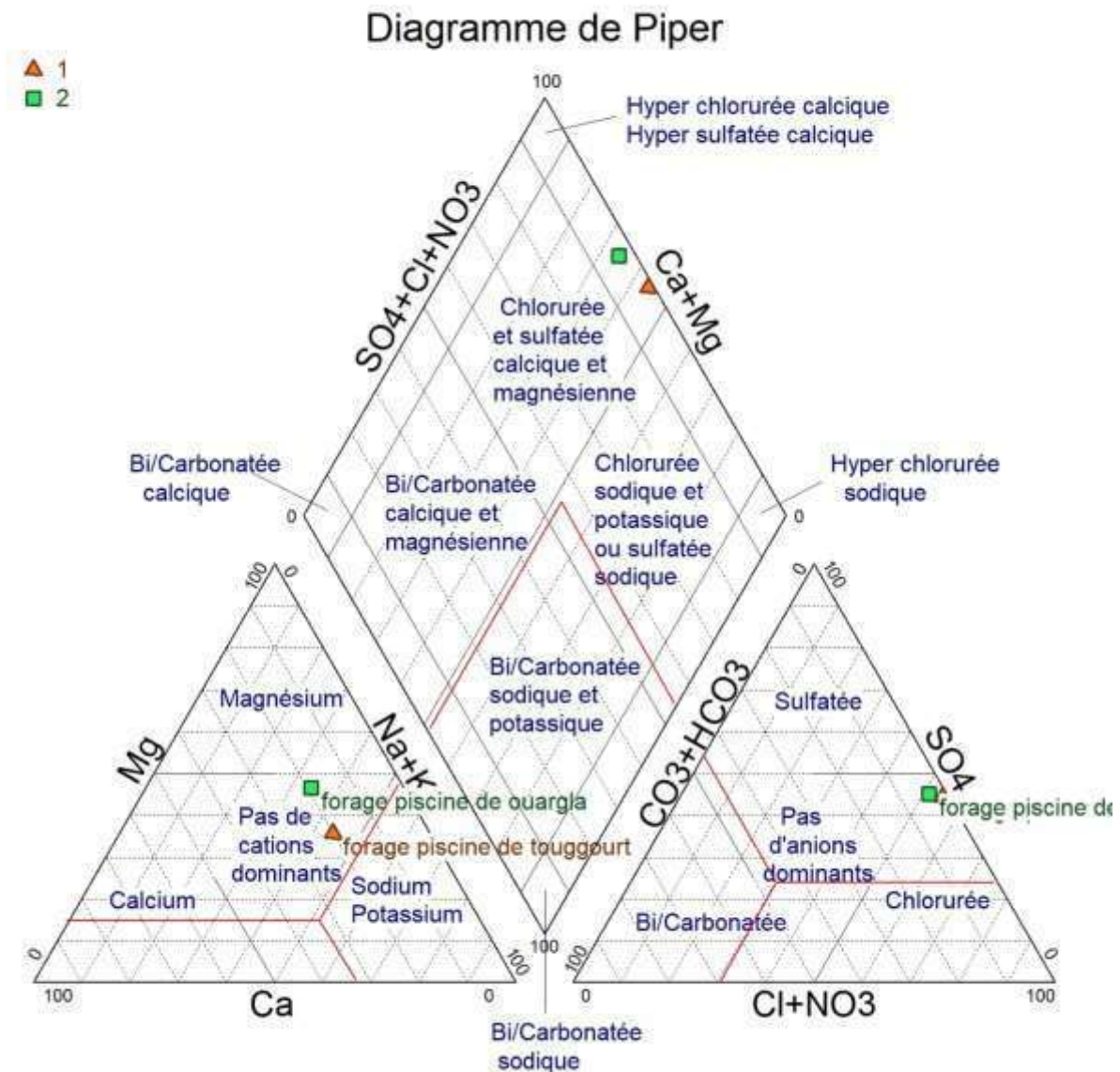


Figure N° 23: Diagramme de piper forage piscine de Touggourt et Ouargla

I.1.3. Résultat des diagrammes de Piper :

Le diagramme de piper montre une prédominance des ions chlorures et sulfates dans les échantillons d'eau forage piscine de Ouargla et Touggourt ce qui traduit un faciès chloruré

fortement sulfaté pour les deux eaux de forage. Par ailleurs, les deux eaux de forages sont équilibrées par rapport aux cations .

II.2.1. Résultats

Afin d'observer l'influence du taux de chloration sur nos échantillons vis-à-vis du chlore, on a ajouté des doses croissantes de chlore variant de 0 à 0.144 mg/l de Cl₂, dans une série de fioles contenant 100 ml les eaux des forages étudiés. Après agitation et un temps de contact d'une heure, nous avons dosé le chlore résiduel par la méthode iodométrique, les résultats regroupés dans les tableaux 15 et 16 nous donnent le graphique du Break Point.

Cl₂ 100 ml intr (mg/l)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
Cl₂ intr (mg/l)	0	0,012	0,024	0,036	0,048	0,060	0,072	0,084	0,096	0,108	0,120	0,132	0,144
Cl₂ résid_{1h} (mg/l)	0	0,35	0,88	1,06	1,24	0,70	0,53	0,65	0,070	0,80	0,88	1	1,24

Tableau N° 15: L'évolution de la concentration du chlore résiduel total en fonction de la dose de chlore introduite. Forage piscine Touggourt

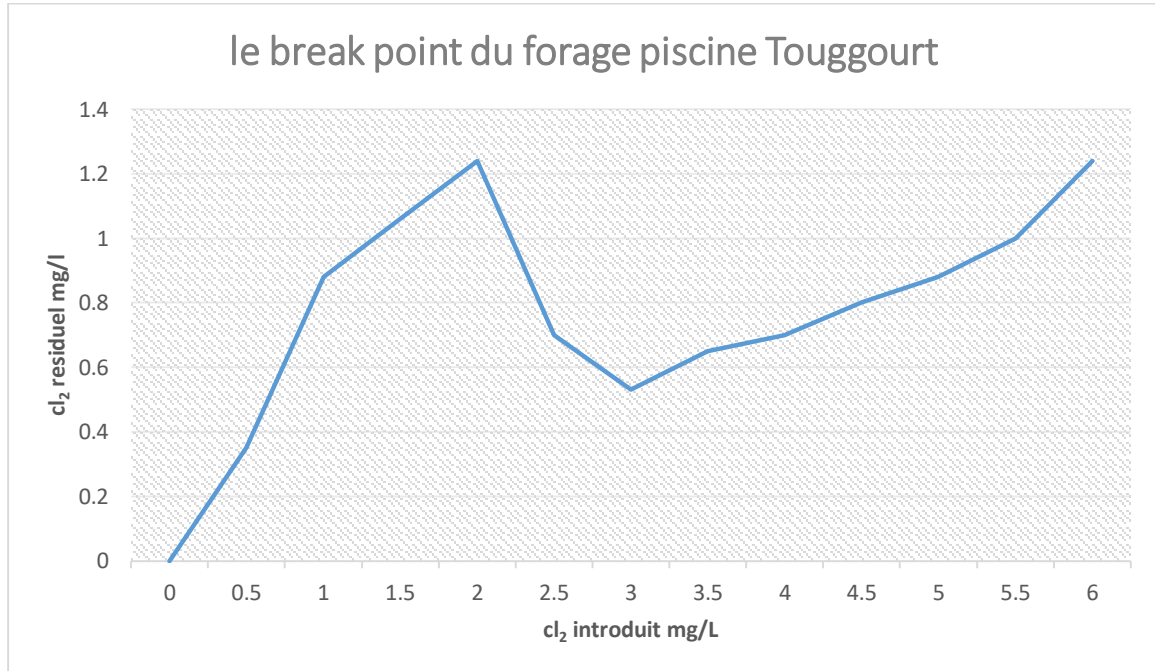


Figure N° 24: L'évolution de la concentration du chlore résiduel total en fonction de la dose de chlore introduite. Forage piscine Touggourt

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Cl ₂ 100 ml intr (mg/l)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
Cl ₂ intr (mg/l)	0	0,012	0,024	0,036	0,048	0,060	0,072	0,084	0,096	0,108	0,120	0,132	0,144
Cl ₂ résid1h (mg/l)	0	0,05	0,075	0,1	0,15	0,15	0,125	0,075	0,125	0,21	0,26	0,35	0,40

Tableau N°16 : L'évolution de la concentration du chlore résiduel total en fonction de la dose de chlore introduite. Forage piscine Ouragla

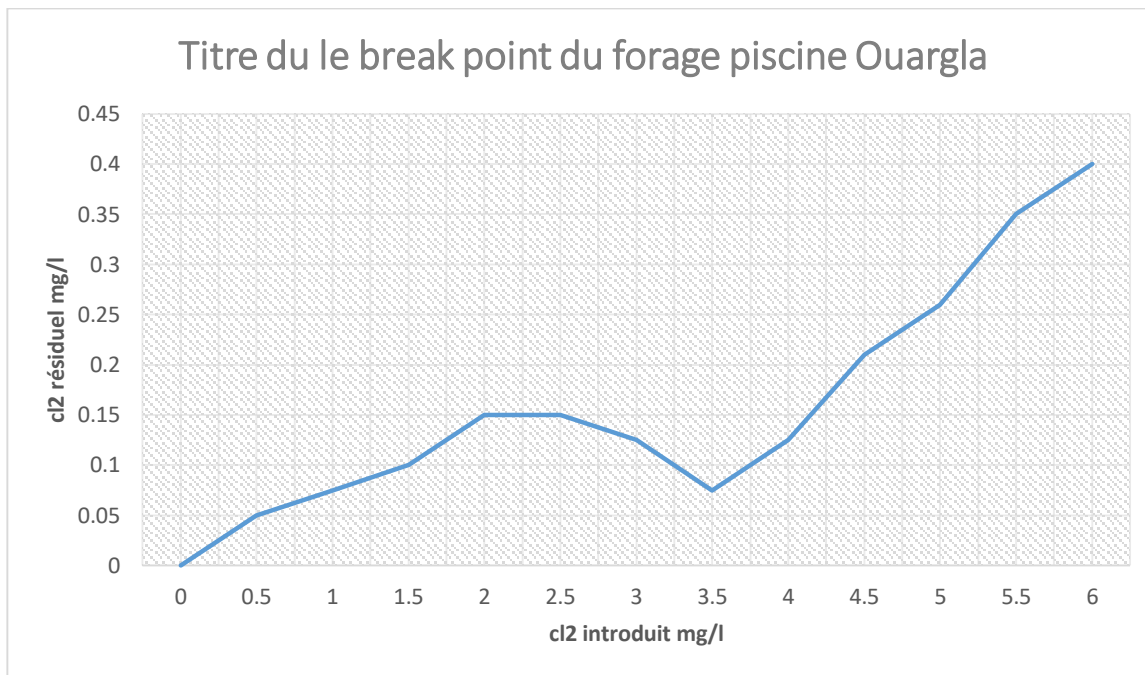


Figure N°25 : L'évolution de la concentration du chlore résiduel total en fonction de la dose de chlore introduite. Forage piscine Ouragla

II.2.2. Interprétation des résultats

A travers les figures 24 et 25 et après 1 heure, nous pouvons observer que la courbe représentant l'évolution du chlore résiduel total en fonction du chlore introduit représente un point de rupture. En effet cette courbe peut être décomposée en 3 parties principales :

1. La demande de chlore est la différence qui existe entre la quantité de chlore appliquée à l'eau et celle de chlore libre disponible. Ainsi on peut considérer que la demande de chlore correspond à peu près à la dose dans lequel le point de rupture est atteint.
2. Quand ces substances ont été détruites, il commencerait une étape dans laquelle se formeraient les composés chlorés, principalement les chloramines, qui agiraient comme chlore résiduel, ce qui donnerait un certain caractère désinfectant au système.
3. Après le point de rupture (break point) tout le chlore qu'on ajoute, reste comme chlore libre. à cet effet, on considère qu'à partir de ce point, on a la désinfection proprement

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

4. dite comme l'élimination de microorganismes par le chlore et l'eau contient une valeur donnée du chlore libre résiduel.

Donc, à partir des courbes de détermination de la demande en chlore, on a pu constater les indicateurs de la demande en chlore qui sont : le break point et la demande en chlore de chaque échantillon de ces forages qui sont résumées dans le tableau suivant :

Paramètres	Forage piscine ouragla	Forage piscine touggourt
le point de rupture (mg/l)	3.5	3
La demande en chlore (mg/l)	0.075	0.53

Tableau N°17 : le point de rupture et la demande en chlore

II.2.3. Le Break Point :

C'est le point que nous appelons le point de rupture Un point où le chlore ne peut pas être combiné avec d'autres substances À ce stade, plus nous ajoutons de chlore, plus la concentration résiduelle de chlore est élevée.

Parce que le chlore reste avec de la matière organique et des bactéries fer-manganèse c'est ce que l'on attend du point de réfraction qui est de laisser du chlore libre.

CONCLUSION :

La demande de chlore est la différence qui existe entre la quantité de chlore appliquée à l'eau et celle de chlore libre disponible. Ainsi on peut considérer que la demande de chlore correspond à peu près à la dose dans lequel le point de rupture est atteint.

Le chlore libre résiduel peu apparaître sous forme de Cl_2 , $HClO$ et/ou ClO^- ,

CONCLUSION GÉNÉRALÉ

L'objectif de notre étude a été caractériser les eaux forage de la piscine de Touggourt et de Ouargla en déterminant leur minéralisation globale ainsi que leur demande en chlore.

-Dans ce contexte, nous avons tenté de donner un aperçu général sur la ville étudiée et piscine de Touggourt et Ouargla et les deux forage les caractéristiques de l'eau extraite du puits et utilisée pour alimenter les piscines.

-Comme nous avons expliqué le terme de désinfection, donné les principaux types de désinfectants utilisés et traité par la suite la désinfection au Chlore.

En outre les principales méthodes expérimentales et étapes suivies au cours des essais de la demande en chlore sont représentés dans le premier chapitre expérimental.

-Dans le deuxième, on a représenté les valeurs de la demande en chlore des eaux extraites du puits et utilisées pour alimenter les piscines de Ouargla et Touggourt, qui sont respectivement 0,075 et 0,530 mg/l.

-Les résultats obtenues expérimentalement sur la base de la courbe de le point de rupture montre que la minéralisation globale des eaux de forage a un effet important sur la consommation de chlore. Plus la minéralisation est élevée, le cas des eaux de Touggourt (au minimum 2 fois plus celle de Ouargla), plus la demande en chlore est élevée (demande 7 fois plus).

Références bibliographiques

Achour. S ; (1991), La chloration des eaux de surface et ses effets sur la formation de composés organohalogénés toxiques, Thèse de Magister, ENP, Alger, Algérie.

Achour. S, Moussaoui. K; (1993), La chloration des eaux de surface algériennes et son incidence sur la formation des composés organohalogénés, Environ.Tech, 14,885-890.

ADE : Algerienne Des Eaux les analyses d'eau de la région de Touggourt et Ouargla

Afssa ; (2005), Agence Française De Sécurité Sanitaire Des Aliments. Evaluation de la stabilité de la composition des eaux minérales naturelles, rapport de comité d'experts spécialisé « Eaux », p9.

A.N.R.H. Agence national des ressources hydrique, (Ouargla) et (Touggourt), les logs stratigraphiques Des forages.

Beaudry. J.P ; (1984), Traitement des eaux, Edition le griffon d'argile,INC Quebec, Canada.

Boisdon.V ; (1995), Efficacité de la désinfection par les procédés d'oxydation chimique et de rayonnement ultraviolet, T.S.M, 3,228-235.

Cardot. C ; (1999), Les traitements de l'eau : Procédés physico-chimiques et biologiques, cours et problèmes résolus, Ellipses Edition Marketing S.A, Paris, France.

Cheval .A ; (1982), La désinfection des eaux de consommation, Ed Office international de l'eau.

Croué. J. P ; (1987), Contribution à l'étude de l'oxydation par le chlore et l'ozone d'acides fulviques naturels extraits d'eaux de surface, Thèse de Docteur d'Université, Poitiers, France.

Degrémont ; (1989), Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, 9^{ème} édition, Tome I, Lavoisier éditeur (Technique et documentation), Paris, France, ISBN 2-9503984-0-5, 592 p.

Deguin. A ; (1996), Maitrise de la désinfection de l'eau et des sous-produits de désinfection, T.H.M, 7-8, 516-522.

Desjardins. R ; (1997), Le traitement des eaux, 2^{ème} édition, Revue et amélioré Edition de l'école poly technique, de Montréal, Canada.

Doré. M ; (1989), Chimie des oxydants et traitements des eaux. Edition technique et documentation, Lavoisier, Paris, France.

Ellis. K. V; (1991), Water disinfection: A review with some consideration of the requirement of the third word, Crit. Rev. Environ. Control, 20, 5-6, 341-407.

FINA Elle que définie par les spécifications de la Fédération internationale de natation

F. P .P Document réservé adhérent

Gouvernement of Ontario, 2006 Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2013

ISBN 978-2-550-68222-6 (PDF) Page 8 -23

(JORA; 2007), le journal officiel de la république algérienne N° 13 du 21 février 2007 page 19-20

Katie Sullivan, Piscine de rêve, Ed. Atrium ,2006

Kemmer. F ; (1984), Manuel de l'eau, Ed. Technique et documentation, Lavoisier, Paris, France.

«**laboratoire Traitement** » de notre département Génie Civil et Hydraulique

Memotec ; (2006), La problématique des THM dans l'eau destinée à la consommation humaine, séminaire n°9, révision A, France.

Merlet. N ; (1986), Contribution à l'étude du mécanisme de formation des THM et des TOX non volatils lors de la chloration de molécules modèles, Thèse de Doctorat Es-Sciences physiques, Université de Poitiers, France.

Michel. M ; (1993), Organisation de la sécurité des réseaux de distribution d'eau potable. La Houille blanche 1, 38-42.

Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs, 2007.les références citées sont détaillées à la fin du rapport.

Moles. J ; (2003), La désinfection en eau potable, TEE- 03.241R-LDR/RA, France.

(Myrand, 2008) : Guide technique : captage d'eau souterraine pour des résidences isolées, Québec.

OMS ; (2006), Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006, Organisation Mondiale de la Santé, Genève, Suisse.

Rejsek.F ; (2002). Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques, centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine, France.

Rodier. J ; (2009), L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9^{ème} édition, Dunod, Paris, France, 1600p.

SAGEP ; (2006), Société Anonyme de Gestion des Eaux de Paris, Traitement De Potabilisation Des Eaux De Surface Désinfection, conf 2006/64.

Saint. B ;(2011), Journée d'information & d'échanges des fontainiers, La désinfection de l'eau, France.

Tchobanoglous. G, Burton. F, Stensel. H.D; (2003), Wasterwater Engineering, Traitment and Reuse, 4th Ed, Mc Graw – Hill Higher Publication, Metcaf & Eddy, Inc, New York, 1218-1244.

Wastewater disinfection; (2000), Water and waste water treatment, A Guide forNonenginaring professional, Naucy E.whiting and Joanne E.Driren, pages 207-220.

White.G. C; (1972), Handbook of chlorination, Ed. Van Nostrand, New York, chap 1, 10.

ملخص :

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم خصائص المياه المستخرجة من البئر والمستخدمه لتزويد بركتي ورقلة وتقرت. حيث مكنت الدراسة من مقارنة الخواص الكيميائية والفيزيائية للماء (Mg, Na, K, Cl, SO₄, HCO₃) ,ملوحة درجة الحموضة الموصلية) للبئرين (ورقلة وتقرت) والتحقق من تأثير ملوحة مياه البئر على كمية التبييض اللازمة لخطوة التطهير.تهدف هذه الدراسة إلى تقييم خصائص المياه المستخرجة من البئر والمستخدمه لتزويد بركتي ورقلة وتقرت. حيث مكنت الدراسة من مقارنة الخواص الكيميائية والفيزيائية للماء (Mg Na K Cl SO₄ HCO₃) ملوحة درجة الحموضة الموصلية) للبئرين (ورقلة وتقرت) والتحقق من تأثير ملوحة مياه البئر على كمية التبييض اللازمة لخطوة التطهير.

الكلمات المفتاحية: التطهير ، كمية طلب الكلور ، نقطة الانكسار ، الكلورة

Résumé :

Cette étude vise à évaluer les caractéristiques de l'eau extraite du puits et utilisée pour alimenter les piscines de Ouargla et Touggourt l'eau . OÙ une étude a permis de comparer les propriétés chimiques et physiques de l'eau (Mg, Na ,K, Cl ,SO₄ ,HCO₃ salinité pH conductivité) des deux puits(Ouargla et Touggourt) et de vérifié l'effet de la salinité des eaux de puits de forage sur la quantité d'eau de javel nécessaire pour l'étape de la désinfection.

Mots-clés : désinfection, demande en chlore , le point de rupture, chloration

Abstract:

This study aims to evaluate the characteristics of the water extracted from the well and used to supply the two wells, ouargla and Touggourt. The study enabled a comparison of the physical properties of water(Mg.Na.K.Cl.SO₄.HCO₃), salinity, conductive pH (for the two wells) and the effect of salinity The well water depends on the amount of bleach needed for the disinfection step.

Keywords: , disinfection, chlorine demand ,le break point, chlorination.