

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université SAÁD DAHLAB -BLIDA-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie et Physiologie Cellulaire



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Option : Eau, Environnement et Santé publique

Thème :

**Evaluation de la qualité des eaux de réservoirs de la wilaya de
Blida et détermination des Trihalométhanes par méthode CPG
couplée au Headspace**

Présenté par :

BENAROUS Mohamed Elamine

CHAIBI Zineb

Devant le jury :

Mme HAMZI W.	MAA	USDB	Présidente
Mme HAMAIDI F.	MCA	USDB	Promotrice
Mme CHAICHI W.	MAA	USDB	Examinatrice
Mr HARRAOUI S.	Ingénieur	ADE	Co-promoteur

Soutenu publiquement le 17-09-2017

REMERCIEMENTS

Merci au bon Dieu

Qui nous 'a permis de faire ce travail, merci,

Ce travail n'aurait pas été possible sans le soutien de nombreuse personne qui par leurs aides, leurs conseils, leurs supports inconditionnels, leur amitié ou leur affection et leurs encouragements à aller jusqu'au bout. Que toutes ces personnes trouvent ici l'exception de notre vive reconnaissance.

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire central de l'Algérienne Des Eaux (ADE) d'Alger et du laboratoire de l'ADE unité de Chiffa.

Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus vifs à notre promotrice Mme HAMAIDI F. de l'université de Blida-1-, qui a su nous guider et nous aider dans ce travail avec beaucoup de tact et de gentillesse.

Egalement nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers notre Co-encadreur Monsieur HARRAOUI S. qui nous 'a épargné aucun effort pour nous guider au sein du laboratoire de l'Algérienne Des Eaux.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du Jury Mme HAMZI W. et Mme CHAICHI W. pour l'intérêt qu'elles ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Merci à tous les enseignants qui ont contribués à notre formation ainsi que le personnel administratif du département.

DÉDICACES

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,

L'amour, le respect, la reconnaissance...

Aussi, c'est tout simplement que

Nous dédions

Ce travail

À toute la famille BENAROUS

À toute la famille CHAIBI

À toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail

RÉSUMÉ

En Algérie, la chloration de l'eau est le procédé de désinfection le plus utilisé pour réduire l'incidence des maladies hydriques et assurer une eau de bonne qualité pour la population sans risque pour la santé. Toutefois, la réaction entre le chlore et la matière organique présente naturellement dans l'eau entraîne la formation de sous-produits de désinfection toxiques (SPD). Parmi ces SPD, on retrouve notamment les Trihalométhanes (THM). Ces derniers possèdent un potentiel cancérigène.

Les analyses physico-chimiques dans les eaux des réservoirs de la wilaya de Blida (50 Km d'Alger) montrent des valeurs qui sont comprises entre 12.5 °C et 25.2 °C pour la température (la norme Algérienne fixe une valeur indicative de 25°C), 7.28 et 8.15 pour le pH (la norme Algérienne mentionne une valeur indicative de $\text{pH} \geq 6.5$ et ≤ 9), 0.08 et 1.04 mg/L pour l'oxydabilité (la norme Algérienne fixe une valeur limite de 5 mg/L), 0.12 et 1.34 mg/L pour le carbone organique total (la norme Française indique une valeur de 2 mg/L), et des teneurs entre 0 et 0.7 mg/L en chlore (la norme Algérienne indique une valeur de 5 mg/L).

La détermination des Trihalométhanes dans les eaux des réservoirs a été réalisée par la méthode chromatographie en phase gazeuse couplée au « Headspace ». Les résultats montrent des concentrations inférieures à 5 µg/l pour les quatre composés de Trihalométhanes (le décret exécutif N° 14-96 du 04/03/2014 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine du Journal Officiel de la République Algérienne mentionne des valeurs limites 200 µg/L pour le Chloroforme, 100 µg/L pour le Bromoforme, 100 µg/L pour le Dibromochlorométhane et 60 µg/L pour le Bromodichlorométhane).

Mots clés : Chloration, Désinfection, Sous-produits, Trihalométhanes, Réservoirs, Matière organique.

ABSTRACT

in Algeria, water chlorination is the most widely used disinfection method to reduce the incidence of waterborne diseases and ensure good quality water for the population without health risk, however the reaction between chlorine and organic matter present naturally in water causes the formation of by-products of disinfection, among these by-products one finds in particular the Trihalomethanes, which have a carcinogenic potential

the physicochemical analyses in the reservoir waters of Blida (50 km from Algiers) show values between 12.5 ° C and 25.2 ° C for temperature (the Algerian standard sets an indicative value of 25 °C), 7.28 and 8.15 for pH (the Algerian standard mentions an indicative value of $\text{pH} \geq 6.5$ and ≤ 9), 0.08 and 1.04 mg / L for oxydability (the Algerian standard sets a limit value of 5 mg/L), 0.12 and 1.34 mg / L for total organic carbon (the French standard indicates a value of 2 mg/L), and levels between 0 and 0.7 mg / L chlorine (the Algerian standard indicates a value of 5mg/l).

The determination of Trihalomethanes in the reservoir waters was carried out by gas chromatography method coupled to Headspace, the results show concentrations of less than 5 µg/L for the four parameters of Trihalomethane (the executive decree N° 14-96 of 4 march 2014 on the quality of drinking water in the official journal of the republic of Algeria sets a value of 200 µg/L for the Chloroform, 100 µg/L for Bromoform, 100 µg/L for Dibromochloromethane and 60 µg/L for the Bromodichloromethane.

Key words: Chlorination, Disinfection, By-products, Trihalomethanes, Reservoirs, Organic matter.

ملخص

في الجزائر، تعد عملية تنقية المياه بالكولر عملية التطهير الأكثر استخداما على نطاق واسع للحد من انتشار الامراض المنقولة عن طريق المياه وضمان نوعية جيدة للسكان دون مخاطر صحية، الا ان التفاعل بين الكولر والمواد العضوية الموجودة بشكل طبيعي في الماء يسبب تشكيل مواد تدعى SPD من بينها نجد على وجه الخصوص THM هذا الأخير يمتلك إمكانيات مسرطنة.

تظهر التحاليل الفيزيائية والكيميائية في مياه الخزانات لولاية البلدية (50 كم عن العاصمة الجزائر) القيم بين 12.5 و25.2 درجة مئوية لدرجة الحرارة (يشير المعيار الجزائري الى قيمة ارشادية 25 درجة مئوية)، و7.28 و8.15 لدرجة الحموضة (المعيار الجزائري حدد قيمة ارشادية من 6.5 الى 9 لدرجة الحموضة) وبين 0.08 و1.04 مغ/ل بالنسبة للأكسدة (يحدد المعيار الجزائري قيمة لا يجب تجاوزها تقدر ب 5 مغ/ل)، و0.12 و1.34 مغ/ل للكربون العضوي الكلي (يشير المعيار الفرنسي الى قيمة 2 مغ/ل) والمستويات بين 0 و0.7 مغ/ل من الكولر (يشير المعيار الجزائري الى قيمة الحد 5 مغ/ل).

تم تحديد ال THM في مياه الخزانات بواسطة التحليل الكروماتوغرافي للغاز مقترنة ب« Headspace » ، تظهر النتائج تركيزات اقل من 5 ميكروغرام/ل للمقاييس الأربعة لل THM (المرسوم التنفيذي رقم 14-96 المؤرخ 4 آذار/ مارس 2014 بشأن نوعية المياه الصالحة للشرب للجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية حدد القيم 200 ميكروغرام/ لتر بالنسبة للكوروفورم، 100 ميكروغرام/ لتر بالنسبة للبروموفورم، 100 ميكروغرام/ لتر بالنسبة للديبروموكوروميثان و القيمة 60 ميكروغرام/ لتر بالنسبة للبروموديكوروميثان).

كلمات مفتاحية: التطهير، معالجة بالكولر، SPD، THM، خزانات المياه، مواد عضوية.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACP : Analyse en Composantes Principales

ADE : Algérienne Des Eaux

BDCM : Bromodichlorométhane

CIRC (IARC): International Agency for Research on Cancer

COT : Carbone Organique Total

CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse

DBCM : Dibromochlorométhane

DPD N°1 : NN-Diéthyl-Paraphénylène-Diamine

ECD : Détecteur à Capture d'Électron

GC: Gaz Chromatography

IMn: Indice Permanganate

ISO : Organisation Internationale de Standardisation

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

MON : Matière Organique Naturelle

NA : Norme Algérienne

NE : Norme Européenne

NF : Norme Française

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OTZ : Acide 2 Oxothiazolidine-4-Carboxylique

pH : Potentiel d'Hydrogène

SPC : Sous-produits de Chloration

SPD : Sous-produits de la Désinfection

THM: Trihalométhanes

UV: Ultraviolet

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	Page
Tableau I	Propriétés physicochimiques des Trihalométhanes.	5
Tableau II	Classification cancérogène des quatre composés de THM	13
Tableau III	Résultats d'analyses des quatre THM	32
Tableau IV	Résultats des analyses physicochimiques	Annexe I
Tableau V	Normes physicochimique de potabilité (JORA)	Annexe II
Tableau VI	Normes Française sur l'eau potable	
Tableau VII	Normes OMS pour l'eau potable	

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
Figure 1	Mécanisme de formation des THM	8
Figure 2	Etapas du métabolisme d'un trihalométhane	11
Figure 3	La station du traitement de Soumâa	15
Figure 4	Deux réservoirs de l'hôpital Frantz Fanon de Blida	16
Figure 5	Réservoir de la ville d'El Affroun	16
Figure 6	Réservoir de la ville de Mouzaïa	17
Figure 7	Réservoir de la ville de Chiffa	17
Figure 8	Extracteur Headspace couplée au CPG	23
Figure 9	Variation de la température de l'eau potable dans les cinq réservoirs	27
Figure 10	Variation du pH des eaux potables dans les cinq réservoirs	28
Figure 11	Valeurs de l'oxydabilité au $KMnO_4$ des eaux des réservoirs	29
Figure 12	Valeurs du carbone organique total dans les eaux des réservoirs	30
Figure 13	Variations du chlore dans l'eau potable	31
Figure 14	Répartition des variables dans le plan factoriel formé par les CP 1 et 2	33
Figure 15	Répartition des observations dans le plan factoriel formé par la CP1 et CP2	34
Figure 16	Principe du Chromatographe	Annexe. III
Figure 17	Injecteur en column	
Figure 18	Détecteur à Capture d'Electrons (ECD)	

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
--------------------	---

Partie Bibliographique

I- DÉSINFECTION DE L'EAU	3
I-1- Définition	3
I-2- Chloration	3
I-3- Autres désinfectants de l'eau	3
II- FORMATION DES SOUS-PRODUITS : TRIHALOMÉTHANES ET LEUR IMPACT SUR LA SANTÉ	5
II-1- Trihalométhanes (THM)	5
II-1-1- Facteurs influençant la formation des THM	6
II-1-2 Mécanisme de la formation des THM	8
II-1-3- Sources d'exposition	9
II-1-4- Toxicocinétique	9
II-1-5- Méthode d'analyse des Trihalométhanes	12
II-2- Impact sur la santé	13

Partie Expérimentale

I- MATÉRIEL ET MÉTHODES	15
I-1- Présentation des sites de prélèvement	15
I-2- Matériel et mode de prélèvement	18
I-3- Méthodes	18
I-3-1- Mesure de la température	19
I-3-2- Mesure du pH	19

I-3-3- Détermination de la matière organique naturelle (MON)	19
I-3-4- Dosage du chlore	22
I-3-5- Dosage des Trihalométhanes (THM)	23
I-4- Etude statistique par Analyse en Composantes Principales (ACP)	25
II- RESULTATS ET DISCUSSION	27
II-1- Température	27
II-2- pH	28
II-3- Matière organique naturelle (MON).....	28
• Oxydabilité au permanganate de potassium	29
• Carbone organique total (COT)	29
II-4- Chlore	30
II-5- THM	31
II-6- Étude statistique	33
CONCLUSION	36

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

INTRODUCTION

Depuis les origines du traitement de l'eau potable, qui remontent au 19^e siècle, les chercheurs développent sans cesse des techniques et procédés visant à améliorer la qualité de l'eau destinée à la consommation. La désinfection de l'eau est de loin l'étape la plus importante dans les procédés de traitement de l'eau afin de la rendre potable, elle permet de fournir à la population une eau exempte de bactéries pathogènes qui pourraient causer des maladies infectieuses.

La désinfection par le chlore joue donc un rôle prédominant en assurant une bonne qualité microbiologique de l'eau potable. C'est la raison, pour laquelle, cette pratique est devenue de plus en plus courante, et ce, depuis le début du 20^{ème} siècle (**LEVALLOIS, 1997**).

La chloration de l'eau a quelques fois souffert d'une mauvaise image auprès de la population particulièrement à cause de ses effets inesthétiques et indésirables sur l'eau potable (odeurs, goûts). Ce n'est que vers le milieu des années 70, qu'il fut découvert qu'en plus de désactiver les organismes pathogènes tel que voulu, le chlore réagissait avec la matière organique naturellement présente dans l'eau, et générait des sous-produits de la désinfection (SPD), spécifiquement des composés organiques synthétiques tels que Trihalométhane (THM) comme le Chloroforme ($CHCl_3$), Bromodichlorométhane ($CHCl_2Br$), Dibromochlorométhane ($CHClBr_2$) et le Bromoforme ($CHBr_3$) (**ROOK, 1974**). Toutefois le chloroforme constitue habituellement la proportion la plus importante. C'est aussi le principal SPD présent dans l'eau potable chlorée (**LEBEL et WILLIAMS, 1995**).

Le taux et le degré de la formation de THM augmente en fonction de la concentration de chlore et l'acide humique, de la température, du pH et de la concentration en ions bromure (**STEVENS et al., 1976 ; AMY et al., 1987**).

Ces sous-produits de la chloration sont identifiés comme étant des contaminants de l'eau traitée. En effet, des études ont démontré que les THM sont potentiellement cancérigènes pour l'être humain et ce même a de très faibles concentrations, soit de l'ordre de quelques dizaines de microgrammes par litre ($\mu\text{g/L}$) (**LEVALLOIS, 1997**).

Peu d'études sur les Trihalométhanes ont été effectuées en Algérie. Les travaux de **ACHOUR et GUERGAZI en 2002** sur l'incidence de la minéralisation des eaux algériennes sur la réactivité de composés organiques vis-à-vis du chlore sur les eaux de Drauh et Oued Biskra près de la ville de Biskra, l'eau Ifri embouteillée de Bédjaïa, l'eau Youkous (eau de

source commercialisée) de Tébessa ont montré une incidence notable du pH et du temps de chloration sur la réactivité des composés organiques ainsi que le chloroforme est susceptible de se former en quantité appréciable dans les eaux exemptes d'ions bromures (Ifri). De faible teneur en THM bromé sont décelées lors de la chloration des substances humiques, lorsque ces composés sont dissous dans des eaux plus minéralisées (Drauh et Oued Biskra). Une formation de dérivés aussi bien chlorés que bromés avec une répartition variable des différents THM en fonction des caractéristiques minérales de ces eaux.

Une étude plus récente de **BENHAMIMED et MOULESSEHOUL en 2017** sur la présence et la variation saisonnière des THM dans l'eau potable de Mostaganem Nord-Ouest de l'Algérie. L'étude a été réalisée sur trois régions de Mostaganem et montrent une concentration élevée de Dibromochlorométhane et Bromoforme, cela confirme la richesse en ions bromures dans les sources d'eau potable. Une valeur maximale de 198 µg/L de THM a été enregistrée au mois de Juillet et une valeur minimale de 6.94 µg/L au mois Décembre.

C'est dans ce contexte que nous avons choisi pour la première fois d'étudier les eaux des réservoirs destinées à l'alimentation en eau potable des villes de Soumâa, Blida, El-Affroun, Mouzaïa et Chiffa (wilaya de Blida). L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité des eaux et de déterminer les THM.

Le présent mémoire comporte deux parties principales, une partie qui traite sur des données bibliographiques en relation avec les Trihalométhanes et les facteurs affectant la formation ainsi que l'impact sur la santé, une autre partie porte sur la présentation des sites du prélèvement et la méthode d'expérimentation. Enfin, nous terminons cette étude par une récapitulation des principaux résultats obtenus.

Partie Bibliographique

I- DESINFECTION DE L'EAU

I-1- Définition

La désinfection de l'eau constitue l'une des mesures les plus simples et les plus significatives qui aient été prises dans le domaine de la santé publique au cours du 20^{ème} siècle. Elle a entraîné une réduction massive des maladies d'origine hydrique telles que la fièvre typhoïde et le choléra. Le chlore, les Chloramines, le dioxyde de chlore, l'ozone et l'iode sont les substances les plus fréquemment utilisées dans le processus de désinfection de l'eau (RICHARDSON *et al.*, 1999 ; WHO, 2002). Les radiations ultraviolettes peuvent également être utilisées pour désinfecter l'eau. Cependant, tous ces désinfectants comportent certains désavantages quant à leur utilisation. La plupart entraînent la formation de sous-produits de désinfection (SPD).

I-2- Chloration

La chloration est la méthode de désinfection de l'eau la plus répandue. Elle est généralement associée à d'autres processus de traitement tels la coagulation, la sédimentation et la filtration de l'eau. Cette méthode est préférée dans plusieurs pays puisqu'elle s'avère peu coûteuse, simple, efficace, et peut facilement être appliquée aux petits systèmes de traitement d'eau (NEUTRA *et al.*, 1992). Le chlore persiste longtemps dans l'eau en tant que chlore résiduel, minimisant ainsi la possibilité de re-contamination par les microbes entre l'usine de traitement d'eau et le robinet (WHO, 2002). Il présente par contre certains inconvénients, dont le principal est relié à la formation de sous-produits chlorés. Les plus importants sont les Trihalométhanes (AYOTTE et LARUE, 1988).

I-3- Autres désinfectants de l'eau

I-3-1- Chloramines

Ils entraînent des concentrations de sous-produits halogénés Plus faibles que le chlore. Toutefois, des quantités significatives de nitrites, de nitrates et de matière organique chlorée peuvent être formées suite à l'utilisation de ce mode de désinfection (HALEY, 1999 ; BOORMAN *et al.*, 1999). Ces substances peuvent être très néfastes pour la santé des individus. De plus, les chloramines ont une efficacité moindre pour assurer un niveau de désinfection adéquat dans le système de distribution d'eau.

I-3-2- Dioxyde de chlore

Est plus dispendieux que le chlore et peu efficace en ce qui a trait à l'élimination des agents viraux. Il est cependant plus efficace que le chlore en ce qui concerne l'inactivation des parasites. Il entraîne la formation de composés inorganiques comme les chlorites et les chlorates. Peu d'information est disponible quant à la toxicité de ces produits. Le dioxyde de chlore est un composé instable, il est surtout utilisé dans le contrôle des propriétés organoleptiques de l'eau de consommation (WHO, 2002).

I-3-3- Ozone

Est un gaz instable peu soluble dans l'eau. C'est un désinfectant très efficace en ce qui a trait à l'élimination de micro-organismes pathogènes. Il ne forme pas de sous-produits halogénés mais entraîne cependant la formation de sous-produits inorganiques tels que les bromates. De plus, il n'assure aucune désinfection résiduelle. Il nécessite généralement l'ajout d'un deuxième désinfectant tel que le chlore afin d'assurer l'efficacité de la désinfection jusqu'au robinet (BOORMAN *et al.*, 1999). Cet ajout a pour effet d'entraîner la formation de sous-produits tels que les aldéhydes.

I-3-4- Iode

Est généralement utilisé pour désinfecter de petites quantités d'eau et s'applique très difficilement aux grands systèmes de traitement d'eau. Chez certains individus, il peut engendrer une réaction allergique. De plus, l'eau désinfectée par ce composé possède souvent un goût désagréable (WHO, 2002).

I-3-5- Radiations ultraviolettes

Sont surtout utilisées dans les petites communautés. Elles nécessitent un équipement très dispendieux et une eau claire. Plus la contamination est importante, moins les radiations sont efficaces (WHO, 2002).

II- FORMATION DES SOUS-PRODUITS : TRIHALOMÉTHANES ET LEUR IMPACT SUR LA SANTÉ

La formation des sous-produits de la désinfection est le résultat d'une réaction entre l'agent désinfectant et la matière organique naturelle (MON), constituée en grande partie de substances humiques. Cette réaction débute dès l'ajout du désinfectant dans l'eau et se termine lorsqu'il n'y a plus de désinfectant ou de MON pour réagir (SINGER, 1999).

Le chlore ajouté à l'eau est en majorité consommé par le processus d'oxydation. Le reste (10%) opère une substitution ou une oxydation incomplète des composés organiques (RICE et GOMEZ-TAYLOR, 1986). Il s'associe donc à d'autres éléments pour former des produits, certains d'entre eux ont été identifiés : les Trihalométhanes, les acides aliphatiques halogénés, les Haloaldéhydes, les Halocétones, les Haloacétonitriles, la Chloropicrine, les Chlorophénols (NRC, 1987), les Chloro- résorcinols (JACKSON et al., 1987). La majorité des sous-produits créés à partir de substances humiques sont les Trihalométhanes (UMPHRES et al., 1981).

II-1- Les Trihalométhanes (THM)

Les THM sont des composés organiques volatils contenant un atome de carbone, un atome d'hydrogène et trois atomes d'halogènes, soit le chlore, le brome ou l'iode. Les principaux THM formés sont le Chloroforme ($CHCl_3$) qui représente la plus forte proportion de cette famille (NRC, 1987), le Bromodichlorométhane ($CHCl_2Br$), le Dibromochlorométhane ($CHBr_2Cl$) et le bromoforme ($CHBr_3$). Les THM représentent 30% du total des composés organiques halogénés (RECKHOW et SINGER, 1984).

Le tableau suivant représente les principales propriétés physico-chimiques des quatre THM les plus fréquemment retrouvés dans l'eau potable

Tableau I : Propriétés physicochimiques des Trihalométhanes.

Propriétés physicochimiques	Chloroforme	BDCM	DBCm	Bromoforme
Formule moléculaire	$CHCl_3$	$CHBrCl_2$	$CHBr_2Cl$	$CHBr_3$
Poids moléculaire (g/mole)	119.39	163.83	208.29	252.77
Densité (à 20°C) (mg/L)	1.484	1.98	2.451	2.9035
Point d'ébullition (°C)	61-62	87	119-120	149-150
Point de fusion (°C)	-61.5	-55	-22	7.5

(MERK, 1989 ; ALDRICH, 1996)

II-1-1- Facteurs influençant la formation des THM

Le chlore et la matière organique ne sont pas les seuls paramètres réagissant la formation des THM. On peut regrouper en deux groupes les paramètres affectant la variabilité des concentrations de THM dans l'eau potable, soit les paramètres de qualité de l'eau brute (matière organique et ions bromures) et les paramètres opérationnels (température, pH, dose du chlore et temps de contact).

- **Matière organique naturelle (MON)**

La MON est le précurseur des SPD dans l'eau potable. La MON est composée de substances humiques et non humiques. Les SPD seraient essentiellement formés par les acides humiques et fulviques (CROUE *et al.*, 1998). Les acides fulviques représentent la fraction majoritaire de la MON, soit près de 50% comparativement à la fraction des acides humiques qui est de 5% (ANDREWS, 1996). Les acides humiques favorisent la formation des SPD à cause de leur plus grande concentration en carbone aromatique (SINGER, 1999).

Les indicateurs de matière organiques les plus utilisés sont le carbone organique total (COT) et l'absorbance ultraviolet à une longueur d'onde spécifique, soit 254 nm (UV-254) (GALAPATE *et al.*, 1999).

Le rapport entre l'UV-254 et le COT serait un bon indicateur de substances humiques dans la (MON) (CHIN *et al.*, 1994). Ces deux paramètres sont complémentaires l'un et l'autre ; le premier fournit des indications sur la quantité des précurseurs présents et le second indique plutôt leur réactivité, soit la tendance à former des THM (AMY *et al.*, 1987). Dans les deux cas, une augmentation de la concentration de ces paramètres tend à favoriser la formation des THM. D'autre part, il est prouvé, que certains types d'eau, ces deux paramètres peuvent être fortement corrélés (RATHBUN, 1996).

- **Ions bromures**

La présence d'ions bromures est un autre facteur relié aux paramètres de qualité de l'eau brute influençant les quantités de THM formés. Les bromures augmentent la quantité de THM lorsque leur concentration devient supérieure à 0.5 mg/L (URANO et TAKEMASA, 1986). En effet, des concentrations plus importantes d'ions bromures dans l'eau brute feront qu'une plus grande proportion de THM à base de produits bromés soit formée par rapport aux THM totaux (TTHM) (RATHBUN, 1996).

- **Température**

Comme la plupart des réactions chimiques, la température influence la formation des SPD. Dans le cas de la formation des Trihalométhanes, une température plus élevée favorise la vitesse de réaction entre le chlore résiduel et la MON, plus celle-ci s'élève, plus la formation de THM est favorisée (NICHOLSON *et al.*, 1984). C'est une des raisons pour lesquelles les concentrations de THM sont généralement plus élevées en été qu'en hiver (MONTGOMERY, 1991 ; ROUSSEAU, 1993).

- **Dose du chlore**

La dose de désinfectant appliquée à l'eau durant le traitement affecte directement la formation des sous-produits. En plus de favoriser leur formation, la dose de désinfectant affecte la spéciation des SPD et leur importance relative (SINGER, 1994). Plusieurs chercheurs s'étendent sur la relation existant entre la dose de chlore appliquée et la formation de THM avec un ordre de réaction plus grand ou égal à l'unité. Cependant, on croit qu'il est aussi possible que l'ordre de la réaction puisse varier durant la réaction (GARCIA-VILLANOVA *et al.*, 1997).

- **pH**

Un autre paramètre important affectant la formation des THM est le pH car il contrôle toutes les réactions chimiques. On peut le considérer comme un paramètre opérationnel puisqu'on peut facilement ajuster sa valeur avant la désinfection. Il semblerait qu'il se forme plus de THM lorsque le pH est plus élevé (GARCIA-VILLANOVA *et al.*, 1997). La réaction responsable de la formation des THM se fait en deux étapes : d'une part, la cinétique de la première étape est favorisée par la présence de la forme non ionisée de l'acide hypochloreux (HOCl) à pH acide ; d'autre part la deuxième étape est une hydrolyse catalytique en milieu basique favorisée lorsque le pH de l'eau est plus élevé. Puisque, en fin de compte, la deuxième étape est déterminante, la formation des THM est favorisée à un pH de l'eau plus élevé (KRASNER, 1999).

- **Temps de contact (temps de séjour)**

Le temps de contact est un paramètre fondamental de la formation des SPD. Il correspond au temps de réaction entre le désinfectant et la matière organique naturelle. Plus ce temps est élevé, plus la concentration en SPD sera importante. La vitesse de formation est rapide en début de réaction et tend à ralentir à mesure que le chlore résiduel libre est consommé (GARCIA-VILLANOVA *et al.*, 1997).

Le temps de séjour est un facteur important à considérer. La réaction de formation des THM ne se fait pas instantanément. Plusieurs heures et même dans certains cas plusieurs jours sont requis pour compléter le processus d'oxydation des précurseurs des THMs (**TRUSSELL et UMPHRES, 1978 ; SMITH et al., 1980**).

II-1-2- Mécanisme de la formation des THM

Le mécanisme de formation des THM à partir des substances humiques a fait l'objet de nombreuses études. Mais la grande variabilité et la complexité de ces composés rend ce mécanisme un processus complexe et mal compris. Le caractère aromatique des matières humiques est reconnu par de nombreux auteurs comme responsable de la forte réactivité de ces composés avec les oxydants tels que le chlore (**LEGUBE et al. 1990**).

La réaction débute par une chloration rapide de l'atome de carbone en ortho, activé par une substitution hydroxyle (composé I sur la Figure 1), Une forme intermédiaire (composé II) est ensuite rapidement halogénée (formation de composé IV), ou protonée (formation du composé III) suivant les conditions réactionnelles (**ROOK, 1974, DAMIEN et al. 2009**).

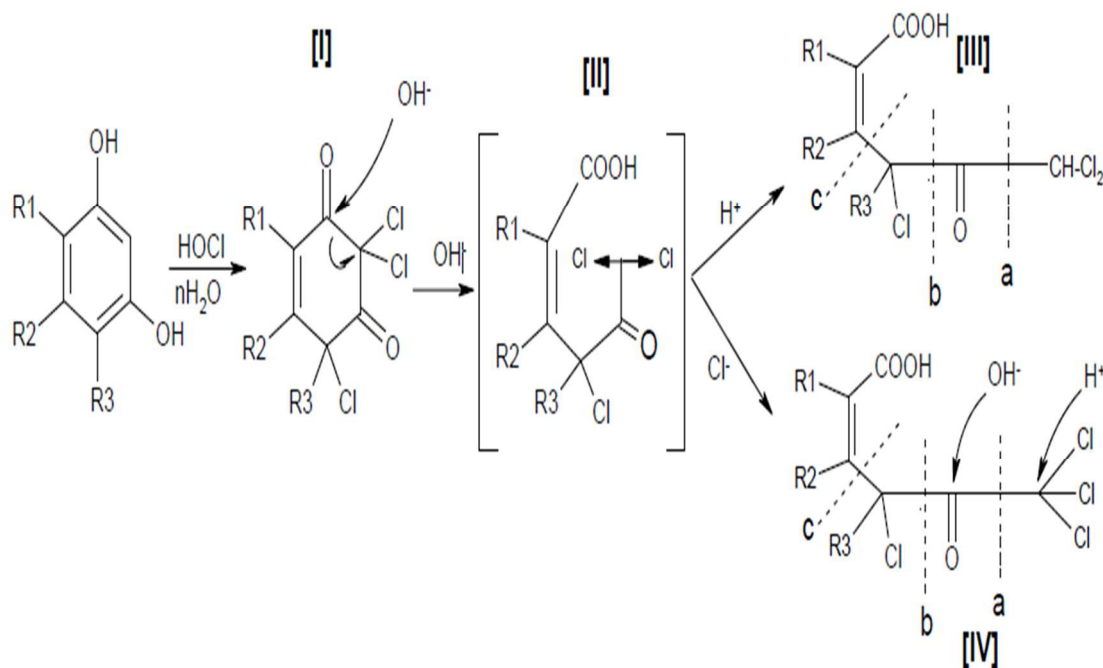


Figure 1 : Mécanisme de formation des THM (**ROOK, 1974, DAMIEN et al. 2009**).

En revanche, certaines molécules organiques de structures caractéristiques bien connues sont à l'origine de nombreux essais de laboratoire destinés à mieux comprendre les mécanismes réactionnels de formation des THM et l'influence de chaque type de précurseur sur les rendements et cinétiques globaux de cette réaction. Plusieurs études ont suggéré que les acides carboxyliques aliphatiques, acides hydroxy-benzoïques, phénols et dérivés de pyrrole sont les substrats réactifs des précurseurs organiques pour la formation de THM (**GALLARD et VONGUNTEN, 2002**).

II-1-3- Sources d'exposition

L'eau potable est la source d'exposition la plus importante concernant les Trihalométhanes. On les retrouve également dans les boissons fabriquées avec de l'eau traitée.

Une étude américaine sur les boissons gazeuses a montré que les concentrations se situaient entre 3.2 µg/L et 44.8 µg/L pour les THM totaux (**ABDEL-RAHMAN, 1982**). Autrefois, le chloroforme était présent dans certains dentifrices, onguents et sirops contre la toux.

L'exposition aux THM par voie dermale et respiratoire peut être également très importante compte tenu de leur caractère volatil et lipophile. La prise d'un bain ou d'une douche, la baignade en piscine, le lavage de la vaisselle sont toutes des activités exposant les individus aux THM par voie dermique et par inhalation (**BACKER et al., 2000**). Plusieurs auteurs ont évalué l'exposition aux THM par inhalation et par la peau suite à la baignade en piscines intérieures. La proportion de THM retrouvé dans le sang et dans l'urine est directement reliée aux concentrations de ces composés retrouvées dans l'eau de la piscine et dans l'air ambiant autour de cette piscine (**AGGAZZOTTI et al., 1990 ; CAMMANN et al., 1995**).

II-1-4- Toxicocinétique

- **Absorption**

Compte tenu de leur caractère volatil et lipophile, les Trihalométhanes pénètrent facilement les membranes biologiques et sont absorbés au niveau du tractus gastro-intestinal, des muqueuses respiratoires et de la peau.

Lors d'une administration des THM par gavage, plusieurs études ont démontré que le véhicule utilisé joue un rôle important dans l'absorption des THM. Les concentrations maximales dans le sang sont plus élevées lorsque les composés sont administrés dans un

véhicule aqueux comparativement à un véhicule huileux (WITHEY *et al.*, 1983 ; LILLY *et al.*, 1994 ; DIX *et al.*, 1997).

- **Distribution**

Les THM se distribuent principalement dans le gras étant donné leur grande lipophilicité. Plusieurs études ont démontré que les Trihalométhanes sont capable de se lier aux protéines plasmiques telles que l'albumine et l'hémoglobine. Le chloroforme, par exemple, se lie à l'albumine de façon réversible et saturable (JOHANSSON, 1997 ; PATRA *et al.*, 1997). Lors d'administration par gavage, on peut également retrouver une grande proportion de THM au niveau de l'estomac (MINK *et al.*, 1986). Une étude sur le chloroforme a démontré que ce composé se distribue également dans le cerveau (VOGT *et al.*, 1980).

- **Métabolisme**

Les Trihalométhanes sont principalement métabolisés au niveau du foie mais peuvent également être métabolisés au niveau des reins et des poumons (ANDERS *et al.*, 1978 ; KLUWE *et al.*, 1978 ; LÖFBERG *et al.*, 1986). Plus précisément, ils sont métabolisés au niveau des microsomes. La figure ... présente les différentes étapes du métabolisme des THM. Premièrement, les enzymes oxydases à fonction mixte, dépendantes du cytochrome P450, insèrent un oxygène au niveau de la liaison C-H du Trihalométhane pour produire un Trihalométhanol, un composé très instable qui se décompose rapidement en Dihalocarbonyle. Ce dernier peut soit être hydrolysé en dioxyde de carbone, soit interagir avec la cystéine et formé l'acide 2 oxothiazolidine-4-carboxylique (OTZ) ou soit être attaqué par le glutathion et formé un composé glutathion S-halocarbonyle. Suite à une deuxième attaque du glutathion, le glutathion S-halocarbonyl se transforme en monoxyde de carbone et en glutathion disulfide (ANDERS *et al.*, 1978 ; STEVENS *et al.*, 1979 ; AHMED *et al.*, 1980).

En absence d'oxygène, les THM se transforment en radicaux libres de type dihalométhylcarbènes. Chez les rongeurs, plus de 60% d'une dose de chloroforme peut être convertie en CO_2 (BROWN *et al.*, 1974).

Pour le chloroforme, la voie oxydative génère du trichlorométhanol qui se décompose spontanément en phosgène (ou dichlorocarbonyle), un métabolite réactif et toxique (POHL *et al.*, 1977). Le phosgène peut se lier de façon covalente aux composantes nucléophiliques des protéines tissulaires et est considéré responsable de la toxicité du chloroforme (POHL *et al.*, 1980). La voie réductrice du chloroforme entraîne la formation de dichlorométhylcarbènes

(TESTAI *et al.*, 1984 ; TOMASI *et al.*, 1985). Ces composés peuvent également se lier aux protéines tissulaires et engendrer une certaine toxicité (TESTAI *et al.*, 1990).

Le Bromodichlorométhane (BDCM) est métabolisé en intermédiaires réactifs plus rapidement que le chloroforme (LILLY *et al.*, 1997).

A = atome d'halogène (exemple : Cl dans le cas du chloroforme)

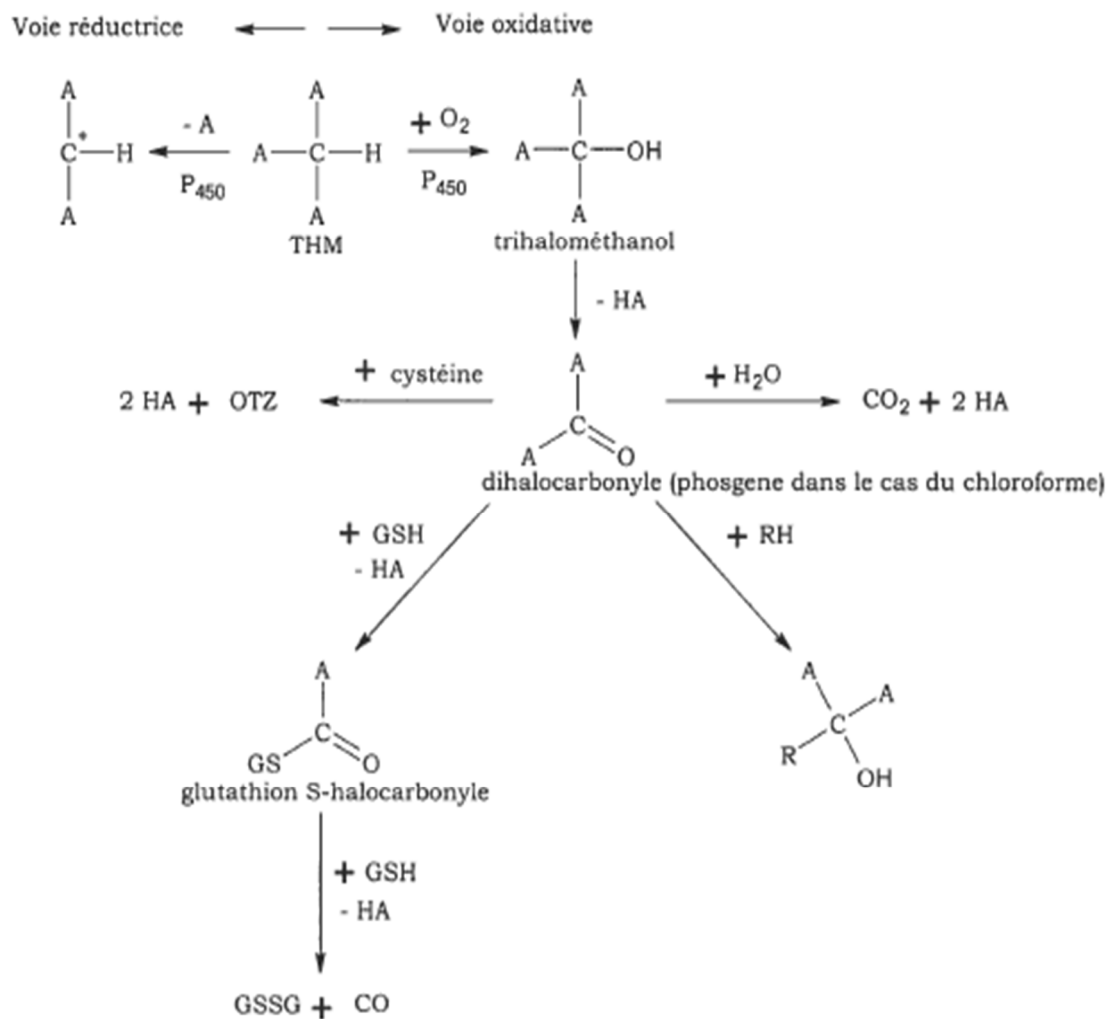


Figure 2 : Etapes du métabolisme d'un Trihalométhane (STEVENS *et ANDERS*, 1979 ; NTP, 1989 ; TOMASI *et al.*, 1985 ; USEPA, 2001).

- **Elimination**

Les THM sont principalement éliminés sous forme inchangée par l'air exhalé en raison de leur grande volatilité. Une étude a démontré que la souris exhale 40-81 % d'une dose orale de THM sous forme inchangée et 5-26 % sous forme de CO_2 . Pour sa part, le rat exhale 41-67%

d'une dose orale de THM toujours sous forme inchangée, et 4-18 % sous forme de CO_2 . Une faible proportion de la dose est retrouvée dans l'urine (MINK *et al.*, 1986).

II-1-5- Méthode d'analyse des Trihalométhanes

Plusieurs méthodes sont utilisées, la plus efficace est la méthode « Headspace » et analyse par chromatographie en phase gazeuse. Les premiers travaux sur la chromatographie gazeuse apparaissent avec James et Martin à la suite desquels cette méthode connaît un réel essor. En effet, les colonnes capillaires ainsi que des détecteurs à ionisation de flamme, à ionisation à l'argon et à capture d'électrons vont alors faire leur apparition. Suite à cela, diverses techniques couplées à la chromatographie gazeuse, comme la technique « Headspace », vont faire leur apparition. Sa première utilisation remonte à 1958.

Cette méthode est largement répandue dans différents domaines tels que l'agroalimentaire, la parfumerie, le milieu pharmaceutique, la justice criminelle, l'environnement (SNOW *et SLACK*, 2002).

La méthode d'extraction « Headspace » est relativement simple et regroupe en fait une famille de techniques basées sur un principe commun, l'établissement d'un équilibre entre une phase (solide ou liquide) et une phase gazeuse (ZHU *et CHAI*, 2005).

Dans toutes ces techniques, l'échantillon est introduit dans un flacon en verre qui est ensuite scellé. Ensuite les analytes volatils sont libérés de la matrice complexe pour les faire passer en phase gazeuse. Ensuite une aliquote de la phase gazeuse est prélevée et introduite dans le chromatographe gazeux où elle est analysée (GROB *et BARRY*, 2004).

L'espace de tête statique « Headspace » est un type d'extracteur le plus ancien et le plus classique, dans ce système, l'échantillon est placé dans un flacon qui est ensuite fermé hermétiquement. Le tout est chauffé pendant un temps donné pour atteindre l'équilibre entre la phase gazeuse et l'échantillon ; la quantité de chaque composé volatil se trouvant dans le flacon est alors proportionnelle à celle contenue dans l'échantillon (PAPET, 2010 ; BRUNET *et al.*, 2010). Au cours de cette étape, les composés volatils sont donc extraits de la matrice complexe non volatile. Un aliquote de la phase gazeuse est alors prélevé, soit via une seringue (mode manuel), soit via un système de prélèvement automatisé, et est transféré au GC pour l'analyse (GROB *et BARRY*, 2004).

II-2- Impact sur la santé

Depuis la découverte des SPD par Rook en 1971, leurs effets sur la santé ont été rapidement prouvés par des études épidémiologiques et toxicologiques. Les études toxicologiques analysent le risque sur les animaux de laboratoire en les exposant à différentes doses d'un produit spécifique. Ces données sont par la suite extrapolées à l'humain, ce qui permet de déterminer une dose associée à un risque non-négligeable à la santé. Les études épidémiologiques ont l'avantage, par rapport aux études toxicologiques, d'évaluer le risque associé à l'exposition des THM à partir d'observations effectuées chez l'humain. Elles évaluent ainsi le risque pour la santé humaine découlant de l'ingestion de doses réalistes. Elles permettent aussi d'évaluer le risque associé à l'exposition aux quatre THM simultanément.

Les recherches toxicologiques et épidémiologiques ont permis de classifier les quatre THM dans les différentes catégories de la classification cancérogène par le CIRC Agence de Recherche sur le Cancer de l'OMS. En anglais, International Agency for Research on Cancer (IARC).

Le tableau suivant indique que le Chloroforme et le BDCM appartiennent au groupe 2B, ce qui signifie que ces composés sont peut-être cancérogènes pour l'humain. Le DBCM et le Bromoforme, font partie du groupe 3, ce qui signifie qu'ils ne sont pas classables, parce qu'il n'y a aucune évidence soutenant que ces deux composés sont considérés comme cancérogène.

Tableau II : Classification cancérogène des quatre THM

Classe d'agents	Groupe	Chloroforme	BDCM	DBCm	Bromoforme
Agent cancérogène pour l'Homme	1				
Agent probablement cancérogène pour l'Homme	2A				
Agent peut-être cancérogène pour l'Homme	2B	×	×		
Agent inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'Homme	3			×	×
Agent n'est probablement pas cancérogène pour l'Homme					

(CIRC, 2011)

Des études toxicologiques ont démontré que la présence de THM dans l'eau potable peut causer le cancer chez les animaux en laboratoire. Il a été observé en 1976 que le chloroforme pouvait causer des tumeurs au niveau du foie et aux reins chez les souris par voie

orale (NCI, 1976). A des doses faibles, le chloroforme induirait des tumeurs aux reins, mais non au foie chez les rats (JORGENSEN *et al.*, 1985). Le bromodichlorométhane peut causer des tumeurs au niveau du gros intestin ainsi que des tumeurs rénales chez les rats et les souris (NTP, 1987). Le dibromochlorométhane produirait des lésions du foie et des reins pour une exposition prolongée à doses élevées (NTP, 1985). Quant au bromoforme, il provoquerait, à fortes doses, des tumeurs au gros intestin chez les rats, mais non aux souris (NTP, 1989).

Les études épidémiologiques constatent un accroissement du risque du cancer de la vessie liée à la consommation de l'eau potable (CRAUN, 1985 ; KING *et* MARRET, 1996). D'autres études ont porté plus particulièrement sur les effets de l'exposition aux THM sur la reproduction et le développement. Il semble y'avoir un lien entre l'exposition aux THM et les avortements spontanés (SWAN *et al.*, 1998 ; WALLER *et al.*, 1998). D'autres études démontrent une relation entre l'exposition aux SPD et le poids à la naissance, les retards de croissance, les malformations du tube neural et les fissures labio-palatines (BOVE *et al.*, 1995).

Partie Expérimentale

Matériel et Méthodes

I- MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les réservoirs servent à stocker temporairement l'eau potable avant qu'elle ne soit distribuée. Ils peuvent être au sol, enterrés ou surélevés artificiellement (les châteaux d'eau).

Les sites où ont lieu les prélèvements des échantillons sont au nombre de cinq réservoirs et sont situés dans la wilaya de Blida. Les échantillonnages ont été effectués du mois de Février jusqu'au mois de Mai 2017, à raison d'un prélèvement tous les 15 jours.

Les analyses des échantillons d'eau prélevés ont été réalisées au niveau de laboratoires de l'Algérienne Des Eaux (ADE).

I-1- Présentation des sites de prélèvement

I-1-1- Réservoir de la station de traitement des eaux de consommation de Feroukha (Soumâa)

- Localisation: $36^{\circ}30'10''N2^{\circ}54'25''E$ (Google Earth).
- Provenance de l'eau : Eaux superficielles.
- Volume du réservoir : $1500 m^3$.
- Nombre d'abonnés branchés : 4390.



Figure 3 : Station de traitement de Soumâa (Photos originales).

I-1-2- Réservoir de l'établissement public hospitalier de Frantz Fanon (Blida)

- Localisation: 36°28'59"N2°47'59"E (Google Earth).
- Provenance de l'eau : Eaux souterraines
- Volume du réservoir : Deux réservoirs de 150 m³.
- Nombre d'abonnés branchés : les réservoirs alimentent les services de l'hôpital.



Figure 4 : Deux réservoirs de l'hôpital Frantz Fanon de Blida (photo originale)

I-1-3- Réservoir de la cité Beni-mouimen (El-Affroun)

- Localisation: 36°27'41"N2°38'02"E (Google Earth).
- Provenance de l'eau : Eaux souterraines.
- Volume du réservoir : 5000 m³.
- Nombre d'abonnés branchés : 10573 abonnés.



Figure 5 : Réservoir de la ville d'El Affroun (photos originales).

I-1-4- Réservoir de Bouhassen (Mouzaïa)

- Localisation: 36°27'45"N2°41'06"E (Google Earth).
- Provenance de l'eau : Eaux souterraines.
- Volume du réservoir : 1000 m³.
- Nombre d'abonnés branchés : 3490 abonnés.



Figure 6 : Réservoir de la ville de Mouzaïa (Photos originales).

I-1-5- Réservoir de Hai Nadjah (Chiffa)

- Localisation: 36°27'26"N2°43'58"E (Google Earth).
- Provenance de l'eau : Eaux superficielles.
- Volume du réservoir : 1000 m³.
- Nombre d'abonnés branchés : 2291 abonnés.



Figure 7 : Réservoir de la ville de Chiffa
(Photo originale)

I-2- Matériel et mode de prélèvement

Le type d'échantillonnage se fait manuellement, les échantillons sont conservés immédiatement dans une glacière avec une température inférieure à 4° C.

Chaque prélèvement a fait l'objet :

- D'analyses physico-chimiques au niveau du laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE) unité de Chiffa. Le prélèvement se fait dans des flacons de 500ml.
- D'analyse des quatre paramètres de Trihalométhanes (Chloroforme, BDCM, DBCM et le Bromoforme) au niveau du laboratoire central de l'Algérienne Des Eaux, Bordj el Kiffan-Alger. Le prélèvement se fait dans des flacons stériles de 250ml avec ajout de Thiosulfate de sodium comme conservateur et couverts avec du papier aluminium pour inhiber la pénétration de lumière.

I-3-Méthodes

L'évaluation de la qualité des eaux des réservoirs ainsi que la détermination des Trihalométhanes sont effectuées par le biais d'un ensemble de paramètres physico-chimiques.

- Température
- Potentiel d'Hydrogène (pH) (NA75/1990)
- Matière organique naturelle ;
 - Indice de permanganate (ISO 8467 NA 2064)
 - Carbone organique total COT (ISO 8245)
- Dose du chlore (Méthode par DPD N°1)
- Trihalométhanes (ISO 10301)
 - Chloroforme.
 - Bromodichlorométhane.
 - Dibromochlorométhane.
 - Bromoforme.

Les modes opératoires sont fournis par l'Algérienne Des Eaux (ADE) qui suit les normes ISO, NA, NF et NE.

I-3-1- Mesure de la température

La mesure de température a été effectuée sur place avec un thermomètre numérique les résultats sont donnés directement en degré Celsius (°C).

I-3-2- Mesure du pH

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⁺, mesuré selon (NA75/1990). Pour cela nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- ❖ Allumer le pH-mètre puis rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- ❖ Prendre l'échantillon conservé dans de bonnes conditions.
- ❖ Remplir un bécher avec une quantité d'eau.
- ❖ Mettre l'électrode du pH-mètre dans le bécher, puis laisser le pH se stabiliser.

- **Expression des résultats**

La valeur du pH s'affiche sur l'écran de l'appareil.

I-3-3- Détermination de la matière organique naturelle

- **Détermination de l'oxydabilité au KMnO₄ (indice de permanganate), méthode à chaud en milieu acide (NORME ISO 8467 NA 2064).**

L'indice de permanganate d'une eau est la concentration en masse d'oxygène équivalente à la quantité d'ions permanganates consommée quand un échantillon d'eau est traité par le permanganate.

L'échantillon d'eau est en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique pendant une période donnée (10 minutes). Une partie du permanganate est réduite par les matières oxydables de l'échantillon. L'excès de permanganate est déterminé par addition d'un excès d'oxalate, suivie par un tirage de l'oxalate en excès par du permanganate (principe du tirage en retour).

Nous avons suivi le protocole suivant :

- ❖ Immédiatement après réception de l'échantillon, ajouter 5 ml d'acide sulfurique à 7.5 mol/l par litre d'échantillon.
- ❖ Nettoyer toute la verrerie par chauffage avec une solution acide de permanganate.
- ❖ Transférer à l'aide d'une pipette, 100ml d'échantillon dans un bécher de 250 ml. Ajouter 20 ml d'acide sulfurique 2mol/l et mélanger en agitant doucement.
- ❖ Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition.
- ❖ Ajouter 20 ml de la solution étalon 2 millimoles/l de permanganate de potassium et démarrer le chronomètre et maintenir à l'ébullition pendant 10 minutes.
- ❖ Ajouter à l'aide d'une pipette 20 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium 5 mmol/l et attendre que la solution se décolore.
- ❖ Retirer le bécher de la plaque et le poser sur l'agitateur.
- ❖ Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution titrante de permanganate de potassium 2 mmol/l jusqu'à une coloration rose pâle persistant environ 30s. noter le volume V_1 de permanganate consommé.
- ❖ Effectuer parallèlement à la détermination, un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 100 ml d'eau distillée. Noter le volume V_0 de solution de permanganate consommé.
- ❖ Conserver le blanc titré pour la vérification du permanganate de potassium :

Au blanc titré, ajouter 20 ml de la solution d'oxalate de sodium 5mmol/l. réchauffer la solution une à deux minute à environ $90C^\circ$ et re-titrer avec le permanganate 2 mmol/l jusqu'à l'apparition d'une couleur rose persistant 30s.

Noter le volume V_2 de solution de permanganate consommé, qui devrait être entre 19 et 21 ml. Dans le cas contraire, préparer une autre solution titrante de permanganate de concentration 2 mmol/l et refaire l'analyse. Si le problème persiste refaire la solution mère de permanganate 20mmol/l.

o Expression des résultats

L'indice de permanganate (IMn), exprimé en milligramme d'oxygène par litre, est calculé selon la formule :

$$IMn = \frac{(V_1 - V_0)}{V_2} \times f$$

Où

- V_0 : le volume en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc.
- V_1 : le volume en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai.
- V_2 : le volume en millilitre de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrante.
- f : le facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litre. f est égal à 16.

Ce facteur est calculé comme suit :

$$f = \frac{V_4 \times C_{Na_2C_2O_4} \times M_O \times 1000}{1000 \times V_5}$$

Où

- V_4 : est le volume en millilitre de la solution étalon d'oxalate de sodium consommé pour la détermination lors de l'étalonnage : $V_4 = 20$ ml.
- $C_{Na_2C_2O_4}$: est la concentration en millimole par litre de la solution étalon d'oxalate de sodium, C est égal à 5 mmol/l.
- 1000 (numérateur) : est le coefficient correcteur pour exprimer $C_{Na_2C_2O_4}$ de millimoles/l à millimoles/ml.
- M_0 : est la masse molaire de l'oxygène en milligrammes d'oxygène par millimoles. $M_0 = 16$.
- V_5 : est le volume d'échantillon utilisé, en millilitres. $V_5 = 100$ ml.
- 1000 (dénominateur) : est le coefficient correcteur pour exprimer le volume d'échantillon de millilitres à litres.

Compte tenu des valeurs ci-dessus : $f = 16$.

➤ **Détermination de la matière organique par l'analyse du carbone organique totale COT (NORME ISO 8245)**

L'oxydation du carbone organique dans l'eau au dioxyde de carbone par combustion, en ajoutant un oxydant approprié, par rayonnement UV ou tout autre rayonnement haute énergie.

Le protocole est le suivant :

- ❖ Dans une fiole jaugée de 1000 ml, dissoudre 2.125g d'hydrogénophtalate de potassium ($C_8H_5KO_4$).
- ❖ Introduire à l'aide d'une pipette 100ml de solution mère d'hydrogénophtalate de potassium dans une fiole jaugée de 1000 ml et compléter au volume avec de l'eau.
- ❖ Calibrer l'instrument conformément aux instructions du fabricant.
- ❖ Etablir une courbe d'étalonnage en analysant les solutions étalons d'hydrogénophtalate de potassium de concentration appropriées.
- ❖ Introduire à l'aide d'une pipette dans une série de fioles jaugées de 100 ml de solution mère d'hydrogénophtalate de potassium et compléter au volume avec de l'eau.
- ❖ Analyser chaque solution et le blanc conformément aux instruction du fabricant.
- ❖ Etablir une courbe d'étalonnage en reportant les concentrations en masse de COT en mg/L de carbone, en fonction des unités de réponse de l'appareil.
- ❖ Déterminer les concentrations de COT des échantillons.
 - **Expression des résultats**
- ❖ Les résultats sont donnés en mg/l de carbone

I-3-4- Dosage du chlore

Le chlore résiduel libre est analysé selon la méthode de dosage colorimétrique par DPD n°1.

Le DPD ou NN-Diéthyl-Paraphénylène-Diamine réagit instantanément avec le chlore résiduel libre en donnant un composé rougeâtre, l'intensité de la couleur est proportionnelle à la teneur du chlore.

Le mode opératoire est le suivant :

- ❖ Remplir un contenant avec l'échantillon d'eau à analyser.
- ❖ Déchirer l'emballage aluminium contenant le comprimé DPD N°1 sans le toucher et jeter dans le contenant rempli.

- ❖ Laissez fondre en agitant.
- ❖ Vérifier le taux de chlores en comparant la couleur obtenue avec un comparateur ou une échelle des couleurs.

I-3-5- Dosage des Trihalométhanes (THM)

Les quatre paramètres de THM sont mesurés par méthode espace de tête statique et analyse par chromatographie en phase gazeuse, selon la norme ISO 10301

Les échantillons sont prélevés dans des flacons scellés dans lesquels le rapport volume d'eau prélevé / volume d'air est fixé. La température des flacons est maintenue entre 50 °C et 80°C dans un système thermostaté afin de se placer dans des conditions d'équilibre déterminées.

L'analyse par chromatographie de la phase gazeuse en équilibre avec l'eau dans les flacons de prélèvement est réalisée en utilisant un détecteur à capture d'électrons ou tout autre détecteur approprié (Figure 8).

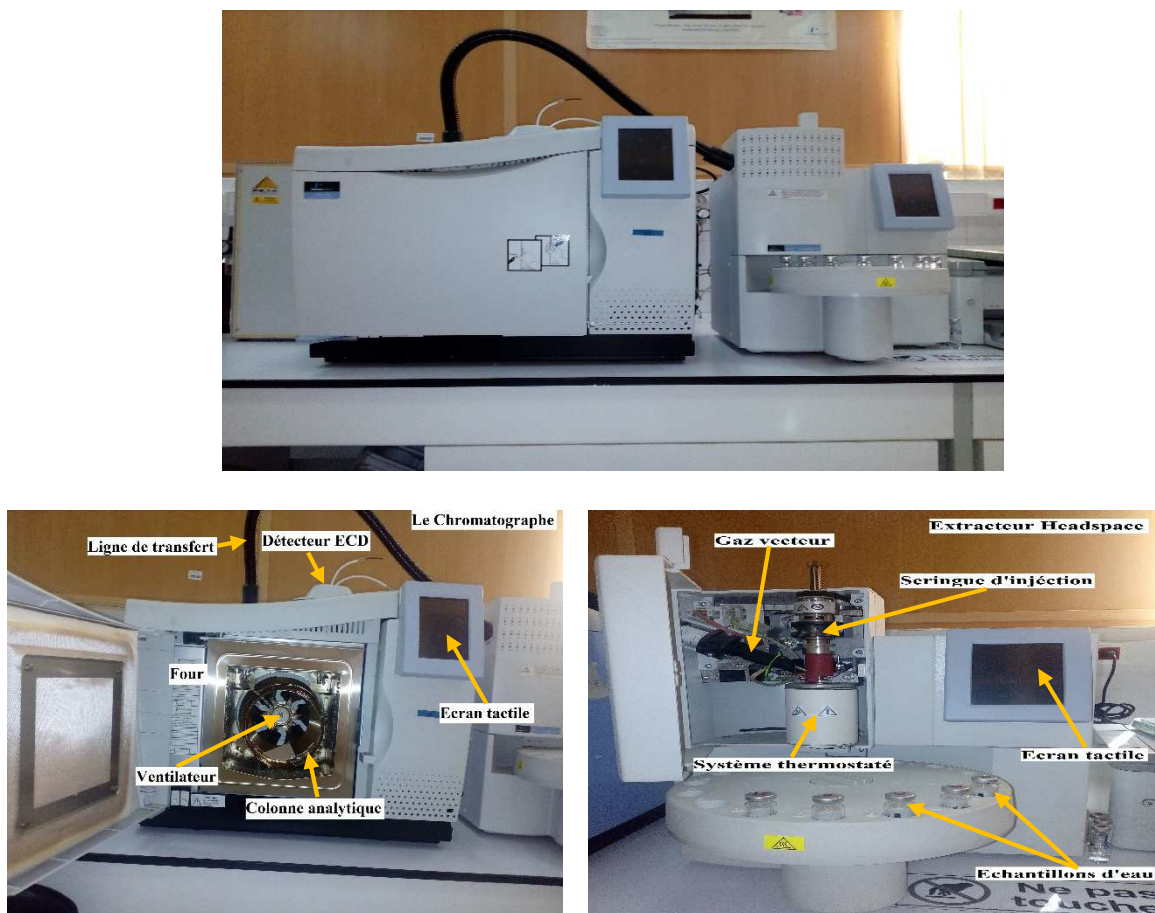


Figure 8 : Extracteur Headspace couplée au CPG (Schéma original).

Le mode opératoire est le suivant :

▪ **Stabilisation de la température des échantillons**

- ❖ Placer les flacon d'échantillons dans le système thermostaté a une température fixe entre 50°C et 80°C pendant au moins 30 min et pour une durée égale pour tous les flacons.

▪ **Chromatographie en phase gazeuse (Perkin Elmer clarus 680)**

- ❖ Régler le chromatographe en phase gazeuse muni d'un détecteur à capture d'électrons (ECD) ou tout autre détecteur approprié et équipé d'une colonne adéquate en suivant les instructions du fabricant.
- ❖ Eliminer toute possibilité de contamination du détecteur à capture d'électrons, qui pourrait engendrer une ligne de base élevée ou irrégulière, en suivant les instructions du fabricant.
- ❖ Injecter une portion aliquote de la phase gazeuse de l'espace de tête des flacons contenant les échantillons dans la colonne de chromatographie en phase gazeuse.
- ❖ Comparer le chromatogramme obtenu avec ceux des solutions d'étalonnage

▪ **Détermination à blanc**

- ❖ Avant l'analyse et entre les analyses, procéder à des essais à blanc en appliquant le protocole complet à l'aide de l'eau exempte de THM (dans notre cas Guedila).

▪ **Etalonnage**

- ❖ L'analyse par la méthode d'espace de tête nécessite un étalonnage sur toute la procédure. Ceci est réalisé en préparant des solutions aqueuses des composés à déterminer, dans une gamme de concentration individuelle située dans la gamme dynamique linéaire du détecteur.
- ❖ Le diméthylformamide, l'acétone ou le méthanol peuvent être utilisés comme solvants miscibles à l'eau. Ces solvants fournissent une répartition rapide et uniforme des hydrocarbures halogénés dans l'eau

▪ **Préparation de la solution intermédiaire à 10.10⁴ µg/L**

- ❖ Dans une fiole jaugée de 5 ml, introduire 250 µg/L de la solution étalon à 2000 µg/ml a l'aide d'une micro seringue puis compléter au trait de jauge avec méthanol. (Cette solution est stable pendant 4 mois conservée à l'obscurité et à 4°C).

▪ **Préparation des solutions étalons pour la courbe d'étalonnage**

- ❖ Dans une fiole jaugée de 5 ml, introduire 50 µl de la solution étalon à 10.10⁴ µg/L, puis compléter au trait de jauge avec de l'eau, cette solution est notée solution étalon N° 1 à 1000 µg/L.

- ❖ Dans une autre fiole jaugée de 5 ml, introduire 100 µl de la solution étalon à $10.10^4 \mu\text{g/L}$, puis compléter au trait de jauge avec de l'eau, cette solution est notée solution étalon N° 2 à 2000 µg/L.
- ❖ Dans une autre fiole jaugée de 5 ml, introduire 200 µl de la solution étalon à $10.10^4 \mu\text{g/L}$, puis compléter au trait de jauge avec de l'eau, cette solution est notée solution étalon N° 3 à 4000 µg/L.
- ❖ Dans une autre fiole jaugée de 5 ml, introduire 450 µl de la solution étalon à $10.10^4 \mu\text{g/L}$, puis compléter au trait de jauge avec de l'eau, cette solution est notée solution étalon N° 4 à 9000 µg/L.
- ❖ Dans une autre fiole jaugée de 5 ml, introduire 550 µl de la solution étalon à $10.10^4 \mu\text{g/L}$, puis compléter au trait de jauge avec de l'eau, cette solution est notée solution étalon N° 5 à 11000 µg/L.

▪ **Courbe d'étalonnage**

- ❖ Prendre 100 µl de chaque solution (1,2,3,4 et 5) à l'aide de micropipette et les mettre dans des fioles de 10 ml et compléter avec de l'eau. Les concentrations sont devenues 10 µg/L, 20 µg/L, 40 µg/L, 90 µg/L, 110 µg/L respectivement.
- ❖ Prendre 5 ml de chaque solution à l'aide d'une pipette rincée soigneusement après chaque utilisation et les mettre dans un Vial, placer la capsule métallique et bien serrer.
- ❖ La courbe d'étalonnage est établie en suivant l'instruction de travail de l'équipement concerné.

▪ **Echantillon**

- ❖ Prendre 5 ml de l'échantillon d'eau à l'aide d'une pipette et le mettre dans un Vial.

○ **Expression des résultats**

Les résultats sont donnés en microgramme par litre (µg/l).

I-4- Étude statistique par Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP) fait partie du groupe des méthodes descriptives multidimensionnelles appelées méthodes factorielles, qui consiste à transformer des variables liées entre elles (dites corrélées) en nouvelles variables décorréées les unes des autres. Ces nouvelles variables sont nommées « composantes, principales », ou axes principaux.

L'utilisation de l'ACP, pour l'interprétation des données semble une solution intéressante pour une meilleure compréhension de la qualité des eaux et des états écologiques

des milieux étudiés (**SIMENOV et al., 2003**). Cette technique a également l'avantage d'identifier et de lier les différents facteurs, elle est donc un meilleur outil de gestion des ressources en eaux permettant de trouver des solutions rapides aux problèmes de pollution (**OUYANG et al., 2005 ; MENCIO et al., 2008**).

Nous avons appliqué cette méthode (ACP), pour visualiser les paramètres de qualité de l'eau des cinq réservoirs de la wilaya de Blida. Pour pouvoir traiter le tableau de données, nous avons utilisé le logiciel XLSTAT 2017.

Résultats

II- RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats des analyses des échantillons effectués de Février jusqu’au Mai 2017 seront comparés aux normes recommandées par le Journal Officiel de la République Algérienne (JORA, 2011 ; JORA, 2014) afin d’évaluer la qualité des eaux par dosage des Trihalométhanes et les facteurs affectant leur formation.

II-1- Température

La température de l’eau est probablement l’unique facteur important pouvant expliquer la variation saisonnière de la concentration des Trihalométhanes (SMILLIE *et al.*, 1977).

Durant la période d’étude, les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 9. Les valeurs de la température se situent dans un intervalle qui oscille entre un minimum de 12.5°C et un maximum de 25.2°C. Ces valeurs sont en fonction de l’heure de prélèvement et des conditions météorologiques.

En Algérie, le Décret exécutif N° 11-125 du 22 Mars 2011 relatif à la qualité de l’eau de consommation humaine fixe une valeur indicative de 25 °C pour la température (JORA, 2011). Les valeurs constatées au cours de cette étude pour les différents échantillons sont inférieures à cette norme, à l’exception d’un seul échantillon qui dépasse la norme avec une valeur de 25.2 °C. Cette augmentation serait due principalement aux conditions météorologiques le jour du prélèvement.

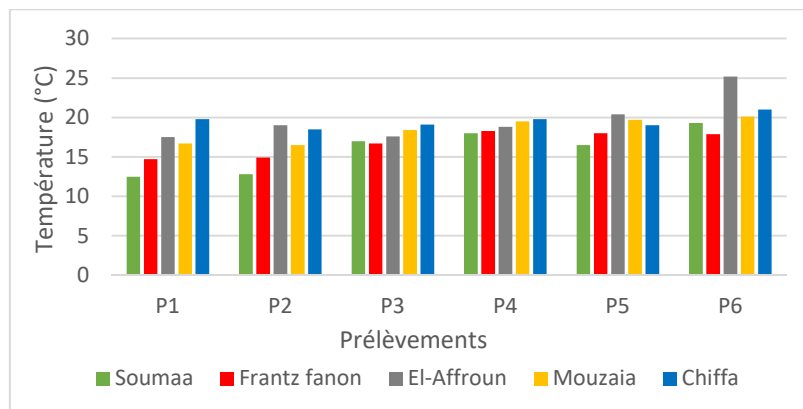


Figure 9 : Variation de la température de l’eau potable dans les cinq réservoirs

Comme dans la plupart des autres réactions chimiques, la vitesse de formation des Trihalométhanes produits par la chloration de l’eau potable est liée à la température, STEVENS et ses collaborateurs ont montré que, dans de l’eau brute ayant reçu une dose de chlore de 10

mg/L, la vitesse de formation du chloroforme était multipliée par trois si la température passait de 3°C à 25°C.

II-2-pH

Dans cette étude, les résultats obtenus montrent que les valeurs du pH varient entre 7.28 et 8.15 (Figure 10). Le Décret exécutif N° 14-96 du 04 Mars 2014 modifiant et complétant le décret 11-125 du 22 Mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine mentionne une valeur indicative du $\text{pH} \geq 6.5$ et ≤ 9 (JORA, 2014).

D'après les résultats obtenus, on constate que les valeurs du pH pour les différents échantillons de l'eau sont dans la norme et très proche de la neutralité.

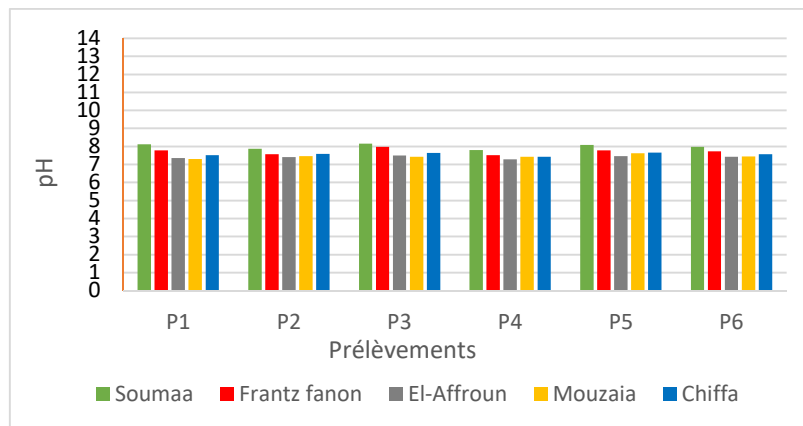


Figure 10 : Variation du pH des eaux potables dans les cinq réservoirs

L'augmentation du pH favorise la formation des THM (KRASNER *et al.*, 1989 ; POURMOGHADDAS et STEVENS, 1995). La formation des THM a tendance à être faible à un pH de 5, mais elle augmente d'environ 20% à une plage de pH de 7 à 8.2 et d'environ 40% si le pH est supérieur à 8.5 (EDWARDS et REIBER, 1997 ; NAVALON *et al.*, 2008 ; USEPA, 2008 ; RECKHOW et SINGER, 2011).

II-3- Matière organique naturelle (MON)

L'estimation de la matière organique est un problème complexe et délicat, qui fait appel à des dosages et à des tests. Du fait même de la nature très diversifiée des matières organiques et des divers stades de dégradation, il n'est pas possible de considérer qu'une seule méthode ou

qu'un seul test pour permettre une bonne évaluation (RODIER, 2005). L'étude de matière organique a été réalisée par méthode de l'oxydabilité au permanganate de potassium en milieu acide à chaud vue sa rapidité, et par l'analyse du carbone organique total (COT) qui est l'un des précurseurs de formation de THM.

❖ Oxydabilité au $KMnO_4$ (indice permanganate)

L'analyse de matière organique par méthode de l'oxydabilité au $KMnO_4$ montre que les eaux étudiées renferment de faibles concentrations en matière organique. Les valeurs obtenues varient entre 0.08 et 1.04 mg/L d'oxygène (Figure 11).

Le Décret exécutif N°11-125 du 22 Mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine fixe une valeur limite de 5 mg/L O_2 (JORA, 2011). Les valeurs obtenues au cours de cette étude ne dépassent pas la norme fixée par le décret.

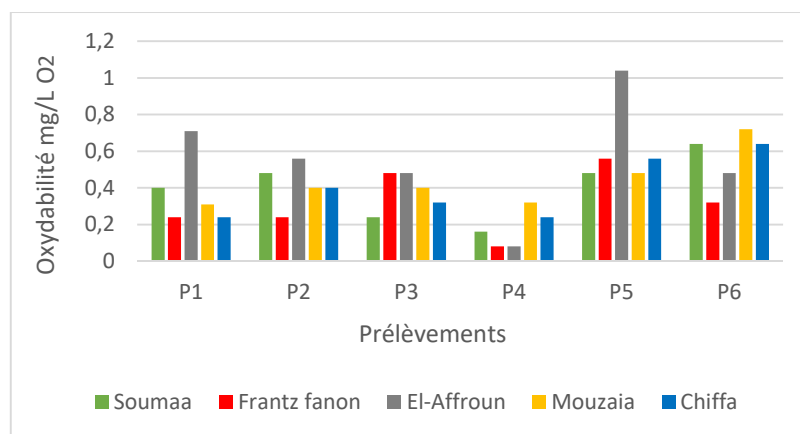


Figure 11 : Valeurs de l'oxydabilité au $KMnO_4$ des eaux des réservoirs

❖ Carbone organique total COT

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques à plusieurs états d'oxydation dont certains sont susceptible d'être oxydés des procédés chimiques ou biologique (RODIER, 2005).

USEPA propose le carbone organique total (COT) comme précurseur global des SPC (USEPA, 1998). L'analyse du carbone organique total (COT) est généralement un bon indicateur de la présence des précurseurs des THM et des autres SPD (SINGER, 1999). Il est directement proportionnel à la concentration de MON.

L'analyse du carbone organique total (COT) indique que la concentration de matière organique est très faible dans les eaux étudiées, les valeurs obtenues varient entre 0.12 et 1.34 mg/L de carbone (Figure 12).

Le Journal Officiel de la République Algérienne n'a pas mentionné une valeur limite ou indicative concernant ce paramètre. La norme française pour l'eau destinée à la consommation humaine code de la santé publique article R.1321-1 à R.1321-66 et annexes 13-1 à 13-3 indique une valeur de 2 mg/L C.

Les valeurs du COT obtenues ne dépassent pas la valeur fixée par la norme française.

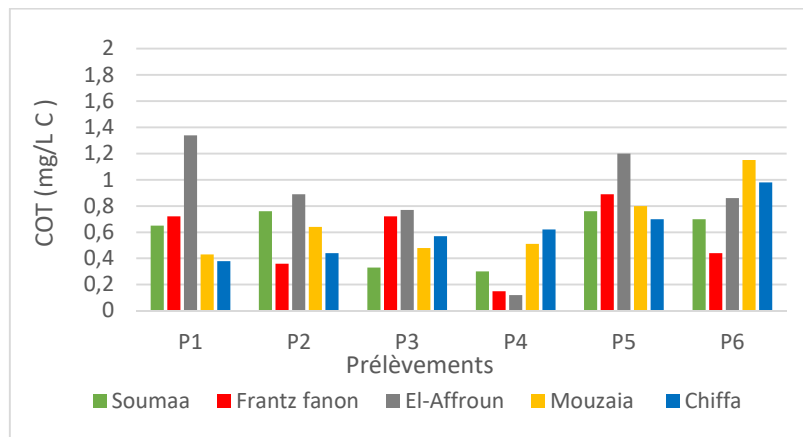


Figure 12 : Valeurs du carbone organique total dans les eaux des réservoirs

II-4- Chlore

Le chlore est le désinfectant le plus couramment utilisé dans le monde pour traiter l'eau potable (OMS, 1997) en raison de ses propriétés germicides, de sa facilité d'utilisation, de mesure et de contrôle, de sa persistance et de son faible coût (CIRC, 1991 ; CONNELL, 1996 ; WHITE, 1999).

Sur la base des données représentées par la figure 13, on constate que les teneurs en chlore varient entre 0 et 0.7 mg/L. Le décret N° 11-125 du Journal Officiel de la République Algérienne indique une valeur limite du chlore de 5 mg/L (JORA, 2011). Environmental Protection Agency (EPA) exige que la concentration résiduelle de désinfectant soit d'au moins 0.2 mg/L dans l'eau qui entre dans le réseau de distribution et que le chlore soit décelable dans l'ensemble du réseau de distribution (USEPA, 2002). Selon l'Organisation mondiale de la

santé, les régions qui présentent peu de risques de cholera ou d'éclotions, une concentration résiduelle de chlore de 0.2 à 0.5 mg/L (OMS, 1997).

Les concentrations habituelles de chlore dans le système d'approvisionnement en eau potable au Canada varient de 0.4 à 2 mg/L à la sortie de l'usine de traitement, de 0.4 à 1.2 mg/L aux points intermédiaires du réseau de distribution et de 0.04 à 0.8 mg/L à l'extrémité du réseau (SANTÉ CANADA, 2009).

Suivant la norme Algérienne, les teneurs en chlore dans les réservoirs ne dépassent pas la valeur indiquée dans le décret. Mais dans certains échantillons, une absence totale de chlore résiduelle 0 mg/L a été notée. Cela pourrait être due aux problèmes au niveau de l'injecteur automatique du chlore.

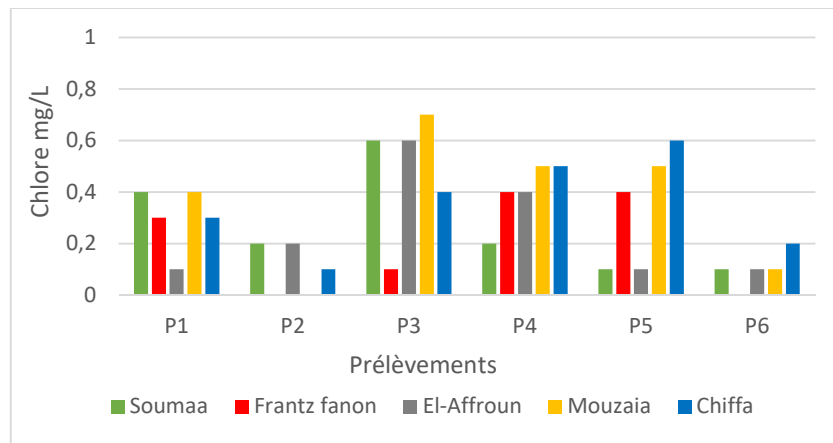


Figure 13 : Variations du chlore dans l'eau potable

II-5- Trihalométhanes

Diverses techniques d'analyse permettant de déterminer les THM, Au cours de cette étude nous avons utilisé la méthode d'extraction « Headspace » couplée à la chromatographie en phase gazeuse avec détecteurs à capture d'électrons (ECD), la limite de détection de cette méthode est de 5 µg/L.

Le Décret exécutif N° 14-96 du 04 Mars 2014 modifiant et complétant le décret N° 11-125 du 22 Mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine mentionne des valeurs limites pour les quatre THM : Chloroforme (200 µg/L), Bromoforme (100 µg/L), Dibromochlorométhane (100 µg/L) et Bromodichlorométhane (60 µg/L) (JORA, 2014).

Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau III. Ce dernier démontre que les quatre composés de THM (Chloroforme, Bromoforme, DBCM, BDCM) sont conformes par rapport aux valeurs limites fixées par le décret.

Tableau III : Résultats des analyses des quatre composés de THM

Prélèvements	THM	Smomaa	Frantz F.	El-Affroun	Mouzaia	Chiffa
1^{er} Prélèvement 20/02/2017	Chloroforme	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	BDCM	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	DBCM	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	Bromoforme	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
2^e Prélèvement 07/03/2017	Chloroforme	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	BDCM	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	DBCM	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	Bromoforme	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
3^e Prélèvement 14/03/2017	Chloroforme	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	BDCM	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	DBCM	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	Bromoforme	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
4^e Prélèvement 02/04/2014	Chloroforme	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	BDCM	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	DBCM	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	Bromoforme	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
5^e Prélèvement 17/04/2017	Chloroforme	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	BDCM	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	DBCM	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	Bromoforme	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
6^e Prélèvement 08/05/2017	Chloroforme	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	BDCM	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	DBCM	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L
	Bromoforme	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L	< 5 µg/L

II-6- Étude statistique

Le traitement statistique de l'ACP a été réalisé avec le coefficient de PEARSON, sur 5 réservoirs et 6 variables : potentiel Hydrogène (pH), Chlore résiduaire (Cl), Température (°C), carbone organique total (COT), indice permanganate (I KMnO4) et les Trihalométhanes (THM).

Une approche typologique des différentes variable (F1 et F2) selon leurs affinités et regroupement est présentée dans la figure 14. C'est l'interprétation de ces graphiques qui permettra de comprendre la structure des données analysées.

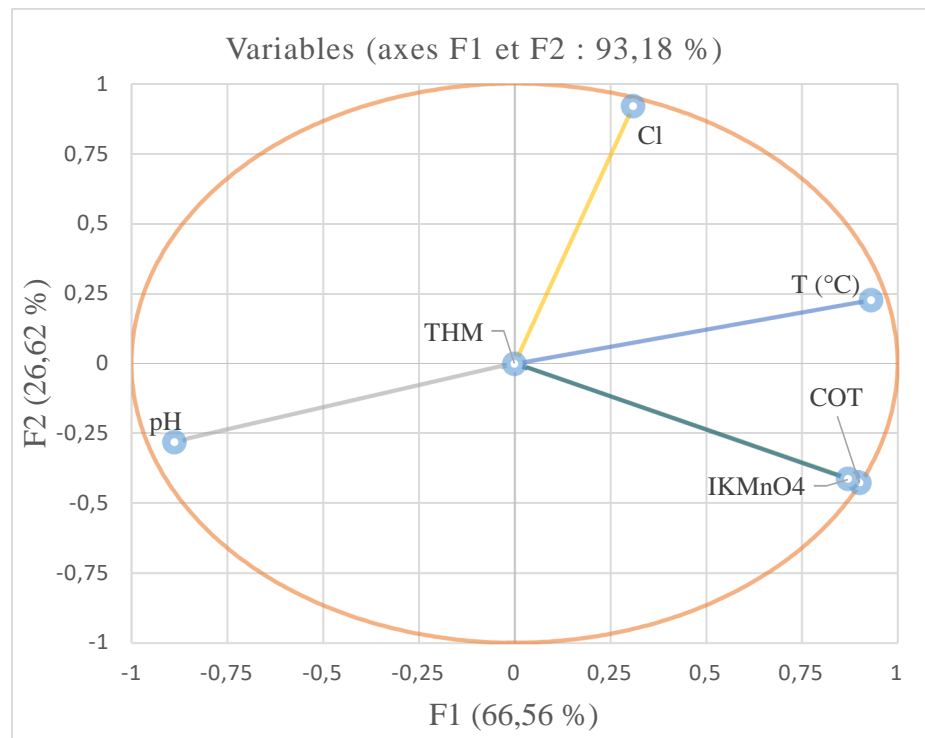


Figure 14 : Répartition des variables dans le plan factoriel formé par les CP 1 et 2

Dans le plan formé par les composantes principales 1 et 2 (figure 14), les variables les plus corrélés à la CP1 sont : la température (°C), le carbone organique total (COT), l'indice permanganate (I KMnO4) et le potentiel hydrogène (pH).

Parmi ces variables on trouve la température le carbone total et l'indice permanganate qui sont positivement à la CP1, et le potentiel hydrogène qui est corrélé négativement à la CP1, on remarque une très forte corrélation entre les deux indicateurs de la matière organique (COT et I KMnO4). Sur l'axe définie par la CP2, on trouve le chlore qui est corrélé à cette composante principale. Le coefficient de corrélation de PEARSON donne une idée sur le réseau d'interrelation et de dépendances existant entre les éléments chimiques (LEFEBVRE, 1988).

Le coefficient de PEARSON est compris entre -1 et 1, indique une présomption de liaison entre les deux séries d'autant qu'il se rapproche de 1 en valeur absolue (LEFEBVRE, 1988).

On constate que les THM sont au centre du plan factoriel, cela signifie qu'ils ne possèdent aucune corrélation, d'ailleurs les valeurs obtenues lors du dosage du THM ne sont pas des variables continues. Un élément proche au centre du plan est probablement mieux expliqué par d'autres composantes principales autre que la CP1 et CP2 (DIALLO et al., 2014).

Le chlore et la température occupent le quart supérieur droit du plan factoriel, ces facteurs ont donc des liaisons positives avec la CP1 et CP2. Le COT et I KMnO4 (indicateurs de la matière organique naturelle) occupent le quart inférieur droit du plan factoriel, ces deux éléments ont donc des liens positifs avec la CP1 et négatifs avec la CP2. Le pH occupe le quart inférieur gauche du plan factoriel, le pH a donc une liaison négative avec la CP1 et CP2.

L'analyse de la répartition des échantillons dans les plans factoriels permet de mettre en évidence les ressemblances et dissemblances existantes entre les échantillons et leurs composantes élémentaire. Afin d'identifier ces liens existant entre les échantillons et leur composition chimique, les coordonnées des observations dans le plans factoriel CP1 et CP2 ont été représentées sur la figure 15.

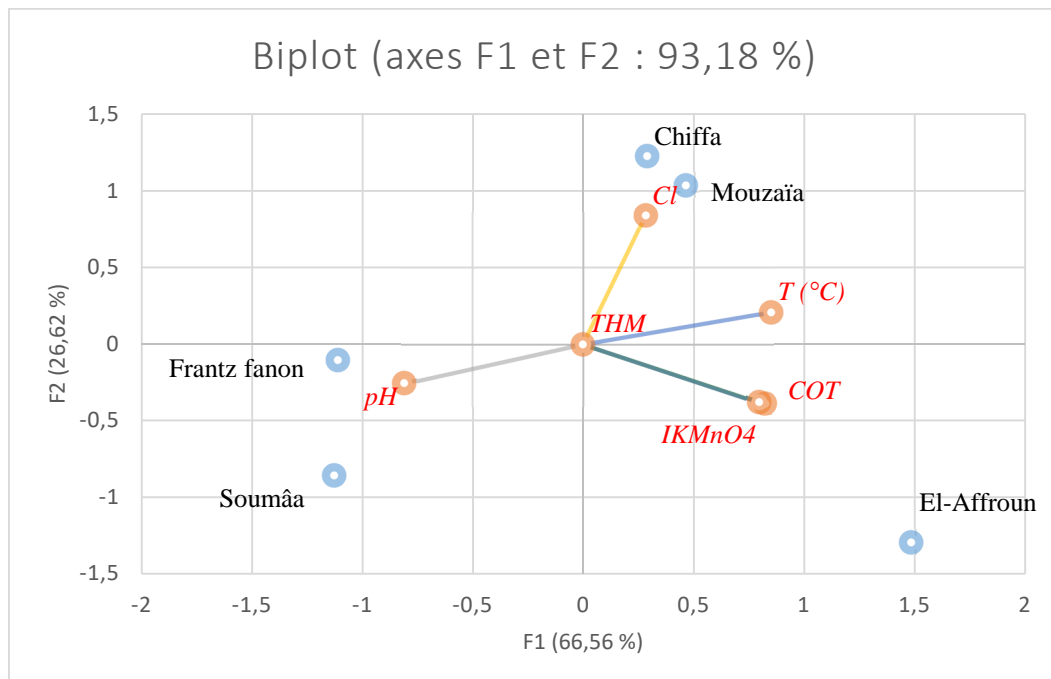


Figure 15 : Répartition des observations dans le plan factoriel formé par la CP1 et CP2

Dans le premier groupe qui regroupe les échantillons provenant de Frantz fanon et Soumâa, leur localisation dans cet ensemble est liée à leur valeurs en ions hydrogène pH. Une deuxième observation est essentiellement définie par les échantillons prélevés au niveau de réservoir d'El-Affroun, la localisation est liée au COT et I KMnO4.

Un troisième ensemble regroupe les échantillons provenant des deux réservoirs de Chiffa et Mouzaïa, leur point commun est lié aux valeurs de température de l'eau et celles en chlore.

Conclusion

CONCLUSION

Les données recueillies dans cette étude nous ont permis de déterminer la qualité physico-chimique influençant la formation des Trihalométhanes dans les réservoirs de Soumâa, Frantz fanon, El-Affroun, Mouzaïa et Chiffa (wilaya de Blida).

Les résultats montrent que la température de l'eau de la ville de Soumâa et El-Affroun est plus élevée par rapport aux autres réservoirs. Cette augmentation est expliquée par les variations météorologiques et saisonnières. Le pH de l'eau est dans la norme et très proche de la neutralité. Les concentrations des deux indicateurs de matière organique (COT et IKMnO₄) sont relativement très faibles dans les cinq réservoirs. Les teneurs en chlore varient entre 0 et 0.7 mg/L. L'Algérienne Des Eaux injecte des concentrations différentes en chlore dans les réservoirs cela est selon les besoins et la nécessité, parfois on remarque qu'il n'y a aucune dose de chlore dans l'eau ceci est dû à un problème au niveau de l'injecteur automatique de chlore.

La méthode de dosage des Trihalométhanes utilisée est celle de Headspace couplée à la chromatographie en phase gazeuse et un détecteur à capture d'électron (ECD). Cette méthode simple est efficace grâce à sa rapidité et son pouvoir d'analyser plusieurs échantillons en même temps et avec une limite de quantification de 5 µg/L. Les résultats d'analyse des quatre composés de THM montrent des concentrations inférieures à 5 µg/L cela signifie que les eaux étudiées ne renferment pas de THM.

L'étude statistique par Analyse en Composantes Principales (ACP) montre une forte corrélation entre les deux indicateurs de matière organique (carbone organique total et oxydabilité au permanganate).

A travers ces résultats, il est clair que les eaux distribuées dans les villes de Soumâa, Blida, El-Affroun, Mouzaïa et Chiffa ne contiennent pas de THM donc il n'y a pas de risque sanitaire lié aux THM.

Il serait nécessaire d'assurer une eau de qualité acceptable pour la population :

- Construire d'autres réservoirs de grande capacité de stockage pour satisfaire les besoins de la population.
- Suivre quotidiennement la qualité des eaux par des analyses physicochimiques et microbiologiques.
- Nettoyer les réservoirs avant le stockage de l'eau pour assurer que la paroi du réservoir n'influence pas la qualité de l'eau.

- Suivre l'évolution des paramètres de qualité de l'eau distribuée le long de son parcours dans les réseaux de distribution jusqu'aux consommateurs.
- Il apparaît important de déterminer des indicateurs de matière organique plus spécifique aux précurseurs de THM, la mesure de la fluorescence pourrait être une alternative intéressante.

Références

Bibliographiques

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **ABDEL-RAHMAN M.S. (1982).** The presence of trihalomethane in soft drinks. *Journal of Applied Toxicology* 2, 165-169.
- **ACHOUR S. et GUERGAZI S. (2002).** Incidence de la minéralisation des eaux algériennes sur la réactivité de composés organiques vis-à-vis du chlore. *Revue des sciences de l'eau* 153 :641-660.
- **AHMED A.E., KUBIC V.L., STEVENS J.L., et ANDERS M.W. (1980).** Halogenated methanes: metabolism and toxicity. *Federation proceedings* 39, 3150-3155.
- **AGGAZZOTTI G., FANTUZZI G., TARTONI P.L. et PREDIERI G. (1990).** Plasma chloroform concentrations in swimmers using indoor swimming pools. *Archives of Environmental Health* 45, 175-179.
- **ALDRICH. (1996).** Aldrich. Handbook of fine chemicals. Aldrich Chemical Company, Inc. Milwaukee.
- **AMY G.L., CHADIK P.A. et Z.K. CHOWDHURY (1987).** Developing models for predicting trihalomethane formation potential and kinetics. *Journal of American water Works Association*, 79(7):89.
- **ANDERS M.W., STEVENS J.L., SPRAGUE R.W., SHAATH Z., et AHME A.E. (1978).** Metabolism of haloforms to Carbone monoxide. *Drug metabolism and Disposition* 6, 556-560.
- **ANDREWS S.A. (1996).** Using fractionated organic matter to study ozonation by-product formation. *Disinfection by-products in water treatment*, Lewis publishers: 411.
- **AYOTTE P. et LARUE M. (1988).** Les trihalométhanes dans les petits systèmes de distribution d'eau potable au Québec. Campagne d'échantillonnage de 1987, Ministère de l'Environnement du Québec, Division des eaux de consommation, 18 pages.
- **BACKER L.C., ASHLEY D.L., BONIN M.A., CARDINALI F.L., KIESZAK S.M. et WOOTEN J.V. (2000).** Household exposures to drinking water disinfection by-products: whole blood trihalomethane levels. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 10, 321-326.
- **BENHAMIMED E. et MOULESSEHOUL S. (2017).** Presence and seasonal variation of trihalomethanes (THMs) levels in drinking water in Mostaganem province in northwest Algeria. *Electronic physician* 9 (5): 4364-4369.

- **BOORMAN G.A., BELLARCO V., DUNNICK J.K., CHAPIN R.E., HUNTER D., HAUCHMAN F., GARDNER H., COX M., et SILLS R.C. (1999).** Drinking water disinfection by-products: review and approach to toxicity evaluation. *Environmental Health Perspective* 107, 207-217.
- **BOVE F.J. et al. (1995).** Public drinking water contamination and birth outcomes. *American Journal of Epidemiology*, 141 (9): 850.
- **BROWN D.M., LANGLEY P.F., SMITH D., et TAYLOR D.C. (1974).** Metabolism of chloroform. The metabolism of (14 C) chloroform by different species. *Xenobiotica* 4, 151-163.
- **CAMMANN K. et HUBNER K. (1995).** Trihalomethane concentrations in swimmers and bath attendants blood and urine after swimming or working in indoor swimming pools. *Archives of Environmental Health* 50, 61-65.
- **CHIN Y., AIKEN G. et E. O'LOUGHLIN (1994).** Molecular Weight, polydispersity and spectroscopic properties of aquatic humic substances. *Environmental Science and Technology*, 28: 1853.
- **CIRC (1991).** Chlorination drinking water, chlorinated by-product, some other halogenated compounds, cobalt and cobalt compounds, dans *Monographies du CIRC sur l'évaluation des risques de cancérogénicité pour l'homme*, vol. 52, Centre International de Recherche sur le Cancer, Lyon, France.
- **CONNELL G.F. (1996).** Water disinfection series: The chlorination/chloramination handbook. American Water Works Association, Denver, Colorado.
- **CRAUN G.F. (1985).** Epidemiologic considerations for evaluating associations between the disinfection of drinking water and cancer in humans. *Water chlorination: chemistry, Environment Impact and Health Effects*, 5:133.
- **CROUE J.P., KORSHIN G.V., LEENHEER J.A. et M.M. BENJAMIN (1998).** Isolation, fractionation and characterization of natural organic matter in drinking water. AWWARF report.
- **DAMIEN M., ERIC J., CHRISTOPHE R., PASCAL B., ABDELKRIM Z., et AGNES (2009).** Les sous-produits de chloration dans l'eau destinée à la consommation humaine en France., Institut de veille sanitaire France.
- **DIALLO A.D., IBNO-NAMR K., N'DIAYE A.D., GAMES H., KANKOU M., WANE O. (2014).** L'intérêt des méthodes d'analyses statistiques dans la gestion du suivi de la qualité physicochimique de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal. *Larhyss Journal*, 101-114.

- **DIX K.J., KEDDERIS G.L., et BORGHOFF S.J. (1997).** Vehicule-dependent oral absorption and target tissue dosimetry of chloroforme in male rats and female mice. *Toxicology Letters* 91, 197-209.
- **EDWARDS M., et S. REIBER (1997).** A general framework for corrosion control based on utility experience. American Water Works Association Research Foundation, Denver, Colorado.
- **GALAPATE R.P., BASE A.U., ITO K. et M. OKADA (1999).** Trihalomethane formation potential prediction using some chemical functional groups and bulk parameters. *Water Research*, 33 (11): 2555.
- **GALLARD H. et VON GUNTEN U. (2002).** Chlorination of natural organic matter: kinetics of chlorination and of THM formation. *Water Research* 36 (1), 65-74.
- **GARCIA-VILLANOVA R.J., GARCIA C., GOMEZ J.A., GARCIA M.P. et R. ARDANUY (1997).** Formation, evolution and modeling of trihalomethanes in the drinking water. *Water Research*, 31 (6): 1299.
- **GROB R.L. et E.F. BARRY (2004).** Modern practice of gas chromatography. Hoboken, John Wiley and Sons, Inc.
- **HALEY J.A. (1999).** Chloramination: The background to its introduction, and the management of nitrite formation in a water distribution system. Dans: disinfection by-products in drinking water. Current Issues. (Fielding M., et Farrimond M., Eds.), pp.78-87. Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- **JACKSON D.E., LARSON R.A., SNOEYINK V.L. (1987).** Reaction of chlorine and chlorine dioxide with resorcinol in aqueous solution and adsorbed on granular activated carbon. *Water Research*, 21:849-857.
- **JOHANSSON J.S. (1997).** Binding to the volatile anesthetic chloroform to albumin demonstrated using tryptophan fluorescence quenching. *The Journal of Biological Chemistry* 272, 17961-17965.
- **JORA (2011).** Journal Officiel de la République Algérienne. Décret exécutif N° 11-125 du 22 Mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.
- **JORA (2014).** Journal officiel de la République Algérienne. Décret exécutif N° 14-96 du 04 Mars 2014 modifiant et complétant le décret 11-125 du 22 Mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.
- **JORGENSON T.A., MEIERHENRY E.F., RUSHBROOK C.J., BULL R.J., et ROBINSON M. (1985).** Carcinogenicity of chloroform in drinking water to male osborne-mendel rats and female B6C3F1 mice. *Fundamental and applied toxicology* 5, 750-769.

- **KRASNER S.W., McGUIRE M.J., JACANGELO J.G., PARNIA N.L., REAGAN K.M. et AIETA E.M. (1989).** The occurrence of disinfection by-products in US drinking water. *J. Am. Water Works Association*, 81:41.
- **KRASNER S.W. (1999).** Chemistry of disinfection by-product formation. Formation and control of disinfection by-products in drinking water, American Water Works Association, Denver, 27-51 p.
- **KING W.D. et L.D. MARRET (1996).** Case-control study of bladder cancer and chlorination by-products in treated water (Ontario, Canada). *Cancer Causes and Control*, 7 (6): 596.
- **KLUWE W.M., McCORMACK K.M., et HOOK J.B. (1978).** Selective modification of the renal and hepatic toxicities of chloroform by induction of drug metabolizing enzyme systems in kidney and liver. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 207, 566-573.
- **LEBEL G.L. et WILLIAMS D.T. (1995).** Differences in chloroform levels from drinking water samples analysed using various sampling and analytical techniques. *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, 60:213-220.
- **LEFEBVRE J. (1988).** Introduction aux analyses statistiques multidimensionnelles avec exemples d'applications, 3^e édition, 279 p.
- **LEGUBE B., XIONG F., CROUE J.P. et DOR M. (1990).** Etude sur les acides fulviques extraits d'eaux superficielles françaises-extraction, caractérisation et réactivité avec le chlore. *Journal of Water Science* 3 (4), 399-424.
- **LEVALLOIS P. (1997).** Qualité de l'eau potable et trihalométhanes. *Bulletin d'information en santé environnementale*, 8(6) :1.
- **LILLY P.D., SIMMONS J.E. et PEGRAM R.A. (1994).** Dose-dependent vehicle differences in the acute toxicity of bromodichloromethane. *Fundamental and Applied Toxicology* 23, 132-140.
- **LILLY P.D., ROSS T.M., et PERGAM R.A. (1997).** Trihalomethane comparative toxicity: Acute renal and hepatic toxicity of chloroform and bromodichloromethane following aqueous gavage. *Fundamental and Applied Toxicology* 40, 101-110.
- **LOFBERG B. et TJALVE H. (1986).** Teacing tissues with chloroform metabolizing capacity in rats. *Toxicology* 39, 13-35.
- **MENCIO A., MASPIA J. (2008).** Assessment by multivariate analysis of groundwater-surface water interaction in urbanized Mediterranean streams. *Journal of Hydrology*, 352, 355-366.

- **MERCK. (1989).** The Merck Index. Merck and Co., Inc., Rahway.
- **MINK F.L., BROWN T.J., et RICKABAUGH J. (1986).** Absorption, distribution and excretion of 14 C-trihalomethanes in mice and rats. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 37, 752-758.
- **MONTGOMERY J.M. (1991).** Final report: disinfection/disinfection by-products database and model project. American water works association, Denver, Colorado, 243 p.
- **National Research Council (NRC) (1987).** Drinking water and health; disinfection and disinfectants by-products. Commission on Life Sciences, Board on Environmental Studies and Toxicology, Safe Drinking Water Committee, Subcommittee on Disinfectants and disinfectant by-products. National Academy Press, 7:207.
- **National Toxicology Program (NTP). (1989).** Toxicology and carcinogenesis studies of trihalomethane (bromoform) (CAS No. 75-25-2) in F344/N rats and B6C3F1 mice (gavage studies). TR-350.
- **NAVALON S., ALVARO M., et H. GARCIA (2008).** Carbohydrates as trihalomethanes precursors. Influence of pH and the presence of Cl and Br on trihalomethanes formation potential. Water Research, 42: 3990-4000.
- **NCI (1976).** Report on the carcinogenesis bioassay of chloroform. National Cancer Institute, NCI-CG-TR-155.
- **NEUTRA R.R., OSTRO B. (1992).** An evaluation of the role of epidemiology in assessing current and future disinfection technologies for drinking water. The Science of the Total Environment 127, 91-138.
- **NICHOLSON B.C., MAGUIRE B.P. et BURSILL D.B. (1984).** Henry's Law Constant for the trihalomethane: Effect of water composition and temperature. Environment Science and Technology, 18: 518-521.
- **NTP (1985).** Toxicity and carcinogenesis studies of chlorodibromomethane in F344/N rats and B6C3F1 mice (gavage studies). Rapport technique No. 282. National Toxicology Program.
- **NTP (1987).** Toxicity and carcinogenesis studies of bromodichloromethane in F344/N rats and B6C3F1 mice (gavage studies). Rapport technique No.321. National Toxicology Program.
- **OMS (1997).** Disinfection, dans: WHO seminar pack for drinking water quality, Organisation Mondiale de la Santé, Genève, Suisse.
- **OUYANG Y. (2005).** Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. Water Research, 39, 2621-2635.

- **PAPET Y., BRUNET et al. (2010).** Headspace HS et micro-extraction en phase solide (SPME). Théorie et applications. *Annales de Toxicologie Analytique*. 22 (2) : 75-79.
- **PATRA S.K. et PAL M.K. (1997).** Spectroscopic probes of the individual and combined effects of triton X-100 and chloroform on serum albumins and serum-albumin-bilirubin complexes. *European Journal of Biochemistry* 246, 658-664.
- **POHL L.R., BHOOSHAN B., WHITTAKER N.F., et KRISHANA G. (1977).** Phosgene: a metabolite of chloroform. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 79, 684-691.
- **POHL L.R., MARTIN J.L. et GEORGE J.W. (1980).** Mechanism of metabolic activation of chloroform by rat liver microsomes. *Biochemical pharmacology* 29, 3271-3276.
- **POURMOGHADDAS H., et P.C. STEVENS (1995).** Relationship between trihalomethanes and haloacetic acids with total organic halogen during chlorination. *Water Research*, 29:2059-2062.
- **RATHBUN R.E. (1996).** Trihalomethane and non-purgeable total organic-halide formation potential of the Mississippi River. *Archives of Environmental Contamination and toxicology*, 30:156.
- **RECKHOW D.A. et SINGER P.C. (1984).** The removal of organic halide precursors by preozonation and alum coagulation. *Journal American Water Works Association*, 4:151-157.
- **RECKHOW D., et P. SINGER (2011).** Formation and control of disinfection by-products, 19e chapitre dans *Water quality and treatment: a handbook on drinking water*, 6e édition, sous la direction de J.K. Edzwald, American Water Works Association, Denver, Colorado.
- **RICE R.G. et GOMEZ-TAYLOR M. (1986).** Occurrence of by-products of strong oxidants reacting with drinking water contaminants-scope of the problem. *Environmental Health Perspective*, 69: 31-44.
- **RICHARDSON S.D., CAUGHRAM T.V., THRUSTON A.D.Jr. (1999).** Identification of drinking water disinfection by-products from ozone, chlorine dioxide, chloramine and chlorine. Dans: *Disinfection by-products. Current Issues.* (Fielding M., et Farrimond M., Eds.), pp. 46-53. Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- **RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J.P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H., et L. RODI (2005).** *L'Analyse de l'eau - 8^e Edition – eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.* Dunod, Paris.

- **ROOK J.J. (1974).** Formation of haloforms during chlorination of natural waters. *Water Treatments and Examination*, 23:234.
- **ROUSSEAU H. (1993).** Suivi des concentrations de THM dans huit (8) réseaux de distribution d'eau potable au Québec. Division des eaux de consommation, Direction des écosystèmes urbains, Ministère de l'Environnement, Gouvernement du Québec, 54 p.
- **SANTE CANADA (2009).** Recommandation pour la qualité de l'eau potable. Document technique. Gouvernement du Canada.
- **SIMENOV V., STRATIS J.A., SAMARA C., ZAHARIADIS G., VOUSTA D., ANTHEMEDIS A., SOFONIOU M., KOUMTZIS T. (2003).** Assessment of the surface water quality in northern Greece, *Water Research*, 37, 4119-4124.
- **SINGER P.C. (1994).** Control of disinfection by-products in drinking water. *Journal of Environmental Engineering*, 120 (4): 727.
- **SINGER P.C. (1999).** Humic substances as precursors for potentially harmful disinfection by-products. *Water Science and Technology*, 40 (9): 25.
- **SMILLIE R.D., NICHOLSON A.A., MERESZ O., DUHOLK W.K., REES G.A.V., ROBERTS K., et FUNG G. (1977).** Organics in Ontario Drinking Water, 2^e partie. Ministère de l'environnement de l'Ontario, Toronto.
- **SMITH V.L., CECH I., BROWN J.H. et BOGDAN G.F. (1980).** Temporal variation in trihalomethane content of drinking water. *Environmental Science and Technology*, 14 : 190-196.
- **SNOW N.H. et G.C. SLACK (2002).** Headspace analysis in modern gas chromatography. *Trends in Analytical Chemistry Elsevier Science*. 21:608-616.
- **STEVENS A.A., SLOCUM C.J., SEEGER D.R. et ROBECK G.G. (1976).** Chlorination of organics in drinking water. *J. Am. Water Works Association*, 68:615.
- **STEVENS J.L. et ANDERS M.W. (1979).** Metabolism of haloforms to carbon monoxide. Studies on the mechanism of the reaction. *Biochemical Pharmacology* 28, 3189-3194.
- **SWAN S.H. et al. (1998).** A prospective study of spontaneous abortion: relation to amount and source of drinking water consumed in early pregnancy. *Epidemiology*, 9 (2): 126.
- **TESTAI E., et VITTOZZI L. (1984).** Different pathways of chloroform metabolism. *Archives of Toxicology, Supplement 7*, 278-281.
- **TESTAI E., DI-MARZIO S., et VITTOZZI L. (1990).** Multiple activation of chloroform in hepatic microsomes from uninduced B6C3F1 mice. *Toxicology and Applied Pharmacology* 104, 496-503.

- **TOMASI A., ALBANO E., BIASI F., SLATER T.F., VANNINI V., et DIANZANI M.U. (1985).** Activation of chloroform and related trihalomethanes to free radical intermediates in isolated hepatocytes and in the rat in vivo as detected by the esr-spin trapping technique. *Chemico-biological Interactions* 55, 303-316.
- **TRUSSEL R.R. et M.D. UMPHRES (1978).** The formation of trihalomethanes. *Journal of the American Water Works Association*, 70: 604-612.
- **UMPHRES M.D., TRUSSEL A.R., TATE C.H. et TRUSSEL H.R. (1981).** Trihalomethane in drinking water. *Water Quality and Supply*, 3: R-65-R-74.
- **United States Environment Protection Agency (USEPA). (2001).** Toxicological review of chloroform. CAS No. 67-66-3. In support of summary information on the Integrated Risk Information System (IRIS). EPA/65/R-01/002. Washington DC.
- **URANO K. et TAKEMASA T. (1986).** Formation equation of halogenated organic compounds when water is chlorinated. *Water Research*, 20: 1555-1560.
- **USEPA (2002).** National Primary Drinking Water Regulations, 40 CFR Part 141: 436-438.
- **USEPA (2008).** Stage 2 disinfectants and disinfection by-products rule. Operational evaluation guidance manual. Office of Water, United States Environmental Protection Agency, Washington D.C.
- **VOGT C.R., LIAO J.C., et SUN A.Y. (1980).** Extraction and determination of chloroform in rat blood and tissues by gas chromatography-electron-capture detection: Distribution of chloroform in the animal body. *Clinical chemistry* 26, 66-68.
- **WALLER K. et al. (1998).** Trihalomethanes in drinking water and spontaneous abortion. *Epidemiology*, 9 (2): 134.
- **WHITE G.C. (1999).** Handbook of chlorination and alternative disinfectants, 4e ed., John Wiley and Sons, New York.
- **WHO. (2002).** Disinfectant and disinfectant by-products. World Health Organisation. Geneva.
- **WITHEY J.R., COLLINS B.T. et COLLINS P.G. (1983).** Effect of vehicle on the pharmacokinetics and uptake of four halogenated hydrocarbons from the gastrointestinal tract of the rat. *Journal of Applied Toxicology* 3, 249-253.
- **ZHU J.Y. et X.S. CHAI (2005).** Some recent developments in Headspace gas chromatography. *Current Analytical Chemistry*. 1: 79-83.

Annexes

Annexe. I

Tableau IV : Résultats des analyses physicochimiques

Prélèvements	régions	pH	Cl	T °C	COT	IMn	THM
P1	Soumaa	8.12	0.4	12.5	0.65	0.4	<5µg/L
	Blida	7.79	0.3	14.7	0.72	0.24	<5µg/L
20/02/2017	ElAffroun	7.36	0.1	17.5	1.34	0.71	<5µg/L
	Mouzaia	7.30	0.4	16.7	0.43	0.31	<5µg/L
	Chiffa	7.52	0.3	19.8	0.38	0.24	<5µg/L
P2	Soumaa	7.87	0.2	12.5	0.76	0.48	<5µg/L
	Blida	7.57	0	14.9	0.36	0.24	<5µg/L
07/03/2017	ElAffroun	7.41	0.2	19	0.89	0.56	<5µg/L
	Mouzaia	7.46	0	16.5	0.64	0.4	<5µg/L
	Chiffa	7.59	0.1	18.5	0.44	0.4	<5µg/L
P3	Soumaa	8.15	0.6	17	0.33	0.24	<5µg/L
	Blida	7.97	0.1	16.7	0.72	0.48	<5µg/L
14/03/2017	ElAffroun	7.50	0.6	17.6	0.77	0.48	<5µg/L
	Mouzaia	7.42	0.7	18.4	0.48	0.40	<5µg/L
	Chiffa	7.64	0.4	19.1	0.57	0.32	<5µg/L
P4	Soumaa	7.8	0.2	18	0.30	0.16	<5µg/L
	Blida	7.52	0.4	18.3	0.15	0.08	<5µg/L
02/04/2017	ElAffroun	7.28	0.4	18.8	0.12	0.08	<5µg/L
	Mouzaia	7.43	0.5	19.5	0.51	0.32	<5µg/L
	Chiffa	7.43	0.5	19.8	0.62	0.24	<5µg/L
P5	Soumaa	8.08	0.1	16.5	0.76	0.48	<5µg/L
	Blida	7.79	0.4	18	0.89	0.56	<5µg/L
17/04/2017	ElAffroun	7.47	0.1	20.4	1.20	1.04	<5µg/L
	Mouzaia	7.62	0.5	19.7	0.80	0.48	<5µg/L
	Chiffa	7.65	0.6	19.0	0.70	0.56	<5µg/L
P6	Soumaa	7.97	0.1	19.3	0.70	0.64	<5µg/L
	Blida	7.73	0	17.9	0.44	0.32	<5µg/L
08/05/2017	ElAffroun	7.43	0.1	25.2	0.86	0.48	<5µg/L
	Mouzaia	7.44	0.1	20.1	1.15	0.72	<5µg/L
	Chiffa	7.57	0.2	21	0.98	0.64	<5µg/L

Annexes. II

Tableau V : Normes physicochimiques de potabilité

(JORA, 2011)

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Oxydabilité	mg/L O ₂	5
Carbone organique total	-	-
Chlore	mg/L	5
Chloroforme		
Bromoforme	µg/L	100
BDCM		
DBCM		
		Valeurs indicatives
pH	Unité pH	≥ 6.5 et ≤ 9
Température	°C	25

JORA, 2011

Chloroforme	µg/L	200
BDCM	µg/L	60
DBCM	µg/L	100
Bromoforme	µg/L	100

JORA, 2014

Tableau VI : Norme Française sur l'eau potable

Paramètres	Unité	Valeurs
Oxydabilité	mg/L O ₂	5
COT	mg/L C	2
Chlore	-	Absence d'odeur ou de saveur désagréable et pas de changement anormal
Chloroforme		
Bromoforme	µg/L	100
DBCM		
BDCM		
pH	-	≥ 6.5 et ≤ 9
Température	°C	25

NF, 2007

Tableau VII : Norme OMS pour l'eau potable

paramètres	Unités	Valeurs
Oxydabilité	-	-
COT	-	-
Chlore	-	-
Chloroforme	µg/L	300
Bromoforme	µg/L	100
DBCM	µg/L	100
BDCM	µg/L	60
pH	-	Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Température	°C	Pas de valeur guide mais ne doit pas dépassé 25°C

OMS, 2006

Annexe. III

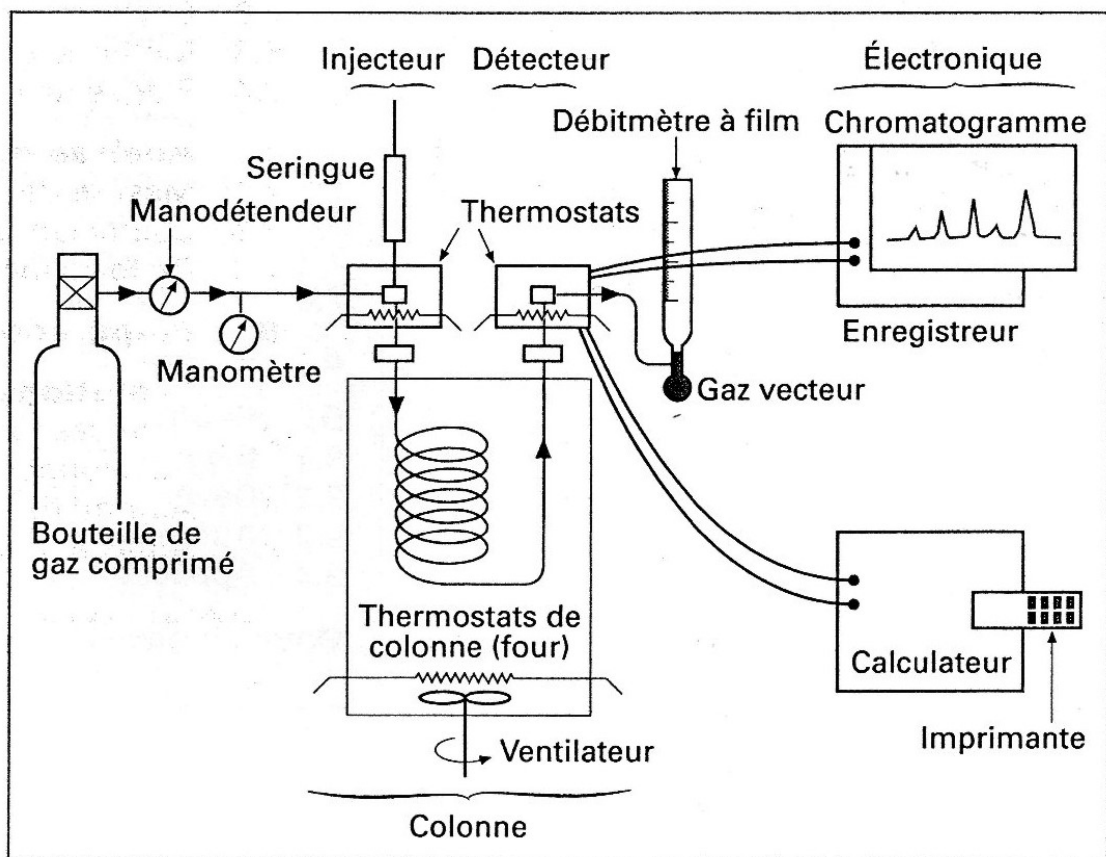


Figure 16 : Principe du Chromatographe

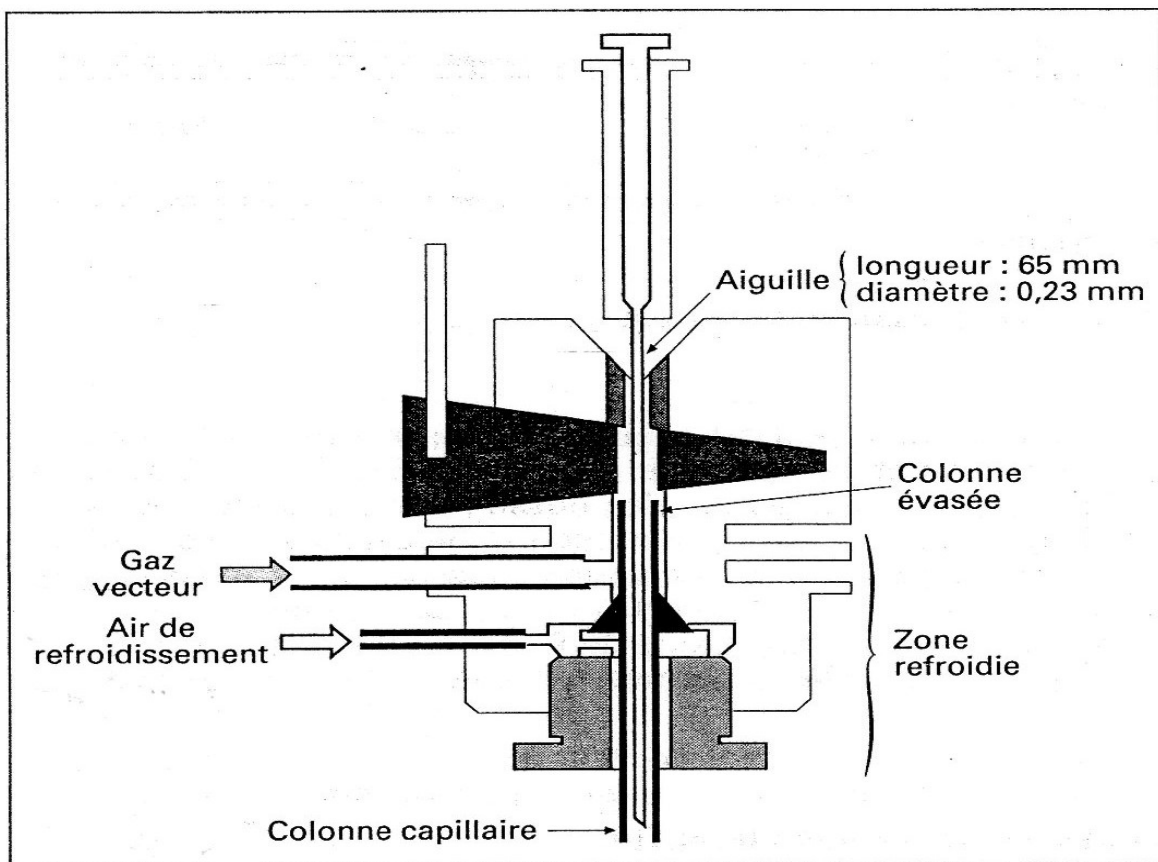


Figure 17 : injecteur en column

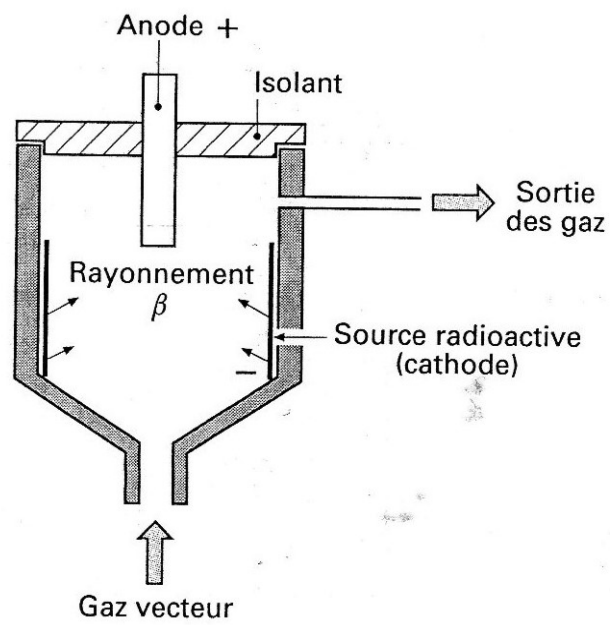


Figure 18 : Détecteur à Capture d'Électrons (ECD)

Annexe. IV
Quelques Rapports
d'Essai



E.P. ALGERIENNE DES EAUX
DIVISION DU SERVICE PUBLIC DE L'EAU
DIRECTION CENTRALE DE LA QUALITE DES EAUX
LABORATOIRE CENTRAL D'ANALYSES DES EAUX

Adresse : Rue 48 Daib Aissa Bordj El Kiffan
ALGER
Tél: 023815595/023 81 55 83
Fax :023 815584
Email: laboalger_ade@yahoo.fr

Rapport d'essai N°: 429

Alger le : 23/03/2017

Informations sur l'échantillon

N° échantillon : 16499	Lieu de prélèvement: Station Feroukha Soumaa
Type d'eau : Eau traitée	Type de client : Externe
Nom du client :	Date de réception : 21/02/2017
Préleveur : BENAROUS MOHAMED	Date de prélèvement : 20/02/2017
	Type de contrôle : Auto-contrôle
Paramètres demandés : Bromodichlorméthane; Bromoforme; Chloroforme; Dibromochlorométhane	

paramètres effectués	norme	resultats	unité	valeur limite	date d'analyse
Chloroforme	ISO 10301	<5	µg/l	200	21/02/2017
Bromoforme	ISO 10301	<5	µg/l	100	21/02/2017
Dibromochlorométhane	ISO 10301	<5	µg/l	100	21/02/2017
Bromodichlorméthane	ISO 10301	<5	µg/l	60	21/02/2017

Commentaire de service Microbiologie: /

Commentaire de service Physico-chimie: Les résultats d'analyses sont conformes par rapport aux valeurs limites fixées par le décret

Observation :

Visa de chef du laboratoire:

Décret exécutif N° 14-96 du 02 Joumada El Oula 1435 correspondant au 04 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabia Elthani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.



E.P. ALGERIENNE DES EAUX
DIVISION DU SERVICE PUBLIC DE L'EAU
DIRECTION CENTRALE DE LA QUALITE DES EAUX
LABORATOIRE CENTRAL D'ANALYSES DES EAUX

Adresse : Rue 48 Daib Aïssa Bordj El Kiffan
ALGER
Tél: 023815595/023 81 55 83
Fax :023 815584
Email: laboalger_ade@yahoo.fr

Rapport d'essai N°: 435

Alger le : 23/03/2017

Informations sur l'échantillon

N° échantillon : 16505	Lieu de prélèvement: Hopital Frantz Fanone
Type d'eau : Eau traitée	Type de client : Externe
Nom du client :	Date de réception : 08/03/2017
Préleveur : BENAROUS MOHAMED	Date de prélèvement : 07/03/2017
	Type de contrôle : Auto-contrôle
Paramètres demandés : Bromodichlorméthane; Bromoforme; Chloroforme; Dibromochlorométhane	

paramètres effectués	norme	resultats	unité	valeur limite	date d'analyse
Chloroforme	ISO 10301	<5	µg/l	200	09/03/2017
Bromoforme	ISO 10301	<5	µg/l	100	09/03/2017
Dibromochlorométhane	ISO 10301	<5	µg/l	100	09/03/2017
Bromodichlorméthane	ISO 10301	<5	µg/l	60	09/03/2017

Commentaire de service Microbiologie: /

Commentaire de service Physico-chimie: Les résultats d'analyses sont conformes par rapport aux valeurs limites fixées par le décret

Observation :

Visa de chef du laboratoire :




Décret exécutif N° 14-96 du 02 Joumada El Oula 1435 correspondant au 04 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabia Elthani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.



E.P. ALGERIENNE DES EAUX
DIVISION DU SERVICE PUBLIC DE L'EAU
DIRECTION CENTRALE DE LA QUALITE DES EAUX
LABORATOIRE CENTRAL D'ANALYSES DES EAUX

Adresse : Rue 48 Daib Aïssa Bordj El Kiffan
ALGER
Tél: 023815595/023 81 55 83
Fax :023 815584
Email: laboalger_ade@yahoo.fr

Rapport d'essai N°: 441

Alger le : 23/03/2017

Informations sur l'échantillon

N° échantillon : 16515	Lieu de prélèvement: Réservoir Benimouïmen El Affroun
Type d'eau : Eau traitée	Type de client : Externe
Nom du client :	Date de réception : 15/03/2017
Préleveur : BENAROUS MOHAMED	Date de prélèvement : 14/03/2017
	Type de contrôle : Auto-contrôle
Paramètres demandés : Bromodichlorméthane; Bromoforme; Chloroforme; Dibromochlorométhane	

paramètres effectués	norme	resultats	unité	valeur limite	date d'analyse
Chloroforme	ISO 10301	<5	µg/l	200	15/03/2017
Dibromochlorométhane	ISO 10301	<5	µg/l	100	15/03/2017
Bromodichlorméthane	ISO 10301	<5	µg/l	60	15/03/2017
Bromoforme	ISO 10301	<5	µg/l	100	15/03/2017

Commentaire de service Microbiologie: /

Commentaire de service Physico-chimie: Les résultats d'analyses sont conformes par rapport aux valeurs limites fixées par le décret

Observation :

Visa de chef du laboratoire :

Décret exécutif N° 14-96 du 02 Joumada El Oula 1435 correspondant au 04 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabia Elthani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.



E.P. ALGERIENNE DES EAUX
DIVISION DU SERVICE PUBLIC DE L'EAU
DIRECTION CENTRALE DE LA QUALITE DES EAUX
LABORATOIRE CENTRAL D'ANALYSES DES EAUX

Adresse : Rue 48 Daib Aissa Bordj El Kiffan
ALGER
Tél: 023815595/023 81 55 83
Fax :023 815584
Email: laboalger_ade@yahoo.fr

Rapport d'essai N°: 465

Alger le : 06/04/2017

Informations sur l'échantillon

N° échantillon : 16539	Lieu de prélèvement: Réservoir Mouzaia
Type d'eau : Eau traitée	Type de client : Externe
Nom du client :	Date de réception : 03/04/2017
Préleveur : BENAROUS MOHAMED	Date de prélèvement : 02/04/2017
	Type de contrôle : Auto-contrôle
Paramètres demandés : Bromodichlorméthane; Bromoforme; Chloroforme; Dibromochlorométhane	

paramètres effectués	norme	resultats	unité	valeur limite	date d'analyse
Chloroforme	ISO 10301	<5	µg/l	200	03/04/2017
Bromoforme	ISO 10301	<5	µg/l	100	03/04/2017
Dibromochlorométhane	ISO 10301	<5	µg/l	100	03/04/2017
Bromodichlorméthane	ISO 10301	<5	µg/l	60	03/04/2017

Commentaire de service Microbiologie:

Commentaire de service Physico-chimie: Les résultats d'analyses sont conformes par rapport aux valeurs limites fixées par le décret

Observation :

Visa de chef du laboratoire :



Décret exécutif N° 14-96 du 02 Joumada El Oula 1435 correspondant au 04 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabia Elthani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.



E.P.ALGERIENNE DES EAUX
DIVISION DU SERVICE PUBLIC DE L'EAU
DIRECTION CENTRALE DE LA QUALITE DES EAUX
LABORATOIRE CENTRAL D'ANALYSES DES EAUX

Adresse : Rue 48 Daib Aissa Bordj El Kiffan
ALGER
Tél: 023815595/023 81 55 83
Fax :023 815584
Email: laboalger_ade@yahoo.fr

Rapport d'essai N°: 471

Alger le : 23/04/2017

Informations sur l'échantillon

N° échantillon : 16565	Lieu de prélèvement: Réservoir Chiffa
Type d'eau : Eau traitée	Type de client : Interne
Nom du client :	Date de réception : 18/04/2017
Préleveur : BENRAOUS MOHAMED	Date de prélèvement : 17/04/2017
	Type de contrôle : Auto-contrôle
Paramètres demandés : Bromodichlorméthane; Bromoforme; Chloroforme; Dibromochlorométhane	

paramètres effectués	norme	resultats	unité	valeur limite	date d'analyse
Chloroforme	ISO 10301	<5	µg/l	200	19/04/2017
Bromodichlorméthane	ISO 10301	<5	µg/l	60	19/04/2017
Dibromochlorométhane	ISO 10301	<5	µg/l	100	19/04/2017
Bromoforme	ISO 10301	<5	µg/l	100	19/04/2017

Commentaire de service Microbiologie:

Commentaire de service Physico-chimie:

Les résultats d'analyses sont conformes par rapport aux valeurs limites fixées par le décret

Observation :

Visa de chef du laboratoire :



Décret exécutif N° 14-96 du 02 Joumada El Oula 1435 correspondant au 04 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabia Elthani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.



E.P. ALGERIENNE DES EAUX
 DIVISION DU SERVICE PUBLIC DE L'EAU
 DIRECTION CENTRALE DE LA QUALITE DES EAUX
 LABORATOIRE CENTRAL D'ANALYSES DES EAUX

Adresse : Rue 48 Daib Aïssa Bordj El Kiffan
 ALGER
 Tél: 023815595/023 81 55 83
 Fax :023 815584
 Email: laboalger_ade@yahoo.fr

Rapport d'essai N°: 498

Alger le : 21/05/2017

Informations sur l'échantillon

N° échantillon : 16579	Lieu de prélèvement: Réservoir El affroun
Type d'eau : Eau traitée	Type de client : Interne
Nom du client :	Date de réception : 09/05/2017
Préleveur : BENRAOUS MOHAMED	Date de prélèvement : 08/05/2017
	Type de contrôle : Auto-contrôle
Paramètres demandés : Bromodichlorméthane; Bromoforme; Chloroforme; Dibromochlorométhane	

paramètres effectués	norme	resultats	unité	valeur limite	date d'analyse
Chloroforme	ISO 10301	<5	µg/l	200	12/05/2017
Bromoforme	ISO 10301	<5	µg/l	100	12/05/2017
Bromodichlorméthane	ISO 10301	<5	µg/l	60	12/05/2017
Dibromochlorométhane	ISO 10301	<5	µg/l	100	12/05/2017

Commentaire de service Microbiologie:

Commentaire de service Physico-chimie: Les résultats d'analyses sont conformes par rapport aux valeurs limites fixées par le décret

Observation :

Visa de chef du laboratoire :

PI Benkroum

Décret exécutif N° 14-96 du 02 Joumada El Oula 1435 correspondant au 04 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabia Elthani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.