

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Ferhat Abbas- Sétif 1
Institut : Optique et Mécanique de Précision
Département : Optique et mécanique de précision
Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Optique et Mécanique de Précision
Spécialité : Optique et photonique appliquée

Mémoire de master

Détection et analyse des impuretés dans l'eau par voie spectroscopique

Étudié par : Tayeb Nada

Mallek Meriem

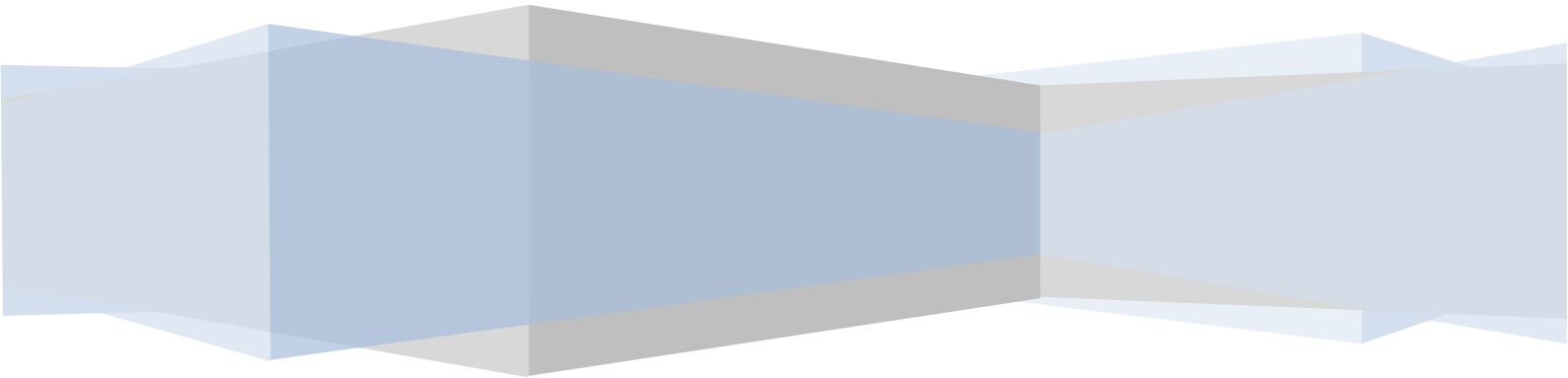
Dirigé par : Dr. Bouzid Oussama

Devant le jury :

(President) Prof. Azizi

(examineur) Mme. Hazzem

2022/2023



Résumé

La spectroscopie est un outil analytique puissant utilisé pour détecter et analyser les impuretés dans les solutions. Cette technologie est très précise et peut-être appliquée à un large éventail de matières premières, notamment les composants organiques, inorganiques ou biologiques. La spectroscopie permet aux chercheurs de mesurer la composition exacte des produits pour déterminer si elles répondent aux normes industrielles et scientifiques. Cela implique l'utilisation de la lumière ou d'un autre rayonnement électromagnétique pour mesurer les propriétés des molécules, des atomes et des ions présents dans un échantillon. La technique peut être utilisée pour l'analyse qualitative et quantitative, et d'identifier des composés inconnus ainsi que de déterminer leurs concentrations dans une solution.

Mots clés : Spectroscopie, Impuretés, UV-Visible, FT-TIR.

Abstract

Spectroscopy is a powerful analytical tool used to detect and analyze impurities in solutions. This technology is very precise and can be applied to a wide range of raw materials, including organic, inorganic or biological components. Spectroscopy allows researchers to measure the exact composition of end products to determine if they meet industrial and scientific standards. It involves the use of light or other electromagnetic radiation to measure the properties of molecules, atoms, and ions present in a sample. The technique can be used for qualitative and quantitative analysis, allowing researchers to identify unknown compounds as well as to determine their concentrations in a solution, the devices used: UV-Visible, FT-TIR, XRF, Raman.

Keywords: Spectroscopy, Impurities, UV-Visible, FT-IR.

المخلص

التحليل الطيفي هو أداة تحليلية قوية تستخدم للكشف عن الشوائب في المحاليل. هذه التكنولوجيا دقيقة للغاية ويمكن تطبيقها على مجموعة واسعة من المواد الخام ، بما في ذلك المكونات العضوية أو غير العضوية أو البيولوجية. تسمح هذه الألية للباحثين بقياس التركيب الدقيق للمنتجات النهائية لتحديد ما إذا كانت تلبي المعايير الصناعية والعلمية. يتضمن استخدام الضوء أو الإشعاع الكهرومغناطيسي الآخر لقياس خصائص الجزيئات والذرات والأيونات الموجودة في العينة. يمكن استخدام هذه التقنية بطريقة كمية ونوعية، مما يسمح للباحثين بتحديد المركبات غير المعروفة وكذلك تحديد تركيزاتها في المحلول.

الكلمات المفتاحية: منظار التحليل الضوئي, شوائب, طيف فوق البنفسجي والمرئي , FT-IR.

Résumé	1
Abstract	1
الملخص	1
Sommaire	2
Liste des figures	4
Liste des Tableaux.....	5
Introduction générale	1
Chapitre I: Généralités sur l’eau et ses principales techniques spectroscopiques d’analyse	1
I.1 Introduction	4
I.2 Constantes physiques de l’eau	5
I.3 Importance de l’eau pour la santé publique.....	6
I.3.1 Les indicateurs de pollution.....	6
○ Composés azotés	6
○ Ammonium	7
○ Nitrites	7
○ Nitrates.....	7
○ Composés phosphorés.....	7
I.3.2 Normes de potabilité	7
A_Normes mondiales	7
B_Normes Algériennes de potabilité de l’eau.	8
I.3.3 Paramètres de contrôle de qualité de l’eau	10
I.3.3.1 Paramètres de contrôle de qualité de l’eau.....	10
1. Paramètres organoleptiques	10
○ La couleur.....	10
○ L’odeur	10
2. Paramètres physico-chimiques liés à la structure naturelle de l’eau	11
○ pH.....	11

○ Conductivité électrique	11
○ Température.....	11
○ Sels totaux dissous	11
○ Résidu sec.....	11
○ Turbidité	12
I.4 Les techniques spectroscopiques d'analyse.....	12
I.4.1 Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR).....	12
I.4.2 La spectroscopie Raman.....	13
I.4.3 Spectroscopie UV-VIS	14
I.4.3.1 Loi de Beer-Lambert	15
I.5 Conclusion.....	16
Chapitre II: Matériels et méthodes d'analyse de l'eau	16
II.1 Introduction.....	17
II.2 Matériels et méthodes	17
II.2.1 Choix des échantillons de l'eau	17
II.2.1.1 Compositions des échantillons de leau	17
II.2.2 Préparation de la solution NaCl.....	18
II.3 Méthodes d'analyse spectroscopique.....	19
II.3.1 Spectroscopie UV-Visible.....	19
II.3.1.1 Analyse du gap optique par spectroscopie UV-Visible.....	19
❖ Détermination du gap à partir de la transmission.....	20
II.3.1.2 Facteurs chromatiques CIE Lab.....	21
II.3.2 Spectroscopie infrarouge FT-IR	23
II.4 Conclusion	23
Chapitre III: Résultats et discussions	17
III.1 Introduction.....	24
III.2 Analyse de l'eau par spectroscopie UV-Visible	24
III.2.1 Analyse des échantillons de l'eau naturel et commercial	24
III.2.1.1 Analyse de l'énergie de gap $E_{g_{opt}}$	26
III.2.1.2 Facteurs chromatiques.....	28
III.2.2 Analyse des échantillos contenant différentes concentrations de NaCl.....	29
III.2.2.1 Analyse de l'énergie de gap du NaCl.....	30
III.2.2.2 Facteurs chromatiques.....	32
III.3 Analyse de l'eau pure par spectroscopie IR.....	33
III.4 Conclusion	34
Conclusion générale et perspectives.....	35
Références bibliographiques	36

Liste des figures

Figure I-I Structure d'un système de contrôle en ligne de qualité de l'eau potable.	2
Figure I-1 Géométrie de la molécule d'eau.	4
Figure I-2 Principe de la spectroscopie infrarouge FT-IR.....	13
Figure I-3 Représentation quantique des diffusions Rayleigh et Raman.	14
Figure I-4 Exemple d'une courbes d'étalonnage.	16
Figure I-5 principe de Beer–Lambert.	16
Figure II-1 Spectrophotomètre Shimadzu UV1900i.[18].....	19
Figure II-2 représentation d'un gap optique direct et indirect.[19].....	20
Figure II-3 Représentation de l'espace $L^*a^*b^*$	23
Figure II-4 Spectrophotomètres FTIR IRSprit de Shimadzu.[22]	23
Figure III-1 Spectres UV de transmission des échantillons de l'eau.	25
Figure III-2 Spectres Visible de transmission des échantillons de l'eau.	25
Figure III-3 Spectres UV d'absorption des échantillons de l'eau.	25
Figure III-4 Spectres UV d'absorption des échantillons de l'eau.	25
Figure III-5 Énergie de gap de l'eau osmosée (E-O-0%).....	27
Figure III-6 Énergie de gap de l'eau de chlore (E-Cl-1)	27
Figure III-7 Énergie de gap d'eau robinet maison (E-RM)	27
Figure III-8 Énergie de gap d'eau Bouglez (E-BG).....	27
Figure III-9 Énergie de gap d'eau EL-GANTRA (E-EG).....	27
Figure III-10 Énergie de gap d'eau Ain Droj (E-AD).....	27
Figure III-11 Digramme chromatique CIE 1932 des échantillons de l'eau.....	29
Figure III-12 Digramme chromatique CIELUV 1976 des échantillons de l'eau.....	29
Figure III-13 Spectre de transmission de la solution Na Cl dans la partie UV.....	29
Figure III-14 Spectre de transmission de la solution Na Cl dans la partie Visible.	29
Figure III-15 Energie de gap de la solution NaCl (5 g/L).	31
Figure III-16 Energie de gap de la solution NaCl (20 g/L).	31
Figure III-17 Energie de gap de la solution NaCl (50 g/L)	31
Figure III-18 Energie de gap de la solution NaCl (200 g/L)	31
Figure III-19 Energie de gap de la solution NaCl (300 g/L).....	31
Figure III-20 Energie de gap de la solution NaCl (350 g/L)	31
Figure III-21 Digramme chromatique CIE 1932 des échantillons de l'eau.....	33

Figure III-22 Digramme chromatique CIELUV 1976 des échantillons de l'eau.....	33
Figure III-23 Spectre FT-IR de l'eau pure.....	33

Liste des Tableaux

Tableau I.1 Principales constantes physiques de l'eau distillé, dans ses trois états.	5
Tableau I.2 Norme de potabilité de l'eau.	9
Tableau I.3 La potabilité en fonction des résidus secs.	12
Tableau II.1 Compositions des échantillons de l'eau.....	17
Tableau II.2 Désignation et concentration des échantillons de la solutions aqueuse de NaCl.	18
Tableau III.1 Facteurs chromatiques. Énergie du gap ($E_{g_{opt}}$) des échantillons de l'eau	28
Tableau III.2 Facteurs chromatiques. Énergie du gap ($E_{g_{opt}}$) des échantillons contenant différentes concentrations de NaCl.	32

Introduction générale

La pollution de l'eau est causée par diverses catégories des composés chimiques et biologiques toxiques, comme les colorants organiques, qui sont reconnus comme des polluants courants menaçant la santé humaine et l'environnement. Souvent, plusieurs techniques sont utilisées pour détecter plusieurs types de polluants sur une même chaîne. [1]

La spectroscopie optique est une des principales méthodes permettant d'étudier la matière de son point de vue microscopique. Cette méthode consiste à envoyer une onde électromagnétique sur un échantillon et mesurer l'intensité de l'onde transmise, réfléchi et émise par celui-ci en fonction soit de l'énergie E , de la longueur d'onde λ , ou du nombre d'onde k . Ces spectres d'intensités présentent généralement des bandes d'absorption ou des pics de réflexion aux longueurs d'onde pour lesquelles l'énergie des photons incidents coïncide avec les énergies d'excitation possibles de l'échantillon.

Pour des raisons pratiques et historique en spectroscopie optique et infrarouge utilise souvent comme paramètre soit la longueur d'onde λ , soit le nombre d'onde $k=1/\lambda$ ou bien la fréquence ν au lieu de l'énergie E . [2]

L'absorption ou émission d'un rayonnement électromagnétique par la matière est due au changement d'état entre deux niveaux énergie distinctes de l'atome ou d'une molécule. Lorsqu'il y a absorption d'un quantum d'énergie électromagnétique (photon), l'atome ou molécule passe d'un niveau d'énergie inférieur à un niveau d'énergie supérieure (niveau excité), dans le cas contraire il y a émission d'un photon par désexcitation de l'atome ou de la molécule. Les techniques spectroscopiques classiques sont la *transmission* et *absorption* ultraviolette et visible, la *fluorescence* et *phosphorescence*, *l'Infrarouge*, *Raman*, *Résonance paramagnétique électronique (RPE)*, et la *Résonance magnétique nucléaire (RMN)*.

Dans le domaine de l'ultraviolet et du visible (UV-Vis), l'énergie des photons est comprise entre 6.2 et 1.55 eV (200-400-800 nm), ceci correspond aux énergies des transitions inter bandes électroniques et les spectres de transmission optiques fournissent des informations sur la structure électronique du matériau.

Dans le domaine infrarouge (IR), les photons ont des énergies comprises entre 1 et 10^{-3} eV, ce qui correspond aux énergies *d'excitations des modes de vibration et de rotation moléculaires*. En spectroscopie infrarouge les spectres d'absorption fournissent donc des renseignements sur les mécanismes microscopiques au niveau de l'arrangement atomique et moléculaire dans la maille élémentaire ce que fait de la spectroscopie infrarouge une