الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الكيمياء

مذكرة مقدمة من أجل استكمال متطلبات نيل شهادة ماستر أكاديمي في الكيمياء

التخصص: كيمياء تحليلية

من اعداد: – رندا خاوه
– منار بشكي

بعنوان:

المساهمة في تقييم جودة بعض العلامات التجارية لمياه المنابع والمياه المعدنية المعبأة في الجزائر ومراقبة انتقال الأنتيموان والفثالات من العبوات البلاستيكية تحت تأثير الإجهاد الحراري

نوقشت علنا يوم:..../2026/06

أمام لجنة المناقشة:

لويزة زنخري	أستاذ تعليم عال	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	رئيسا
الدراجي هادف	أستاذ تعليم عال	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مناقشا
علي ذوادي	أستاذ تعليم عال	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مؤطرا

السنة الجامعية: 2025 – 2026

الإهـداء

بسم الله الرحمان الرحيم

اهـــدي تخرجـــي هـذا....

إلى أبي الغالي الذي كان دعمه سنداً لي في كل خطوة والذي علّمني أن النجاح ثمرة الصبر والاجتهاد أهديك هذا التخرج بكل فخر وامتنان..

إلى أمي الحبيبة مصدر الحنان والدعاء التي سهرت وتعبت لأجل راحتي ونجاحي لكِ وحدكِ الكثير من الحب والشكر...

إلى إخوتي شكراً لوجودكم الدائم إلى جانبي ولمحبتكم التي كانت تمنحني القوة والأمان في كل مرحلة من حياتي.

إلى مؤنساتي آية ونهاد، يا من كانتا لي أختين قبل أن تكونا صديقتين، شكراً لكل لحظة دعم ومحبة جعلت طريق هذه الرحلة أخف وأجمل دمتما دائماً من أجمل النِعم في حياتي.

وإلى من شاركني البدايات وينتظر معي النهايات إلى شريكي القادم في كل تفاصيل الحياة شكراً لوجودك الدائم ودعمك الذي كان دائماً مصدر طمأنينة لي.

إلى رفيقة هذا الإنجاز صديقتي منار التي تقاسمنا معاً تعب الطريق ولحظات الاجتهاد، شكراً لصدقكِ ووجودكِ الجميل الذي جعل مشوار المذكرة أخف وأجمل.

خـــاوه رندا

الإهداء

إلى جدي الغالي رحمه الله،

الذي كان أول الداعمين لي في مساري الدراسي، إلى من كان ينتظر بشغف يوم دخولي إلى الجامعة، ها أنا اليوم أتخرج بفضل الله ودعواته الدائمة في حياته.

أسأل الله أن يجعل هذا العمل صدقةً جاريةً لك، وأن يرفع مقامك، ويرحمك رحمةً واسعة، ويجعل الجنة مثواك آمين. إلى جدتي مباركة ومسعودة رحمها الله.

إلى من له كل الوقار والهيبة

إلى من أحمل اسمه بكل فخر واعتزاز، إلى الذي لم يبخل عليّ يومًا بعطاءٍ أو دعم، إلى من سعى لراحتي ونجاحي وكان سندي في كل خطوة، أبي الغالي.

إلى التي ربّتني وكافحت وصبرت وتعبت وسهرت، إلى التي كان دعاؤها أساس نجاحي، أهدي هذا التخرج لأمي الحبيبة.

إلى جدي عبد القادر .. إلى أعمامي وعماتي، وأخوالي وخالاتي

إلى إخوتي وأخواتي وكل أهلي وأحبتي

شكرًا لكم على محبتكم ودعمكم ووقوفكم الدائم إلى جانبي.

إلى كل من رافقني في هذا المشوار، إلى كل من دعمني، أهديكم هذا العمل.

وإلى من شاركتني إنجاز هذه المذكرة، صديقتي رندا، شكرًا لرفقتك الممتعة.

بشكي منار

شكر وعرفان

الحمد لله الذي بنعمته تتمّ الصالحات، نحمده سبحانه وتعالى

على ما أولانا من توفيق وتسديد للخطى في إتمام هذا العمل.

نُقدّم بالغ امتناننا وعميق تقديرنا إلى أستاذنا الفاضل علـي ذوادي، الذي أشرف على هذا البحث، الذي لم يدّخر جهداً في توجيهنا، فكان نعم المعين.

نسأل الله أن يجزيه عنّا خير الجزاء.

كما نتوجّه بعبارات الشكر والاحترام إلى أعضاء لجنة المناقشة الكرام الذين شرّفونا بقبول تقييم هذا العمل وإثرائه بملاحظاتهم القيّمة.

يطيب لنا أيضا أن نُعرب عن خالص تقديرنا لجميع أساتذة قسم الكـيميـاء بجامعة قـاصدي مربـاح ورقلة، الذين غرسوا فينا حبّ المعرفة وأرسوا قواعد التفكير العلمي السليم.

نتقدم بالشكر إلى عميد الكلية الأستاذ الدكتور جمال بشكي، ونائبه الأستاذ الدكتور محمد الأخضر بالفار، على دعمهما للمسيرة العلمية.

كما نشكر طاقم قسم هندسة الطرائق، وعلى رأسه رئيس القسم الدكتور بن عريمة زين العابدين، تقديرًا لجهوده ودعمه.

والشكر موصول إلى كل من ساعدنا من قريب أو بعيد، خاصة الطاقم التقني لمركز CRAPC وخاصة المدير حكيم بلخالفة وإلياس قليعي وزينب وحليمة، لإتمام الجانب التجريبي من هذه الدراسة.

إليكم جميعاً، خالص الشكر والتقدير.

قـائمة الاختصـارات

الرمز	المعنى باللاتينية	المدلول باللغة العربية
Ba	Balance Ionique	التوازن الشاردي
NTU	Nephelometric Turbidity Unit	وحدة قياس العكارة
PET	Polyethylene TerePhthalate	البولي إيثيلين تيريفثالات
pH	Potentiel d’Hydrogène	الأس الهيدروجيني
RS	Résidu Sec	البقايا الجافة
S%	Salinité	الملوحة
TA	Titre Alcalimétrique	القلوية المؤقتة
TAC	Titre Alcalimétrique Complet	القلوية الدائمة
TDS	Total Dissolved Solids	المواد الصلبة الذائبة
TH	Titre Hydrotimétrique	العسرة
WHO	World Health Organization	منظمة الصحة العالمية

قـائمة المخططـات

الرقم	الـعنـوان	الصفحة
III•1	مخطط نتـــائج pH	34
III•2	مخطط نتـــائج الناقلية الكهربائية	35
III•3	مخطط نتائج تقدير المواد الصلبة TDS	36
III•4	مخطط نتائج الملوحة S%	37
III•5	مخطط نتائج البقايا الجافة (RS)	38
III•6	مخطط نتائج اختبار العكارة	39
III•7	مخطط نتائج الكاتيونات	51
III•8	مخطط نتائج الأنيونات	51
III•1	منحنى التوازن الشاردي	52
III•9	نتائج تركيز الأنتيموان (Sb)	54

قـــائمة الـــجداول

الرقم	العنـــوان	الصفحة
I • 01	تقسيم الماء حسب درجة العسر	10
I • 02	المؤشرات العامة المسموح بها في المياه حسب المعايير العالمية والوطنية	11
I • 03	الأيونات الرئيسية المسموح بها في المياه حسب المعايير العالمية والوطنية	11
I • 04	المعادن الثقيلة والعناصر السامة المسموح بها في المياه حسب المعايير العالمية والوطنية	12
I • 05	العناصر غير المرغوب فيها في المياه حسب المعايير العالمية والوطنية	12
II • 01	المياه التي تم تحليلها	19
III•1	نتـــائج pH	34
III•2	نتـــائج الناقلية الكهربائية	35
III•3	نتائج تقدير المواد الصلبة TDS	36
III•4	نتائج الملوحة S%	37
III•5	نتائج البقايا الجافة (RS)	38
III•6	نتائج اختبار العكارة	39
III•7	تركيز الكالسيوم [Ca^{2+}] بين الملصق والقيم التجريبية	40
III•8	تركيز المغنيزيوم [Mg^{2+}] بين الملصق والقيم التجريبية	41
III•9	تركيز الصوديوم [Na^{+}] بين الملصق والقيم التجريبية	41
III•10	تركيز البوتاسيوم[K^{+}] بين الملصق والقيم التجريبية	42
III• 11	تركيز الكلوريد [Cl^{-}] بين الملصق والقيم التجريبية	42
III•12	تركيز النترات [NO_3^{-}] بين الملصق والقيم التجريبية	43
III•13	نتائج القلوية [HCO_3^{-}] بين الملصق والقيم التجريبية	44
III•14	تركيز الكبريتات [SO_4^{2-}] بين الملصق والقيم التجريبية	44
III•15	نتائج القلوية الدائمة TAC	45
III•16	نتائج العسرة TH	45
III•17	نتائج تركيز النتريت [NO_2^{-}]	46
III•18	نتائج تركيز الأمونيوم [NH_4^{+}]	46
III•19	نتائج تركيز الحديد [Fe^{3+}]	46
III•20	نتائج التحاليل الكيميائية لعينة منبع الغزلان (1)	47
III•21	نتائج التحاليل الكيميائية لعينة الحياة (2)	47
III•22	نتائج التحاليل الكيميائية لعينة القنطرة (3)	48
III•23	نتائج التحاليل الكيميائية لعينة عين بوفلاز(4)	48
III•24	نتائج التحاليل الكيميائية لعينة سلسبيل (5)	48
III•25	نتائج التحاليل الكيميائية لعينة أروى (6)	49
III•26	نتائج التحاليل الكيميائية لعينة قريون (7)	49
III•27	نتائج التحاليل الكيميائية لعينة إفري (8)	49
III•28	نتائج التحاليل الكيميائية لعينة لالة خديجة (9)	50
III•29	نتائج التحاليل الكيميائية لعينة يوكوس (10)	50
III•30	نتائج التحاليل الكيميائية لعينة القولية (11)	50
III•31	نتائج التوازن الشاردي	52
III•32	نتائج تركيز الأنتيموان (Sb) في عينات المياه بطريقة مطيافية الامتصاص الذري	53
III•33	نتائج وجود الفثالات في عينات المياه بطريقة التحليل في جهاز GC-MS	57

الفـــهـــرس

الرقم	العـنوان	الصفحة
	المقدمة العامة	2
الفصل الأول: الأسس النظرية لتقييم المياه المعبأة		
	تمهـيد	6
I • 1	الإطار المفاهيمي للمياه المعبأة	6
I • 1 • 1	التعريف والمفهوم العلمي	6
I • 1 • 2	تصنيف المياه المعدنية الطبيعية ومياه المنابع	7
I • 2	معايير جودة وسلامة مياه الشرب	8
I • 2 • 1	الخصائص الفيزيائية	8
I • 2 • 2	الخصائص الكيميائية	9
I • 2 • 3	الخصائص البيولوجية	11
I • 3	المعايير المسموح بها في مياه الشرب	11
I • 3 • 1	المؤشرات العامة	11
I • 3 • 2	الأيونات المعدنية الرئيسية	11
I • 3 • 3	المعادن الثقيلة والعناصر السامة	12
I • 3 • 4	العناصر غير المرغوب فيها	12
I • 4	تأثير ارتفاع درجة الحرارة على العبوات البلاستيكية	12
I • 4 • 1	أنواع البلاستيك المستخدم في تعبئة المياه	12
I • 4 • 1 • 1	البولي إيثيلين تيريفثالات (PET) الرمز 1	13
I • 4 • 1 • 2	البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE) الرمز 2	13
I • 4 • 1 • 3	البولي بروبيلين (PP) الرمز 5	13
I • 4 • 1 • 4	البولي كربونات (PC) الرمز 7 (الممنوع حالياً)	13
I • 4 • 2	الخصائص الفيزيائية والحرارية لعبواتPET	13
I • 4 • 2 • 1	البنية الداخلية لمادة PET وعلاقتها بدرجة الحرارة	13
I • 4 • 2 • 2	آلية تمدد السلاسل البوليمرية تحت تأثير الإجهاد الحراري	14
I • 4 • 2 • 3	التغيرات المورفولوجية للعبوة	14
I • 4 • 3	الأنتيموان (Antimony) كمؤشر رئيسي للهجرة الحرارية من عبواتPET	14
I • 4 • 3 • 1	تعريف الأنتيموان ودوره كمحفز في بلمرة PET	14
I • 4 • 3 • 2	النمذجة الحركية للهجرة (تطبيق نموذج أرهينيوس ومعامل الانتشار)	14
I • 4 • 3 • 3	العلاقة الكمية بين درجة الحرارة وتركيز الأنتيموان المطلق	14
I • 4 • 3 • 4	الحدود التنظيمية المسموح بها للأنتيموان في مياه الشرب	15
I • 4 • 4	الفثالات (Phthalates) كملدنات مهاجرة تحت تأثير الحرارة	15
I • 4 • 4 • 1	تعريف الفثالات	15
I • 4 • 4 • 2	ضعف الارتباط الكيميائي للفثالات كعامل مسهل للهجرة الحرارية	15
I • 4 • 4 • 3	تأثير درجة الحرارة وزمن التخزين ونوع الوسط الغذائي على تراكيز الفثالات	15
I • 4 • 4 • 4	الحدود المسموحة للفثالات في المواد الغذائية والمياه	15
	قائمة المراجع	16
الفصل الثاني: الطرق والوسائل المستعملة		
	تمهـــيد	19

II •1	المواد والطرق المستعملة	19
II • 1 • 1	المياه التي تم تحليلها	19
II • 1 • 2	شروط حفظ العينة	19
II •2	دراسة الخصائص الفيزيائية	19
II • 2 • 1	قياس الأس الهيدروجيني pH	19
II • 2 • 2	قياس الناقلية الكهربائية	20
II • 2 • 3	تقدير المواد الصلبة الذائبة TDS	20
II • 2 • 4	تحديد الملوحة Salinité	20
II • 2 • 5	البقايا الجافة	21
II • 2 • 6	اختبار العكارة	21
II • 3	دراسة الخصائص الكيميائية	22
II • 3 • 1	تحديد القلوية الدائمة TAC	22
II • 3 • 2	تحديد القلوية HCO_3^-	22
II • 3 • 3	تحديد القلوية المؤقتة (TA)	23
II • 3 • 4	قياس العسرة TH	23
II • 3 • 5	قياس تركيز الكالسيوم $[Ca^{2+}]$	24
II • 3 • 6	تعيين تركيز المغنيزيوم $[Mg^{2+}]$	25
II • 3 • 7	تحديد تركيز الكلوريد $[Cl^-]$	25
II • 3 • 8	تحديد تركيز النتريت $[NO_2^-]$	25
II • 3 • 9	تحديد تركيز النترات $[NO_3^-]$	26
II • 3 • 10	تحديد تركيز الأمونيوم $[NH_4^+]$	27
II • 3 • 11	تحديد تركيز الصوديوم $[Na^+]$	28
II • 3 • 12	تحديد تركيز البوتاسيوم $[K^+]$	29
II • 3 • 13	تحديد تركيز الكبريتات $[SO_4^{2-}]$	29
II • 3 •14	تحديد تركيز الحديد $[Fe^{3+}]$	29
II • 4	تحديد التوازن الشاردي Ba	30
II • 5	تأثير درجة الحرارة	31
II • 5 • 1	تحديد تركيز الأنتيموان (Sb) في عينات المياه بطريقة مطيافية الامتصاص الذري	31
II • 5 • 2	تقدير وجود الفثالات في عينات المياه بطريقة التحليل في جهاز GC-MS	31
الفصل الثالث: النتائج ومناقشتها		
	تمهـــيد	34
III•1	الخصـــائص الفيزيائية	34
III•1•1	نتائج الأس الهيدروجيني (pH)	34
III•1•2	نتائج الناقلية الكهربائية	35
III•1•3	نتائج تقدير المواد الصلبة TDS	36
III•1•4	نتائج الملوحة S%	37
III•1•5	نتائج البقايا الجافة	38
III•1•6	نتائج اختبار العكارة	39
III•2	الخصـــائص الكيميائية	40
III•2•1	نتائج القلوية المؤقتة [TA]	40
III•2•2	نتائج تركيز الكالسيوم $[Ca^{2+}]$	40
III•2•3	نتائج تركيز المغنيزيوم $[Mg^{2+}]$	41

4•2•III	نتائج تركيز الصوديوم [Na^+]	41
5•2•III	نتائج تركيز البوتاسيوم[K^+]	42
6•2•III	نتائج تركيز الكلوريد [Cl^-]	42
7•2•III	نتائج تركيز النترات [NO_3^-]	43
8•2•III	نتائج القلوية [HCO_3^-]	44
9•2•III	نتائج تركيز الكبريتات [SO_4^{2-}]	44
10•2•III	نتائج القلوية الدائمة TAC	45
11•2•III	نتائج العسرة [TH]	45
12•2•III	نتائج تركيز النتريت [NO_2^-]	46
13•2•III	نتائج تركيز الأمونيوم[NH_4^+]	46
14•2•III	نتائج تركيز الحديد [Fe^{3+}]	46
3•III	نتائج التوازن الشاردي	51
4•III	تأثير درجة الحرارة	53
1•4•III	نتائج تركيز الأنتيموان (Sb) في عينات المياه بطريقة مطيافية الامتصاص الذري	53
2•4•III	مقارنة النتائج بالمعايير الدولية	55
2•4•III	الأهمية الصحية للنتائج	55
2•4•III	الاستنتاجات والتوصيات	56
2•4•III	نتائج وجود الفثالات في عينات المياه بطريقة التحليل في جهاز GC-MS	57
1•2•4•III	الأهمية الصحية لمراقبة الفثالات في المياه المعبأة	58
2•2•4•III	التوصيات	59
	قائمة المراجع	60
	الخلاصة العامة	63
	الملاحق	
	الملخص	

المقدمة العـــــامة

• المقدمة العامة:

تُشكل المياه المعبأة في عصرنا الراهن أحد أهم المصادر الحيوية لمياه الشرب على مستوى العالم، حيث يشهد استهلاكها تصاعداً مضطرداً نتيجة تزايد الوعي الصحي لدى المستهلكين، وتنامي المخاوف بشأن جودة المياه الموزعة عبر الشبكات العامة، فضلاً عن أنماط الحياة العصرية التي تتطلب سهولة الوصول إلى مياه نقية وآمنة [1]. غير أن هذا الإقبال المتزايد يضع الباحثين والجهات الرقابية أمام مسؤولية علمية كبرى تتمثل في التقييم الدقيق والشامل لجودة هذه المنتجات، والتأكد من مطابقتها للمعايير والمواصفات القياسية الدولية والمحلية، لاسيما في ظل تنامي عدد العلامات التجارية وتفاوت مستويات الجودة فيما بينها [2].

تتحدد جودة المياه المعبأة بمجموعة من الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي يجب أن تستوفي حدوداً وشروطاً معينة تضمن سلامتها للاستهلاك البشري. غير أن تقييم هذه الخصائص عند نقطة الإنتاج أو التعبئة لا يكفي وحده لضمان سلامة المنتج النهائي لدى المستهلك، ذلك أن المياه المعبأة تخضع خلال رحلتها من المصنع إلى يد المستهلك لظروف بيئية متباينة، خاصة في المناطق ذات المناخ الحار، حيث قد تتعرض العبوات البلاستيكية لدرجات حرارة مرتفعة أثناء النقل والتخزين، مما قد يؤدي إلى تفاعلات فيزيوكيميائية تغير من تركيب الماء الأصلي وتؤثر على سلامته [3].

من هنا تنطلق هذه المذكرة لتقدم مساهمة تحليلية متكاملة تجمع بين تقييم الجودة الكيميائية والفيزيائية لبعض العلامات التجارية للمياه المعدنية ومياه المنابع المتوفرة في السوق المحلية، ودراسة مدى مطابقتها للمعايير الدولية والوطنية [2]. وتكمن الجِدة العلمية لهذا البحث في تجاوز التحليل التقليدي ليشمل دراسة تأثير عامل بيئي بالغ الأهمية وهو ارتفاع درجة الحرارة على العبوات البلاستيكية المصنعة من البولي إيثيلين تيريفثالات (PET)، وذلك من خلال تتبع آليات هجرة المواد الكيميائية من جدار البلاستيك إلى الماء تحت ظروف حرارية محاكية للواقع، وتقدير تراكيز العناصر الثقيلة والمركبات العضوية والجسيمات البلاستيكية الدقيقة الناتجة عن هذه الهجرة، ثم تقييم المخاطر الصحية المحتملة لهذه المواد على الفئات السكانية المختلفة [3].

تأتي أهمية هذه الدراسة من كونها تسد فجوة معرفية واضحة تتمثل في ندرة الأبحاث التي تجمع بين تقييم الجودة الأساسية للمياه المعبأة ودراسة تأثير العوامل البيئية (الحرارة) على استقرارية هذه الجودة، مع الربط بالاحتياجات الخاصة للفئات الحساسة [1،3]. كما تسعى الدراسة إلى تقديم قاعدة بيانات تحليلية دقيقة يمكن أن تفيد المستهلك العادي في اختيار المنتج الأنسب، وتدعم الجهات الرقابية في تطوير آليات الرقابة والتفتيش، وتثري المكتبة العلمية العربية بدراسة تطبيقية متكاملة في مجال كيمياء المياه [2].

المـــقدمة العـــــامة

إن الإشكالية التي تطرح، هل تستوفي العلامات التجارية للمياه المعبأة المتوفرة في السوق المحلية المعايير الفيزيوكيميائية الدولية والوطنية المعتمدة، وهل يظل هذا الاستيفاء قائماً في ظل تعرض عبوات PET لدرجات حرارة مرتفعة أثناء النقل والتخزين، أم أن هذه الظروف الحرارية تُفضي إلى هجرة كيميائية تُغير من تركيب الماء الأصلي وتُخرجه عن حدود السلامة المقررة.

تم تقديم هذا العمل في ثلاثة فصول رئيسية تمثلت في:

- الفصل الأول: الأسس النظرية لتقييم المياه المعبأة.
- الفصل الثاني: الطرق والوسائل المستعملة.
- الفصل الثالث: النتائج ومناقشتها.

- **قائمة المراجع:**

[1] المواصفة القياسية الليبية رقم (10) لمياه الشرب المعبأة (2020). المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية، طرابلس، ليبيا.

[2] منظمة الصحة العالمية (WHO). (2018). المبادئ التوجيهية لجودة مياه الشرب (الطبعة الرابعة). جنيف، سويسرا: منظمة الصحة العالمية.

[3] شلوف، ميلاد أحمد، عبد الله، أحمد محمد، إجيكه، رمضان محمد. (2018). دراسة بعض الدلال على جودة مياه الشرب المعبأة في مدينة مصراته، ليبيا. مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية، المجلد 4، العدد 1.

الفـصـل الأول

الأسس النظرية لتقييم المياه المعبأة

- **تمهيد:**

يشكل هذا الفصل الركيزة النظرية التي يقوم عليها البحث، حيث يضع الإطار المفاهيمي والعلمي اللازم لفهم موضوع تقييم جودة المياه المعبأة وتأثير العوامل البيئية عليها [1،2]. ينقسم الفصل إلى عدة محاور مترابطة، تبدأ بتحديد المفاهيم الأساسية للمياه المعدنية الطبيعية ومياه المنابع والمياه المعالجة، مع توضيح الفروقات بينها من حيث المصدر والتركيب الكيميائي والمعايير التصنيعية [3]. كما يتناول بالتحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تحدد جودة المياه وفقاً لأحدث أدلة منظمة الصحة العالمية والمواصفات القياسية الوطنية المعتمدة [2،3]، ويستعرض الإطار التنظيمي الذي يحكم صناعة وتداول المياه المعبأة على المستويين الدولي والمحلي [1].

ثم ينتقل الفصل إلى تحليل الاحتياجات المائية الخاصة للفئات السكانية الحساسة، وفي مقدمتها الرضع والأطفال وكبار السن، وكذلك المرضى الذين يعانون من أمراض مزمنة كأمراض الكلى والكبد والسكري، حيث تختلف متطلبات هذه الفئات من حيث التركيب الكيميائي الأمثل للمياه، وتزداد حساسيتها تجاه وجود أي ملوثات أو شوائب [3].

أما المحور الجوهري في هذا الفصل، فيتمثل في استعراض وتحليل تأثير ارتفاع درجة الحرارة على العبوات البلاستيكية وجودة المياه [3].

I •1 الإطار المفاهيمي للمياه المعبأة :

I •1 • 1 التعريف والمفهوم العلمي :

تُعرف المياه المعبأة دولياً بأنها "مياه مخصصة للاستهلاك البشري، معبأة في عبوات أو حاويات محكمة الإغلاق، ولا تحتوي على أي مكونات مضافة باستثناء ما قد يضاف اختيارياً من مواد مضادة للميكروبات آمنة ومناسبة، أو الفلورايد ضمن الحدود المقررة" [4]. ومن الناحية العلمية، تعتبر المياه المعبأة منتجاً غذائياً يخضع للرقابة الصحية الصارمة، وتختلف عن مياه الصنبور العادية في عدة جوانب [2].

- **المصدر:** تستخرج من مصادر محددة (مياه جوفية، ينابيع، أو آبار عميقة) تخضع للمراقبة المنتظمة.
- **التعبئة:** تتم في عبوات صحية محكمة الإغلاق (عادة من البولي إيثيلين تيريفثالات PET أو الزجاج) لضمان عدم تلوثها [1].
- **المعالجة:** تخضع بعض أنواعها لمعالجات فيزيائية (ترشيح، تناضح عكسي) أو كيميائية محدودة، بينما تحتفظ المياه المعدنية الطبيعية بتركيبتها الأصلية [2].

- **الرقابة:** تتبع لوائح صارمة تضعها هيئات المواصفات القياسية الوطنية والدولية (كمنظمة الصحة العالمية ومنظمة الأغذية والزراعة FAO) [1].

I•1•2 تصنيف المياه المعدنية الطبيعية ومياه المنابع :

- **الماء المعدني الطبيعي غير الغازي:** هو ماء معدني طبيعي لا يحتوي في حالته الطبيعية على الغاز وبعد معالجة محتملة على غاز الكربون بمقادير تفوق الكمية الضرورية لإبقاء أملاح الهيدروجين وكربونات (البيكربونات) الموجودة ذائبة في الماء.
- **الماء المعدني الطبيعي الغازي طبيعيا:** هو ماء معدني طبيعي يحتوي، بعد معالجة محتملة على كمية الغاز نفسها التي يحتويها عندما ينبع.
- **الماء المعدني الطبيعي منزوع الغاز:** هو ماء معدني طبيعي لا يكون مقدار غاز الكربون فيه بعد المعالجة نفسه عند نبوعه.
- **الماء المعدني الطبيعي المقوى بغاز الكربون:** هو ماء معدني طبيعي لا يكون مقدار غاز الكربون فيه بعد المعالجة نفسه عند نبوعه بل يضاف إليه غاز الكربون الصادر من المنبع.
- **الماء المعدني الطبيعي الغازي:** هو ماء معدني طبيعي أصبح غازيا بعد المعالجة أي بعد إضافة غاز الكربون له من مصدر آخر.
- **ماء المنبع:** هو ماء مأخوذ من مكان نبوعه كما يخرج من باطن الأرض مع مراعاة المعالجة، عبئ في أوعية لتقديمها للمستهلك أو في قنوات توصله مباشرة إلى هذه الأوعية.
- **ماء المنبع الغازي:** هو ماء منبع أصبح غازيا بعد معالجة محتملة؛ بعد أن أضيف إليه غاز الكربون.

لا يمكن أن يكون الماء المعدني أو ماء منبع موضوع المعالجة أو إضافة مواد ما عدا:

- فصل العناصر غير المستقرة وترسيب المواد العالقة عن طريق الترشيح أو الترسيب.
- إضافة غاز الكربون أو نزعه [5].

✓ كما صنف بعض العلماء كذلك المياه المعدنية على أساس تدفقها وتبعا لكمية الأملاح المنحلة فيها إلى مايلي:

مياه معدنية خفيفة: هي المياه التي تحتوي على كمية أملاح منحلة تتراوح بين 500 mg/l - 250.

مياه معدنية ثقيلة: هي المياه التي تحتوي على كمية أملاح منحلة أكثر من 500 mg/l.

مياه منابع طبيعية: هي المياه التي تتدفق من تحت الأرض وتخرج بشكل طبيعي وليست لها خصوصيات فيزيائية أو كيميائية غير ثابتة وتوجد في أمكنة صخرية مختلفة الأنواع.

أما البعض الآخر من العلماء فقد صنف المياه المعدنية على أساس تركيز بعض العناصر فيها وخاصة الكالسيوم، المغنيزيوم والكبريت.

I • 2 • معايير جودة وسلامة مياه الشرب :

I • 2 • 1 الخصائص الفيزيائية :

- الماء سائل عديم اللون والرائحة.
- وزنه الجزيئي 18.05 g/mol.
- يغلي عند 100°C تحت الضغط الجوي المعتاد.
- يتجمد عند 0°C [6].

- **اللون:** يقاس لون المياه بالمقارنة بمحاليل معايرة، وينتج اللون عن وجود بعض الأملاح الذائبة أو المواد العضوية [7].
- **الطعم والرائحة:** هناك علاقة وثيقة بين جانبي الذوق والشم حيث أن المادة التي تسبب رائحة معينة في الماء غالبا ما تؤدي إلى طعم معين ولكن هناك مواد معدنية تسبب طعما دون رائحة [8].
- **المواد الصلبة:** هي إحدى ملوثات الماء الرئيسية، عند زيادة درجة تركيزها في الماء يصبح غير صالح للاستعمال المنزلي وقد تكون موادً سامة أو مسرطنة وهذه المواد ليس لها تركيز كيميائي معين فهي تعتمد على طبيعة الفضلات المنزلية والصناعية.
- **درجة الحرارة:** عامل هام لذوبان المواد الصلبة والغازات في الماء خصوصا غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، إن زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى نقصان ذوبان الغاز ومن ثم استنزافه من الماء والذي يؤدي إلى موت الكائنات الحية المائية.
- **العكارة:** إن الأجسام غير القابلة للذوبان في الماء مثل حبيبات الرمل تؤدي إلى تعكر الماء الذي لا يسببه تركيز المواد العالقة فقط، بل تسببه أيضا طبيعة المواد العالقة من حيث شفافيتها ومعامل انكسارها [9].
- **الكثافة:** كل السوائل تزداد كثافتها كلما بردت حتى تتحول إلى الحالة الصلبة، والماء شاذ عن هذه القاعدة، حيث تقل كثافته عند التجمد ويزداد حجمه.
- **السعة الحرارية:** تعني القدرة على اكتساب الطاقة الحرارية والاحتفاظ بها، والماء يتميز عن بقية السوائل بسعة حرارية كبيرة تعمل على إبطاء معدل تسخينه أو تبريده، حيث أن سعته الحرارية أكبر من جميع السوائل 75.366 J/mol.K في 20°C.

- **التوتر السطحي للماء:** يعني قدرة المادة على الالتصاق والتماسك ببعضها البعض، حيث يملك الماء توتراً سطحياً عالياً جدا يبلغ 72.75×10^{-3} N/m وهو يفوق الضغط الجوي [10].
- **اللزوجة:** تعبر اللزوجة عن مقاومة السائل للحركة، والماء سائل تنخفض لزوجته وتصبح ضعيفة جدا عند ارتفاع درجة الحرارة.
- **الناقلية الكهربائية:** تتحكم نسبة الأملاح المعدنية في درجة ناقلية الماء للكهرباء، حيث ترتفع القدرة على النقل بارتفاع نسبة الأملاح المعدنية فيه وتنخفض بانخفاظها [11].
- **ثابت العزل الكهربائي:** تعد قيمة ثابت العزل الكهربائي للماء عالية جدا وهي نحو 80 في درجة الحرارة 20°C في جزيئات الماء، ويعتبر الماء بفضل ثابت عزله الكهربائي الكبير جدا من أقوى المذيبات، فالماء يذيب الأملاح والمعادن والشوائب الضرورية لحياة النبات التي تنتقل عبر الأنابيب الشعرية الخلايا النباتية [12].

I • 2 • 2 الخصائص الكيميائية:

تكمن أهمية الخصائص الكيميائية للماء في قدرتها على إذابة مواد أخرى، وتحدد هذه الخصائص بإجراء فحوصات منها:

- **الحموضة:** تعرف حموضة الماء بقدرتها على إبطال الطعم القلوي فيه أو تطلق أيونات هيدروجينية أثناء تفاعلات كيميائية، وتدخل الحموضة للمياه عن طريق الأحماض الصناعية بالدرجة الأولى.
- **القلوية:** هي عكس الحموضة في الماء وتعرف بأنها تستقبل أيونات الهيدروجين في التفاعلات الكيمائية، وتقاس كلا من الحموضة والقلوية في المحاليل عن طريق المعايرة [9].

الأكسدة والاختزال: المياه يمكن أن تشارك في تفاعلات الأكسدة والاختزال:

- تؤدي أكسدة الماء إلى تكون O_2 :

(1) $$2H_2O_{(l)} \longrightarrow 4H^+ + O_{2(g)} + 4e^-$$

- اختزال الماء يعطي H_2 :

(2) $$2H_2O_{(l)} + 2e^- \longrightarrow 2OH^- + H_{2(g)}$$

- كما يتفاعل الماء مع الفلزات القلوية مثل الصوديوم" مكونا هيدروكسيد الصوديوم مع تصاعد غاز الهيدروجين:

(3) $$2Na_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2NaOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

- ويتفاعل الماء مع الهالوجينات مثل الكلور مكونا ماء الكلور، وهو عبارة عن خليط من حمض الهيدروكلوريد وحمض الهيبوكلوريد:

$$H_2O_{(l)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow HCl_{(aq)} + HOCl_{(aq)} \quad (4)$$

- كذلك يتفاعل الماء مع الكربون عند إمرار البخار على الفحم المسخن إلى درجة حرارة 1000°C يتكون في هذه الحالة غازي أكسيد الفحم والهيدروجين[12،13].

$$C_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow CO_{(g)} + H_{2(g)} \quad (5)$$

- **قدرة الماء على الإذابة:** يعتبر الماء مذيب جيد لكثير من المواد، بل إن أغلب المواد تذوب في الماء ولكن بدرجة متفاوتة، ويرجع سبب قوة إذابة الماء للمواد الأخرى إلى قيمة العزم ثنائي القطب الكبير للماء (1.84 D) ولهذا يطلق عليه مذيب عام [14].
- **عسر المياه:** يعرف الماء العسر بأنه الماء الذي لا يرغى فيه الصابون، ويوَّلد العسر رواسب معدنية على أنابيب الماء الساخن، ويختلف عسر الماء من مكان لآخر باختلاف التربة وتركيبة الصخور

حيث يقسم الماء تبعا لدرجة العسر:

الجدول I • 01: تقسيم الماء حسب درجة العسر [15]

درجة العسر	تركيز الأملاح بالجزء من المليون ppm
ماء يسر	أقل من 50
ماء متوسط العسر	100-50
ماء عسر	300-150
ماء شديد العسر	أكثر من 300

ويصنف عسر الماء إلى صنفين:

1- **عسر الماء المؤقت:** سببه وجود الكربونات وبيكاربونات الكالسيوم والمغنيزيوم ويزول عادة بالتسخين أو إضافة الجير.

2- **عسر الماء الدائم:** سببه وجود كلوريدات وكبريتات الكالسيوم والمغنيزيوم وهذا العسر لا يزول بالتسخين وإنما يتطلب عمليات كيميائية خاصة به [9].

I • 2 • 3 الخصائص البيولوجية:

هي عبارة عن ما تحويه المياه من بكتيريا وفيروسات ضارة بصحة المستهلك، ويؤدي الكشف عن هذه البكتيريا والفيروسات إلى وضع النظم السليمة للمعالجة والتعقيم بما يكفل قتل هذه الكائنات المسببة للأمراض [15].

I • 3 المعايير المسموح بها في مياه الشرب:

تخضع مياه الشرب لمعايير دولية تحددها منظمة الصحة العالمية، يمكن التعرف على بعضها بواسطة الحواس (اللون، الرائحة، المذاق والمظهر) أما بقية المعايير الأخرى فهي فيزيائية وكيميائية وميكروبيولوجية، حيث تهدف هذه المعايير الى حماية صحة الانسان من الامراض والأخطار [15].

I • 3 • 1 المؤشرات العامة:

يقارن الجدول القيم الحدية للمؤشرات الفيزيائية والكيميائية العامة بين معايير منظمة الصحة العالمية والمعايير الوطنية.

الجدول I • 02: المؤشرات العامة المسموح بها في المياه حسب المعايير العالمية والوطنية [16،17].

العنصر	الوحدات المستعملة	WHO	المعايير الوطنية
pH	-	8.5-6.5	8.5-6.5
EC	µS/cm	-	2800
العكارة	NTU	5	5
RS	mg/l	1200	1500
العسرة	mg/l	500	500

I • 3 • 2 الأيونات المعدنية الرئيسية:

يعرض الجدول الحدود المسموح بها للأيونات الموجبة والسالبة الرئيسية وفقاً لمنظمة الصحة العالمية والمواصفات الوطنية.

الجدول I • 03: الأيونات الرئيسية المسموح بها في المياه حسب المعايير العالمية والوطنية [16،17]

العنصر	الوحدات المستعملة	WHO	المعايير الوطنية
Ca^{2+}	mg/l	150-100	200
Mg^{2+}	mg/l	100	150
K^{+}	mg/l	15-10	12
Na^{+}	mg/l	200	200
Cl^{-}	mg/l	600-200	500
SO_4^{2-}	mg/l	500	400

I • 3 • 3 المعادن الثقيلة والعناصر السامة:

يحدد الجدول التراكيز القصوى المسموح بها للمعادن الثقيلة والعناصر السامة في مياه الشرب وفق المقارنة بين المعايير الدولية والوطنية.

الجدول I • 04: المعادن الثقيلة والعناصر السامة المسموح بها في المياه حسب المعايير العالمية والوطنية [16،17]

العنصر	وحدات القياس	WHO	المعايير الوطنية
Pb	mg/l	0.01	0.01
Cd	µg/l	0.003	3
Hg	mg/l	0.05	6
Cr	mg/l	0.05	0.5
Cu	mg/l	2	2
Fe	mg/l	1.03	0.3
Mn	µg/l	0.1-0.005	50
Zn	mg/l	3	5

I • 3 • 4 العناصر الغير مرغوب فيها:

يوضح الجدول الحدود المسموح بها للعناصر غير المرغوب والتي قد تشكل خطراً صحياً عند تجاوز تراكيزها المحددة.

الجدول I • 05: العناصر غير المرغوب فيها في المياه حسب المعايير العالمية والوطنية [16،17]

العنصر	وحدات القياس	WHO	المعايير الوطنية
NO_3^-	mg/l	44	50
NO_2^-	mg/l	0.2	0.2
PO_4^{3-}	mg/l	0.5	6
F^-	mg/l	1.5	1.5
NH_4^+	mg/l	0.5-0.005	0.5

I • 4 تأثير ارتفاع درجة الحرارة على العبوات البلاستيكية:

I • 4 • 1 أنواع البلاستيك المستخدمة في تعبئة المياه:

تخضع المنتجات البلاستيكية لنظام رموز إعادة التدوير (Resin Identification Codes) الذي يتراوح من 1 إلى 7، وهي رموز مطبوعة عادة في أسفل أو جانب العبوة، وتسمح للمستهلك والجهات المعنية بالتمييز بين أنواع البوليمرات المختلفة [18].

I • 4 • 1 • 1 البولي إيثيلين تيريفثالات (PET) الرمز 1:

يعتبر البولي إيثيلين تيريفثالات (PET) المادة المهيمنة في صناعة عبوات المياه المعدنية والمشروبات الغازية، حيث يشكل أكثر من 90% من السوق العالمية. يتميز هذا البوليمر بالشفافية العالية، والخفة، والحاجزية الجيدة للأكسجين وغاز ثاني أكسيد الكربون، بالإضافة إلى قابليته العالية لإعادة التدوير. العيوب الرئيسية لهذه المادة هي حساسيتها للحرارة، وقابلية إطلاقها للأنتيموان والفثالات عند التعرض للإجهاد الحراري [19].

I • 4 • 1 • 2 البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE) الرمز 2:

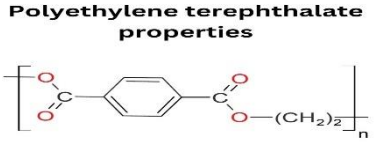
يستخدم البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE) بشكل أساسي في عبوات المياه كبيرة الحجم (مثل عبوات 5L و 10L و 20L) التي توضع على المبردات. يتميز هذا النوع بمقاومة كيميائية أعلى منPET ، وثبات حراري أفضل يجعله أقل عرضة للتحرر الكيميائي عند ارتفاع درجة الحرارة، لكن عيبه الرئيسي هو مظهره غير الشفاف (الحليبي أو المعتم) [18].

I • 4 • 1 • 3 البولي بروبيلين (PP) الرمز 5:

يستخدم البولي بروبيلين (PP) في تصنيع العبوات القابلة لإعادة الاستخدام مثل القنينات الرياضية وزجاجات الأطفال. يتميز هذا النوع بمقاومة حرارية عالية) درجة حرارة تحول زجاجي أعلى بكثير من(PET ، وعدم احتوائه على ثنائي الفينول A (BPA) عادة، وقابليته للتعقيم والغسل في غسالات الصحون. العيب الرئيسي هو كلفته الأعلى مقارنة بـ PET [18].

I • 4 • 1 • 4 البولي كربونات (PC) الرمز 7 (الممنوع حالياً):

كان البولي كربونات (PC) يستخدم سابقاً في صناعة زجاجات الأطفال وقنينات المياه القابلة لإعادة الاستخدام، لكنه تم حظره أو تقييد استخدامه في العديد من الدول (بما فيها الاتحاد الأوروبي وكندا وبعض الولايات الأمريكية) بسبب احتوائه على ثنائي الفينول(BPA) A ، وهي مادة مسرطنة ومُخلّة بالغدد الصماء. حالياً، نادر جداً وجود عبوات مصنعة من PC للمياه في الأسواق القانونية [18].



I • 4 • 2 الخصائص الفيزيائية والحرارية لعبوات PET:

I • 4 • 2 • 1 البنية الداخلية لمادة PET وعلاقتها بدرجة الحرارة:

تعتبر مادة البولي إيثيلين تيريفثالات (PET) بوليمر لدن حرارياً (Thermoplastic polymer) يتكون من سلاسل جزيئية طويلة ترتبط فيما بينها بقوى بين جزيئية. تمتلك هذه المادة خاصية فيزيائية تعرف بـ درجة حرارة التحول الزجاج (Glass Transition Temperature – Tg) ، وهي درجة الحرارة التي تنتقل عندها المادة من الحالة الزجاجية الصلبة إلى الحالة المطاطية اللينة. تتراوح Tg لمادة PET بين 70 °C و 80 °C [19].

I • 4 • 2 • 2 آلية تمدد السلاسل البوليمرية تحت تأثير الإجهاد الحراري:

عند تعرض عبوات PET لدرجات حرارة مرتفعة (نتيجة التخزين في مستودعات غير مكيفة، أو النقل تحت أشعة الشمس المباشرة، أو تركها داخل المركبات صيفاً)، تزداد الطاقة الحركية للسلاسل البوليمرية، مما يؤدي إلى تمدد هذه السلاسل وزيادة المسافات البينية بينها. هذا التمدد يخلق مسارات جديدة أو يوسع المسارات الموجودة، مما يزيد من نفاذية (Permeability) جدار العبوة للجزيئات الصغيرة [20].

I • 4 • 2 • 3 التغيرات المورفولوجية للعبوة:

بالإضافة إلى ما سبق، تؤدي درجات الحرارة المرتفعة إلى زيادة نسبة البلورة (Crystallinity) في البلاستيك، وهي ظاهرة تجعل المادة أكثر هشاشة وأقل مرونة. هذا يفسر ظهور تشققات دقيقة على سطح العبوات المعرضة للحرارة لفترات طويلة، بالإضافة إلى تغير لونها إلى الاصفرار. هذه التغيرات المورفولوجية هي الآلية الأساسية التي تفتح المجال لهجرة الملوثات الكيميائية من جدار العبوة إلى الماء[21].

I • 4 • 3 الأنتيموان (Antimony) كمؤشر رئيسي للهجرة الحرارية من عبواتPET:

I • 4 • 3 • 1 تعريف الأنتيموان ودوره كمحفز في بلمرة PET:

يعتبر الأنتيموان (Antimony - Sb) من أشباه الفلزات (Metalloids)، وهو العنصر الأكثر إثارة للقلق في عبوات PET يُستخدم ثلاثي أكسيد الأنتيموان (Sb_2O_3) كمحفز أساسي في عملية بلمرة PET، حيث تبقى بقاياه محتجزة داخل المصفوفة البوليمرية بنسب قد تصل إلى 275 ppm [22].

I • 4 • 3 • 2 النمذجة الحركية للهجرة(تطبيق نموذج أرهينيوس ومعامل الانتشار):

تتبع عملية تحرر الأنتيموان من جدار العبوة إلى الماء نموذج الانتشار (Diffusion Model) ، وتخضع لمعادلة أرهينيوس (Arrhenius) التي تربط سرعة الانتشار بدرجة الحرارة. فمع كل ارتفاع في درجة الحرارة، تزداد الطاقة الحركية للسلاسل البوليمرية، وتضعف القوى التي تربط جزيئات الأنتيموان داخل المصفوفة، فتبدأ بالهجرة نحو السطح ثم إلى السائل [19].

I • 4 • 3 • 3 العلاقة الكمية بين درجة الحرارة وتركيز الأنتيموان المطلق:

النتائج التجريبية الموثقة في الدراسات تؤكد هذا السلوك:

- عند التخزين في درجة حرارة الغرفة 25 °C ، تبقى تراكيز الأنتيموان أقل من 5 µg/l.
- عند رفع الحرارة إلى 40 °C، تزداد التراكيز بمقدار يتراوح بين 2 و 5 أضعاف.
- وعند 60 °C (وهي درجة حرارة يمكن أن تصل إليها العبوة المتروكة في السيارة صيفاً)، يمكن أن ترتفع التراكيز إلى 18.5 µg/l، متجاوزة في بعض الحالات الحد الآمن الذي توصي به الجهات الصحية [21،23].

I • 4 • 3 • 4 الحدود التنظيمية المسموح بها للأنتيموان في مياه الشرب:

يُذكر أن منظمة الصحة العالمية (WHO) حددت الحد الأقصى المسموح به للأنتيموان في مياه الشرب بـ µg/l 20، بينما شدد الاتحاد الأوروبي (EU) الحد إلى µg/l 5، مما يجعل بعض العينات المعرضة للحرارة قريبة أو متجاوزة لهذا الحد [23].

I • 4 • 4 الفثالات (Phthalates) كملدنات مهاجرة تحت تأثير الحرارة:

I • 4 • 4 • 1 تعريف الفثالات وأنواعها الأكثر شيوعاً في عبوات PET:

الفثالات (Phthalates) هي مجموعة من المركبات الكيميائية المستخدمة كملدنات (Plasticizers) في صناعة البلاستيك، وأكثرها شيوعاً في عبوات PET هي(Di(2-ethylhexyl) phthalate) DEHP، (Dibutyl phthalate) DBP، و .(Diethyl phthalate) DEP تُضاف هذه المركبات لإضفاء المرونة على البوليمر وتسهيل عمليات التصنيع[23].

I • 4 • 4 • 2 ضعف الارتباط الكيميائي للفثالات كعامل مسهل للهجرة الحرارية:

تختلف آلية تحرر الفثالات باختلاف درجة الحرارة، حيث أن هذه المركبات لا ترتبط بروابط تساهمية قوية مع السلاسل البوليمرية، مما يجعلها أكثر عرضة للتحرر مقارنة بالأنتيموان. فضعف ارتباطها بالمصفوفة البوليمرية يعني أن أي ارتفاع بسيط في درجة الحرارة يكفي لزيادة حركتها ودفعها نحو السطح ثم إلى السائل [23].

I • 4 • 4 • 3 تأثير درجة الحرارة وزمن التخزين ونوع الوسط الغذائي على تراكيز الفثالات

أظهرت الدراسات أن التخزين عند درجات حرارة مرتفعة (°C 40-70) يزيد من كميات الفثالات بشكل ملحوظ، خاصة عند تخزينها لفترات طويلة [7]. في المياه المعبأة، تتراوح تراكيز الفثالات المسجلة في الظروف العادية بين غير قابلة للكشف وصولاً إلى µg/l 25 ، وتزداد هذه التراكيز بشكل تراكمي مع طول مدة التخزين التي قد تصل إلى 1283 يوماً. كما لوحظ أن نوع الوسط الغذائي يلعب دوراً مهماً، حيث تصل تراكيز الفثالات في الأوساط الدهنية (كالحليب والزيوت) إلى مستويات mg/l ، أي أعلى بآلاف المرات من المياه[23].

I • 4 • 4 • 4 الحدود المسموحة للفثالات في المواد الغذائية والمياه:

من ناحية الحدود المسموحة، حدد الاتحاد الأوروبي قيمة قصوى لـ DEHP في المواد الغذائية بـ 1.5 ملغ/كغم، ولـ DBP بـ 0.3 ملغ/كغم. في المياه المعبأة، ونظراً للتراكيز المنخفضة نسبياً، نادراً ما يتم تجاوز هذه الحدود إلا في ظروف تخزين قاسية جداً (درجة حرارة عالية + زمن طويل + إعادة استخدام للعبوة)[24].

• قائمة المراجع العربية:

[1] المواصفة القياسية الليبية رقم (10) لمياه الشرب المعبأة (2020). المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية، طرابلس، ليبيا.

[2] منظمة الصحة العالمية (WHO). (2018). المبادئ التوجيهية لجودة مياه الشرب (الطبعة الرابعة). جنيف، سويسرا: منظمة الصحة العالمية.

[3] شلوف، ميلاد أحمد، عبد الله، أحمد محمد، إجيكه، رمضان محمد. (2018). دراسة بعض الدلال على جودة مياه الشرب المعبأة في مدينة مصراته، ليبيا. مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية، المجلد 4، العدد 1.

[5] الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية. (2004، 18 جويلية). العدد 45.

[6] نصر الحايك. (1989). طرق تحليل المياه. الجزائر: ديوان المطبوعات الجامعية.

[7] هدى عساف، و سامر المصري. (2007). مصادر تلوث المياه الجوفية. سوريا: هيئة الطاقة الذرية.

[8]برنامج الأمم المتحدة الإنمائي. (2006). تقرير التنمية البشرية للعام 2006: ما هو أبعد من الندرة، القوة، الفقر وأزمة المياه العالمية (ص 34). الولايات المتحدة الأمريكية: برنامج الأمم المتحدة الإنمائي.

[9] طواهير نور الإيمان، و بوزيان شريفة. (2018). خصائص مياه الشرب لآبار طبقة الألبيان بمنطقة الحجيرة [مذكرة ماستر، جامعة ورقلة] .

[10]فتحي عبد العزيز العبادسة. (2002). الماء النقي في القرآن الكريم: دراسة موضوعية [رسالة ماجستير، جامعة غزة].

[11] عبابسة حكيمة. (2006). الخصائص الكهربائية للماء: الحساب النظري للسماحية الكهربائية [رسالة ماجستير، جامعة ورقلة]

[12] .شاوش نورة. (2014). استعمال مخلفات النخيل في المعالجة الفيزيوكيميائية للمياه الملوثة [أطروحة دكتوراه، جامعة باتنة].

[13] مارك ج. هامر. (2010). الماء وتنقية مياه الصرف. مجلة العلوم والتقنية، مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، الرياض.

[14] بوخلط أسماء، و بوخلط حليمة. (2007). تحليل مياه الشرب للحاويات ودراسة مدى مطابقتها للمعايير الجزائرية والدولية [مذكرة ماستر، جامعة ورقلة].

[15] أماني إيمان، و بو كلبة نور اليقين. (2019). دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية للمياه المعدنية ومياه المنابع المعبأة في الجنوب الجزائري [مذكر ماستر، جامعة ورقلة].

[16] الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية. (2004، 18 جويلية). العدد 45.

- **قائمة المراجع الأجنبية:**

[4] Food & Drud Administration FDA. (2020). Code of Federal Regulations Title 21: Food and Drugs - Part 165: Beverages.

[17] Parlement européen et Conseil. (2009). Directive 2009/54/CE du Parlement européen et du Conseil du 18 juin 2009 relative à l'exploitation et à la mise dans le commerce des eaux minérales naturelles. Journal officiel de l'Union européenne, L164, 45.

[18] Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2115-2126.

[19] Rungchang, S., et al. (2013). Diffusion coefficient of antimony leaching from PET bottles into beverages. *Journal of Food Engineering*, 115(3), 322-329.

[20] Bach, C., et al. (2013). Effect of temperature on the release of substances from PET bottles into water. *Food Chemistry*, 139(1-4), 672-680.

[21] Carneado, S., López-Sánchez, J. F., & Sahuquillo, À. (2023). Antimony in Polyethylene Terephthalate-Bottled Beverages: The Migration Puzzle. *Molecules*, 28(20), 7166.

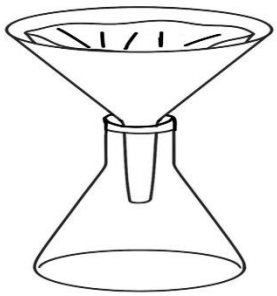
[22] Westerhoff, P., et al. (2008). Antimony leaching from polyethylene terephthalate (PET) plastic used for bottled drinking water. *Water Research*, 42(3), 551-556.

[23] Badarou, A. S. D., et al. (2025). Migration of Antimony and Phthalate Esters from Plastic Food Packaging: A Systematic Review. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 13(3), 1079-110

[24] Isci, G., & Dagdemir, E. (2024). Human health risk assessment of phthalate esters and antimony levels in beverages packaged in PET. *Journal of Food Composition and Analysis*, 126, 105922.

الفصل الثـــاني

الطرق والوسائل المستعملة



- **تمـــهيد:**

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد الخصائص الفيزيوكميائية لبعض عينات المياه المعدنية والمنابع الطبيعية (كالأس الهيدروجيني، العسرة الكلية، بقايا الجافة، والشوارد الأساسية من كاتيونات وأنيونات) .كما تم تقييم تأثير بلاستيك القارورات على جودة المياه المعبأة عند تعرضها لظروف مختلفة، عبر دراسة مدى هجرة العناصر الخطيرة منه إلى المياه، خاصة الأنتيموان والفثالات.

II•1 المواد والطرق المستعملة :

II • 1 • 1 المياه التي تم تحليلها :

في هذه الدراسة تناولنا إحدى عشر عينة مختلفة لمياه المنابع طبيعية الأكثر تداولا في ولايتي ورقلة وتوقرت (**الجدول II • 01**)، تم تحليلها وفق البروتوكولات المعتمدة لدى مؤسسة الجزائرية للمياه – وحدة ورقلة:

الجدول II • 01: المياه التي تم تحليلها

العينة	(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)	(10)	(11)
اسم العينة	منبع الغزلان	حياة	القنطرة	عين بوقلاز	سلسبيل	أروى	ڤريون	افري	لالة خديجة	يوكوس	الڤولية
الصنف	مياه منبع	مياه منبع	مياه منبع	مياه منبع	مياه منبع	مياه منبع	مياه منبع	مياه معدنية	مياه معدنية	مياه معدنية	مياه معدنية

II • 1 • 2 شروط حفظ العينة :

- تحفظ العينات في درجة الحرارة العادية.
- تفتح عبوات العينات وتجرى التحاليل مباشرة دون تأخير.
- تنجز التحاليل الفزيائية والكيميائية للمياه داخل المخبر.
- تدوين بيانات العينة.

II• 2 دراسة الخصائص الفيزيائية :

II • 2 • 1 قياس الأس الهيدروجيني pH :

- **المواد والوسائل المستعملة:**

المـــــــواد	الوسائل
ماء مقطر العينات (1-11)	جهاز pH mètre بيـــــشر

- **طريقة العــمل:**

- تشغيل جهاز pH mètre.
- غسل الإلكترود بالماء المقطر.
- نأخذ حجم معين من العينات ونضعها داخل كأس بيشر.
- ندخل الإلكترود الجهاز داخل كأس بيشر.
- نفتح الجهاز ونضغط على زر القراءة.
- نتركه حتى يستقر ثم نقرأ النتيجة مباشرة على الجهاز.
- نسجل النتائج ويتم غسل الإلكترود بالماء وتجفيفه.

II • 2 • 2 قياس الناقلية الكهربائية :

- **المواد والوسائل المستعملة:**

المـــواد	الوسائل
ماء مقطر العينات (1-11)	جهاز الناقلية الكهربائية بـــيشــر

- **طريقة العــمل:**

- نوصل القطب الخاص بقياس الناقلية بمكانه المخصص في الجهاز.
- نغسل الإلكترود بالماء المقطر.
- ندخل الإلكترود داخل كأس بيشر المحتوي في كل مرة على ماء العينات (1-11).
- نتركه حتى يستقر ثم نقرأ النتيجة مباشرة على الجهاز.
- نسجل النتائج ويتم غسل الإلكترو د بالماء وتجفيفه.

II • 2 • 3 تقدير المواد الصلبة الذائبة TDS :

- تحسب بالعلاقة التالية:

$$TDS = Cond/2$$

II • 2 • 4 تحديد الملوحة Salinité:

$$S\% = TDS / 1000$$

II • 2 • 5 البقايا الجافة :

تم تقدير البقايا الجافة بواسطة حاضنة من نوع **BINDER** عند درجة حرارة 105 °C

- **المواد والوسائل المستعملة:**

المـــواد	الوسائل
ماء العينات (1-11)	حاضنة من نوع **BINDER** ميزان تحليلي بـــــيشر جهز نزع رطوبة

- **طريقة العمل:**

- نقوم بغسل البشير بالماء المقطر وتجفيفه جيدا.
- نزن البشير بدقة وهو فارغ ونسجل الوزن.
- نضع حجم من ماء العينات (1-11).
- نزن البشير وهو مملوء.
- وضع في الحاضنة تحت درجة حرارة 105 °C لمدة 24 h
- نخرج البشير من الحاضنة ونتركها تبرد.
- نعيد وزن البيشر وهو فارغ ونستنتج المتبقي الصلب.

II • 2 • 6 اختبار العكارة:

- تم قياس العكارة بواسطة جهاز **Turbidimètre** من نوع (TL2300)

- **المواد والوسائل المستعملة:**

المـــواد	الوسائل
العينات (1-11)	جهاز اختبار العكارة Turbidimètre الخلية (25ml)

- **طريقة العمل:**

- يتم رج العينات جيدا ثم نملأ الخلية في كل مرة بماء العينات (1-11).
- نفتح الجهاز ونضع العينة ونقوم باختيار الاختبار.
- نقوم بالضغط على الزر RANGE.
- نضغط على الزر READ بعدها ستظهر قراءة العكارة بوحدة NTU.

II • 3 دراسة الخصائص الكيميائية :

II • 3 • 1 تحديد القلوية الدائمة TAC :

- **المواد والوسائل المستعملة:**

المـــواد	الوسائل
ماء العينات (1-11)	سحاحة (25 ml)
كاشف المثيل البرتقالي	دورق مخروطي (1000 ml)
محلول حمض الكبريت المركز H_2SO_4	إرلينة ماير (250 ml)
	ميزان تحليلي

- **طريقة العمل:**
- **تحضير المحاليل:**

- **كاشف المثيل البرتقالي:** يحضر بإذابة 0.5g من صبغة المثيل البرتقالي في l1 من الماء المقطر.
- **محلول حمض الكبريت (0.02N):** يوضع 0.5 ml من H_2SO_4 المركز ويمدد حتى l1 من الماء المقطر مع الرج ويوضع في السحاحة للمعايرة.

- **الطريقة:**

- نأخذ في إرلينة 100 ml من ماء العينات (1-11).
- نضيف 2 - 3 قطرات من المثيل البرتقالي للعينات.
- نملأ السحاحة بمحلول H_2SO_4 (0.02N) ونقوم بعملية المعايرة حتى يتغير اللون من الأصفر إلى اللون البرتقالي.
- نسجل حجم التكافؤ.

ثم نحسب قيمة ال TAC من خلال المعادلة التالية:

$$\mathbf{TAC} = (\boldsymbol{V_E} - \boldsymbol{V_B}) \times \frac{\mathbf{10}}{\boldsymbol{V_T}} \times \boldsymbol{D}$$

II • 3 • 2 تحديد القلوية HCO_3^- :

تحسب القلوية وفق المعادلة التالية:

$$[HCO_3^-] = 61/50 \times [TAC]$$

II • 3 • 3 تحديد القلوية المؤقتة (TA):

pH< 8.3 ⟶ **TA = 0**

pH > 8.3 ⟶ **TA = V (Varie)**

II • 3 • 4 قياس العسرة TH:

- **المواد والوسائل المستعملة:**

الـمواد	الوسائل
ماء العينات (1-11) المحلول الأم (0.01N) EDTA كاشف أسود ايروكروم	سحاحة (50 ml) بـيشر

- **طريقة العمل:**

▪ **تحضير المحاليل:**

- **تحضير محلول الأم:** يحضر بإذابة 67.5g من كلوريد الامونيوم NH_4Cl (pH = 10.1) في 2000 ml من الماء المقطر ويضاف له 570 ml من هيدروكسيد الامونيوم NH_4OH (25%)
- **تحضير محلول EDTA:** يحضر بوزن 3.725g من EDTA المجفف بواسطة حاضنة عند درجة حرارة 105 °C ويذاب في 1l من الماء المقطر.

▪ **الطريقة:**

- نأخذ في بيشر 50 ml من ماء العينات (1-11).
- نضيف 3 قطرات من كاشف أسود ايروكروم فيصبح لونه بني.
- نضيف 4 ml من المحلول الأم فيصبح لونه بنفسجي.
- نعاير بواسطة محلول EDTA (0.01N) حتى يتغير اللون من البنفسجي إلى الأزرق.
- نسجل حجم التكافؤ.

نحسب العسرة الكلية وفق المعادلة التالية:

$$TH = [Mg^{2+}] \times [Ca^{2+}]$$

- **تعريف محلول الأم (محلول منظم):** هي محاليل تغير قيمة الرقم الهيدروجيني لها تغيرا طفيفا عند إضافة حمض أو قاعدة بكميات قليلة أي أنها تقاوم التغيرات في قيمة pH لها عند إضافة حمض أو قاعدة لها.

II • 3 • 5 قياس تركيز الكالسيوم $[Ca^{2+}]$:

- **المواد والوسائل المستعملة:**

تم التحديد بواسطة المعايرة الحجمية باستخدام الأدوات والمواد التالية:

المـواد	الوسائل
ماء العينات (1-11) EDTA (0.01N) دليل المير وكسيد هيدروكسيد الصوديوم	سحاحة (50ml) بـيشر

- **طريقة العمل:**
  - **تحضير المحاليل:**
    - **تحضير محلول هيدروكسيد الصوديوم (2N):** يحضر بإذابة 80g في 1l من الماء المقطر.
    - محلول EDTA محضر سابقا.
    - **دليل المير وكسيد:** يحضر من 0.25g الميرو كسيد و50g كلوريرالصوديوم وتخلط في هاون حتى يصبح متجانس بلون وردي.
  - **الطريقة**
    - نأخذ في بيشر 50 ml من ماء العينات.
    - نضيف 0.5g من دليل المير وكسيد المحضر.
    - نضيف 2 ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم.
    - نملأ السحاحة بمحلول EDTA ونقوم بالمعايرة حتى ظهور اللون البنفسجي.
    - نسجل حجم التكافؤ.

$$[Ca^{2+}]_{mg/l} = \frac{C_1 \times V_1}{V_2} \times 1000$$

II • 3 • 6 تعيين تركيز المغنيزيوم $[Mg^{2+}]$:

تحسب كمية المغنيزيوم من الفرق بين تركيز العسرة والكالسيوم وفق المعادلة التالية:

$$[Ca^{2+}]\ mg/l = \frac{C_{EDTA} \times (V_{TH} - V_{Ca2+})}{P_E} \quad M_{Mg2+} \times 1000$$

II • 3 • 7 تحديد تركيز الكلوريد $[Cl^-]$:

- **المواد والوسائل المستعملة:**

تم التحديد بواسطة المعايرة الحجمية باستخدام الأدوات والمواد التالية:

المـــواد	الوسائل
ماء العينات (1-11) نترات الفضة $AgNO_3$(0.02N) كاشف كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4(10%)	سحاحة (25ml) دورق مخروطي (1000ml)

- **طريقة العمل:**
  - **تحضير المحاليل:**
    - **تحضير نترات الفضة:** يحضر بإذابة 4.791g من المادة النقية في 1l من الماء المقطر.
    - **تحضير كاشف كرومات البوتاسيوم:** يحضر ب إذابة 10g من كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4في 100ml من الماء المقطر.
  - **الطريقة**
    - نضع في دورق 100 ml في كل مرة من ماء العينات (1-11).
    - نضيف 1 ml من كرومات البوتاسيوم لكل عينة.
    - نملأ السحاحة بمحلول نترات الفضة (0.02N).
    - نقوم بعملية المعايرة في كل مرة إلى غاية تغير اللون من الأصفر إلى الأحمر الأجوري.
    - نسجل حجم التكافؤ.

II • 3 • 8 تحديد تركيز النتريت $[NO_2^-]$:

- **المواد والوسائل المستعملة:**

المـــواد	الوسائل
ماء العينات (1-11) ماء مقطر دليل تام	جهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية Spectrophotomètre UV Visible

- **طريقة العمل:**
  - **تحضير المحاليل:**

- **تحضير دليل تام:** نقوم بمزج 25ml من حمض الفوسفوريك (H_3PO_4 $(98_{g/mol})$ وسيلفانيل اميد N-(1-Naphthyl)ethylenediamine (0.5_g) $C_6H_8N_2O_2S(10_g)$ ويكمل إلى غاية 250ml من الماء المقطر.

  - **الطريقة**

- نأخذ في حوجلة 40 ml من الماء المقطر كشاهد (Blanc).
- نأخذ في حوجلة 40 ml من ماء العينات (1-11).
- نضيف 1ml من الدليل تام لكل عينة.
- نقرأ بواسطة الجهاز ونختار الأيقونة الخاصة بالنتريت.

II • 3 • 9 تحديد تركيز النترات [NO_3^-] :

تم تقدير تركيز النترات بواسطة جها ز Spectrophotomètre UV Visible من نوع (DR2800)

- **المواد والوسائل المستعملة:**

المـــواد	الوسائل
ماء العينات (1-11) ماء مقطر هيدروكسيد الصوديوم (30%) ساليسيلات الصوديوم طرطرات ثنائي صوديوم وبوتاسيوم H_2SO_4 المركز (98%)	جهاز مطياف الامتصاص بالأشعة فوق البنفسجية Spectrophotomètre UV Visible

- **طريقة العمل:**
  - **تحضير المحاليل**

- **تحضير NaOH:** نزن 3g من NaOH ونضعها في 100 ml من الماء المقطر.
- **تحضير ساليسيلات الصوديوم:** نزن 0.05g من ساليسيلات الصوديوم ونضعها في 10 ml من الماء المقطر.
- **تحضير طرارات ثنائي الصوديوم بوتاسيوم:** نزن منها 15g ونضعها في 250 ml من الماء المقطر ونضيف لها 100g من هيدروكسيد الصوديوم.

- **الطريقة:**
  - نأخذ في بيشر 10 ml من الماء المقطر كشاهد.
  - نأخذ في بيشر 10 ml من ماء العينات (1-11).
  - نضيف 1 ml من ساليسيلات الصوديوم لكل عينة.
  - نضيف 3 قطرات من NaOH لكل عينة.
  - نترك العينة تجف في حاضنة عند (90 ˚C).
  - نخرج العينات من الحاضنة ونضيف لها 2 ml من H_2SO_4 المركز ونتركها لمدة 10 دقائق.
  - نضيف 15 ml من الماء المقطر لكل عينة.
  - نضيف 15 ml من محلول طرطرات ثنائي الصوديوم بوتاسيوم لكل عينة.
  - نقرأ بواسطة الجهاز ونختار الأيقونة الخاصة بالنترات.

II • 3 • 10 تحديد تركيز الأمونيوم [NH_4^+]:

تم تحديد تركيز الكبريتات بواسطة جهازSpectrophotomètre UV Visible من نوع (DR2800).

- **المواد والوسائل المستعملة:**

المـــواد	الوسائل
ماء العينات (1-11) ماء مقطر المتفاعل (1) المتفاعل (2)	جهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية Spectrophotomètre UV Visible

- **طريقة العمل:**
- **تحضير المحاليل:**
  - **المتفاعل الأول (1):** يتم بمزج 2g من ($C_3HCl_2N_3O_3$) و30g من NaOH ونكمل إلى غاية 1L من الماء المقطر.
  - **المتفاعل الثاني (2):** يتم بمزج 130g من ($C_7H_5NaO_3$) و130g من(Na3C6H5O) و 13gمن $Na_2[Fe(CN)_5NO].2H_2O$) ويكمل إلى غاية 1L من الماء المقطر.
- **الطريقة:**
  - يتم أخد في حوجلة 10ml من ماء مقطر كشاهد.
  - يؤخد في بيشر 10mlمن ماء العينات (1-11).
  - يضاف 1ml من المتفاعل الأول لكل عينة.

- يضاف 1ml من المتفاعل الثاني لكل عينة.
- يترك المحلول لمدة ساعة ونصف ويقرأ بواسطة الجهاز حيث تختار الأيقونة الخاصة بقراءة تركيز الأيقونة (NH_4^+).

II • 3 • 11 تحديد تركيز الصوديوم [Na^+]:

تم تحديد تركيز الصوديوم بواسطة جهاز الامتصاص الذري بالشعلة Photométre de Flamme من نوع Sherwood – 410

- **المواد والوسائل المستعملة:**

المـــواد	الوسائل
ماء العينات (1-11) ماء مقطر محاليل عياري	جهاز الامتصاص الذري بالشعلة Photométre de Flamme بـــيشر

- **طريقة العمل:**

- قمنا بإنشاء المنحنى الشاهد العياري وذلك بأخذ تراكيز معينة (10•8•6•4•2•0) وقياس كثافتها الضوئية وترجمتها إلى منحنى شاهد تكون التراكيز بوحدة (mol/l).
- نضبط الجهاز من حيث لون اللهب حتى يصبح ازرق بتحريك الزر Fiul.
- نضع في بيشر كمية من الماء المقطر ونغمس بداخله الأنبوبة الشعرية الخاصة بالجهاز.
- نضبط الجهاز عند الرمز Na^+.
- نشغل المضخة قصد سحب الماء المقطر ورشه على اللهب.
- نضبط الجهاز حتى القراءة (0) بواسطة الزر (Blank).
- نحضر المحاليل العيارية ونقوم بإدخالها من أعلى تركيز.
- نقوم بأخذ القراءة عند ثباتها وهكذا من محلول لآخر.
- بين كل محلول نقوم بتنظيف الأنبوبة الشعرية من بقايا المحلول وإعادة تصفير الجهاز.
- ندون النتائج ونرسم المنحنى البياني.
- نأخذ في بيشر 5 ml من ماء العينات (1-11) ونمددها إلى غاية 15 ml من الماء المقطر.
- نغمس الانبوبة الشعرية في بيشر ونشغل المضخة.
- نأخذ القراءة وندون النتائج.

II • 3 • 12 تحديد تركيز البوتاسيوم [K^+]:

نتبع نفس الخطوات التي حدد بها تركيز الصوديوم فقط نغير في التراكيز (0•20•40•60•80•100) وعدم تمديد ماء العينات (نضع 5 ml من ماء العينات في بيشر) التراكيز تكون بوحدة (mol/l).

II • 3 • 13 تحديد تركيز الكبريتات [SO_4^{2-}]:

تم تحديد تركيز الكبريتات بواسطة جهازSpectrophotomètre UV Visible من نوع (DR6000).

- **المواد والأدوات المستعملة:**

المـواد	الأدوات
ماء العينات (1-11)	الخـلـية
كلورير الباريوم (M=208.23 g/mol)	جهازSpectrophotomètre UV Visible
محلول مثبت (Stabilisant)	بـيشر
غليسرول (M=92.03g/mol)	

- **طريقة العمل:**

▪ **تحضير المحاليل:**

- **تحضير محلول$BaCl_2$:** نقوم بمزج 150 g من كلورير الباريوم - 5 ml حمض الكلوروهيدريك ويكمل الى غاية 11 من الماء المقطر.
- **محلول مثبت:** نقوم بمزج 60 ml من حمض كلور وهيدريك المركز و200 ml من الإيثانول 150g من كلورير الصوديوم 100ml• من غليسرول• ويكمل إلى غاية 11 من الماء المقطر.

▪ **الطريقة:**

- نضع في بيشر 50 ml من الماء المقطر كشاهد.
- نضع في بيشر 50 ml من ماء العينات (1-11).
- نضيف 2.5 ml من محلول مثبت لكل عينة.
- نضيف 1 ml من $BaCl_2$ لكل عينة.
- يوضع 10 ml من المحلول في الخلية وتوضع في جهازSpectrophotomètre UV Visible.
- تقرأ العينة الأولى (الشاهد) ثم تقرأ العينات وتسجل القيم بوحدة (mg/l).

II•3•14 تحديد تركيز الحديد [Fe^{3+}]:

يتم تقدير الحديد بواسطة جهازSpectrophotomètre UV Visible من نوع (DR2800).

- **المواد والوسائل المستعملة:**

المـــواد	الوسائل
ماء العينات (1-11) ماء مقطر محلول موقي محلول فينول فتالين كلوروهيدات هيدروكسيل امين	بـــيشر جهازSpectrophotomètre UV Visible

- **طريقة العمل:**

- **تحضير المحاليل:**

- **تحضير كلوروهيدات هيدركسيل امين ($NH_2OH.HCl$):** نأخذ 10g من كلوروهيدات الهيدروكسيل امين ونضعها في 100ml من الماء المقطر.
- **تحضير محلول موقي:** نأخذ 40g من اسيتات الأمونيوم و5ml من حمض الخل ونضعها في 100ml من الماء المقطر.
- **تحضير فينول فتالين ($C_{20}H_{14}O_4$):** نأخذ 0.42g من فينول فتالين وبعض قطرات من حمض كلور الماء ونضعها في 100ml من الماء المقطر.

- **الطريقة:**

- نأخذ في بيشر 20ml من الماء المقطر كشاهد.
- نأخذ في بيشر 20ml من العينات (1-11).
- نضيف 1ml من فينول فتالين لكل عينة.
- نضيف 0.5ml من **$NH_2OH.HCl$**.
- نضيف 1ml من المحلول الموقي.
- نقرأ بواسطة الجهاز حيث نختار الأيقونة الخاصة بالحديد

II • 4 تحديد التوازن الشاردي Ba:

بعد معايرة المياه وفق الطرق السابقة الذكر يجب تحديد دقة التحاليل وذلك بحاسب التوازن الشاردي للتأكد من النتائج المتحصل عليها

$$Ba = \left|\frac{\sum X^- - \sum X^+}{\sum X^- + \sum X^+}\right| \times 100 \leq 10\%$$

X^-	تركيز الشوارد السالبة بوحدة (meq/l)
X^+	تركيز الشوارد الموجبة بوحدة (meq/l)

II • 5: تأثير درجة الحرارة:

II • 5 • 1 تحديد تركيز الأنتيموان (Sb) في عينات المياه بطريقة مطيافية الامتصاص الذري :

يُعد الكشف عن معدن الأنتيمون (Sb) في المياه مهمًا بسبب تأثيراته الصحية والبيئية. وتُستخدم تقنية (SAA)لقياس تركيزه بدقة عالية، حيث تعتمد على امتصاص الذرات للضوء عند أطوال موجية مميزة لكل عنصر.

- **المواد والوسائل المستعملة:**

المـــواد	الوسائل
ماء العينات (1-11)	أنبوب فالكو سعته 50ml
حمض الهيدروكلوريك HCl	فلتر حقني حجم المسام 0.45µm
حمض النتريك (HNO_3)	جهاز Atomic Absorption Spectroscopy
	حقنة
	فرن التجفيف

- **طريقة العمل:**

- يتم ترشيح 15ml من عينة الماء باستخدام فلتر حقني متصل بحقنة، ويتم جمع المرشح في أنبوب فالكون سعة 50ml.
- يضاف إلى الأنبوب 5ml من (HCl) و2ml من (HNO_3).
- يُغلق الأنبوب بإحكام، ثم يُرج بلطف لتجانس المحلول.
- تصبح العينة جاهزة للتحليل بواسطة جهاز مطيافية الامتصاص الذري(SAA) .

II • 5 • 2 تقدير وجود الفثالات في عينات المياه بطريقة التحليل في جهاز GC-MS:

تُمثل الفثالات إحدى أهم الملوثات العضوية المرتبطة بالمواد البلاستيكية، إذ يمكن أن تنتقل إلى المياه المعبأة نتيجة التلامس وظروف التخزين وتعرضها لدرجة حرارة عالية. لذلك يُعد استخلاصها والكشف عنها بتقنية GC-MSخطوة أساسية لتقييم جودة المياه ودراسة مدى تأثير العبوات البلاستيكية على سلامتها الكيميائي.

- **المواد والوسائل المستعملة:**

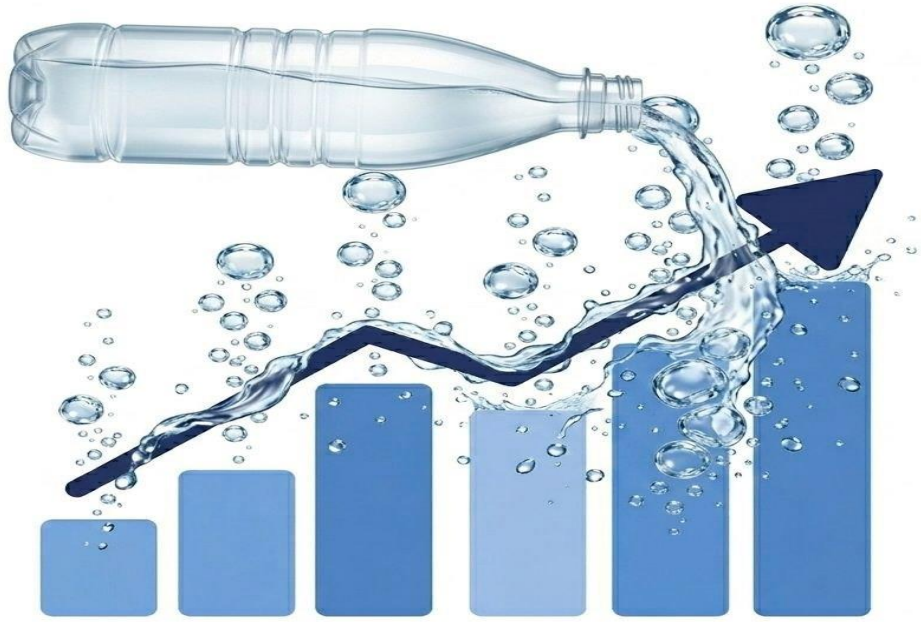
المواد	الوسائل
ماء العينات (1-11) الهكسان (n-Hexane) ثنائي كلورو ميثان (CH_2Cl_2) كبريتات المغنزيوم اللامائية ($MgSO_4$)	جهاز مبخر دوراني قمع فصل زجاجي سعة 60ml قنينات GC-MS سعة 2ml جهاز GC-MS

- **طريقة العمل:**

- يؤخذ 50ml من المياه المعبأة وتنقل إلى قمع الفصل.
- يضاف 8ml من (n-Hexane) و2ml من (CH_2Cl_2) ويرج المزيج بقوة لمدة دقيقتين.
- يترك قمع الفصل حتى ينفصل الطوران، ثم يجمع الطور العلوي.
- تكرر عملية الاستخلاص ثلاث مرات بإضافة في كل مرة 8ml من (n-Hexane) و2ml من (CH_2Cl_2).
- تجمع المستخلصات الثلاثة (حوالي 30ml) .
- يضاف 2-3g من ($MgSO_4$) ويرج برفق ثم يرشح.
- ينقل المستخلص إلى دورق المبخر الدوراني.
- يشغل المبخر الدوراني عند 40°C مع دوران وتفريغ تدريجي حتى يصل الحجم إلى 1ml.
- ينقل المستخلص المركز إلى قنينة GC-MS سعة 2ml.
- يغسل دورق التبخير بـ 1ml من المذيب وتضاف الشطفة إلى القنينة.
- يكمل التبخير في حمام مائي عند 40°C مع تيار هواء بارد حتى يصل الحجم إلى 1ml.
- يحقن 1µl في GC-MS بوضع الحقن غير المنقسم (Splitless).
- تحدد الفثالات نوعياً بزمن الاحتجاز وطيف الكتلة.

الفـــصل الثـــالث

النتـــــائـــج ومنـــاقشـتـهـــــــا



- **تـمهيد:**

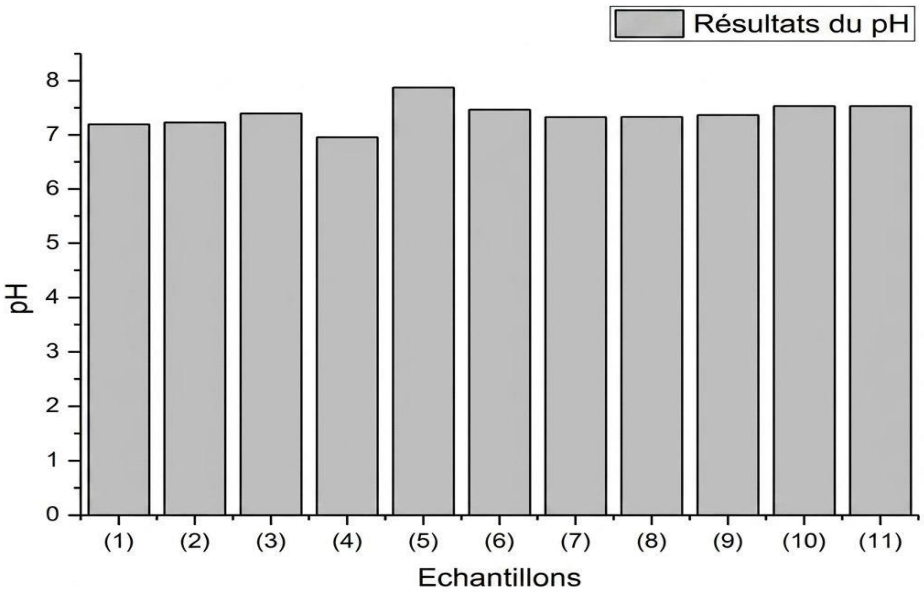
يهدف هذا الفصل إلى مناقشة وتحليل النتائج المستخلصة من تحاليل عينات المياه المعدنية المعبأة في قوارير بلاستيكية، بعد تعريضها لدرجات حرارة مرتفعة (محاكاة لظروف التخزين والنقل غير المناسبة). سنتناول التغيرات الفيزيائية والكيميائية المسجلة وهجرة المواد الضارة (كالفثالات والأنتيموان) من البلاستيك إلى الماء، مع مقارنة النتائج بالحدود المسموح بها في المواصفات القياسية، واستخلاص الدلالات الصحية المترتبة عليها.

III•1 الخصـــائص الفيزيائية:

III•1•1 نتائج الأس الهيدروجيني (pH):

الجدول III•1: نتـــائج pH بين الملصق والقيم التجريبية

الرقم	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
الملصق	7.1	7.1	7.32	6.87	7.95	7.33	7.28	7.2	7.42	7.4	7.4
التجريبي	7.18	7.2	7.38	6.93	7.85	7.44	7.32	7.3	7.33	7.5	7.5



المخطط III•1: نتـــائج pH

- **قراءة النتائج**
  - **المقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

يُعدّ الرقم الهيدروجيني من أهم المؤشرات الفيزيائية للمياه، إذ يعكس توازنها الكيميائي .تتراوح قيم pH في العينات المدروسة بين (6.93 و7.85) ، وجميعها تندرج ضمن النطاق المحدد بين 6.5 و 8.5 طبقاً للجريدة الرسمية .[1]وتُعدّ مياه عين بوقلاز الأكثر حمضيةً نسبياً، بينما تُصنَّف مياه سلسبيل الأكثر قلويةً بين العينات.

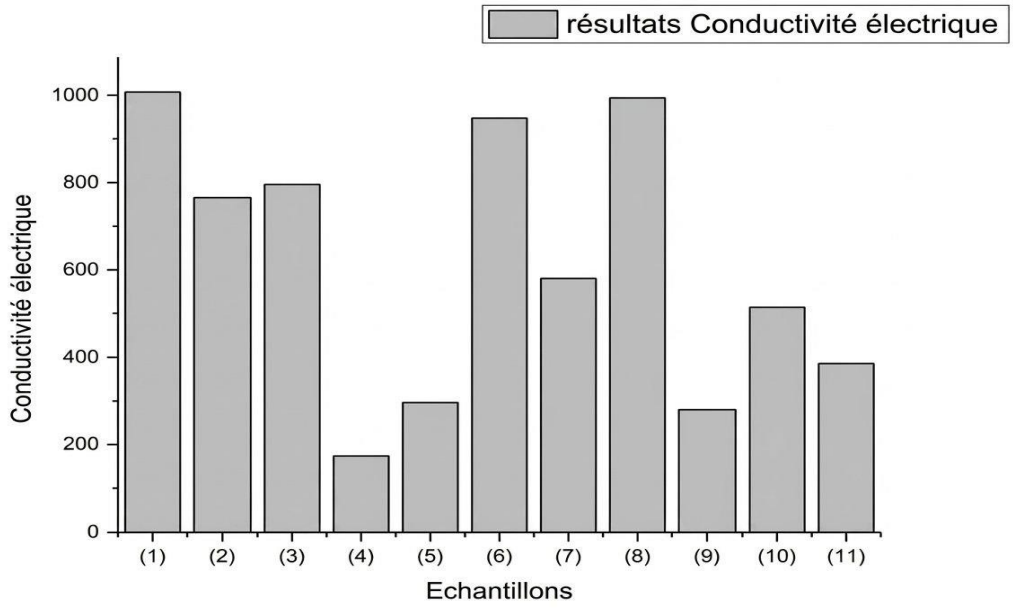
- **مقارنة القيمة التجريبية بقيمة الملصق:**

أظهرت قيم pH توافقا ممتازاً بين النتائج المخبرية والقيم المُعلنة على الملصقات، إذ لا تتجاوز الفوارق 0.15 وحدة pHفي جميع العينات .يُعكس ذلك الاستقرار الكيميائي للمياه من لحظة التعبئة حتى وقت التحليل .يُوصى دائماً بقياسpH ميدانياً عند المصدر للحصول على القيمة الأدق [2].

III• 2•1: نتائج الناقلية الكهربائية:

الجدول III•2: نتـــائج الناقلية الكهربائية (µS/cm)

نتائج الناقلية الكهربائية										
(11)	**(10)**	**(9)**	**(8)**	**(7)**	**(6)**	**(5)**	**(4)**	**(3)**	**(2)**	**(1)**
386	515	281	995	580	949	296	173.5	795	76	1006



المخطط III•2: نتـــائج الناقلية الكهربائية

- **مناقشة النتائج:**
  - **المقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

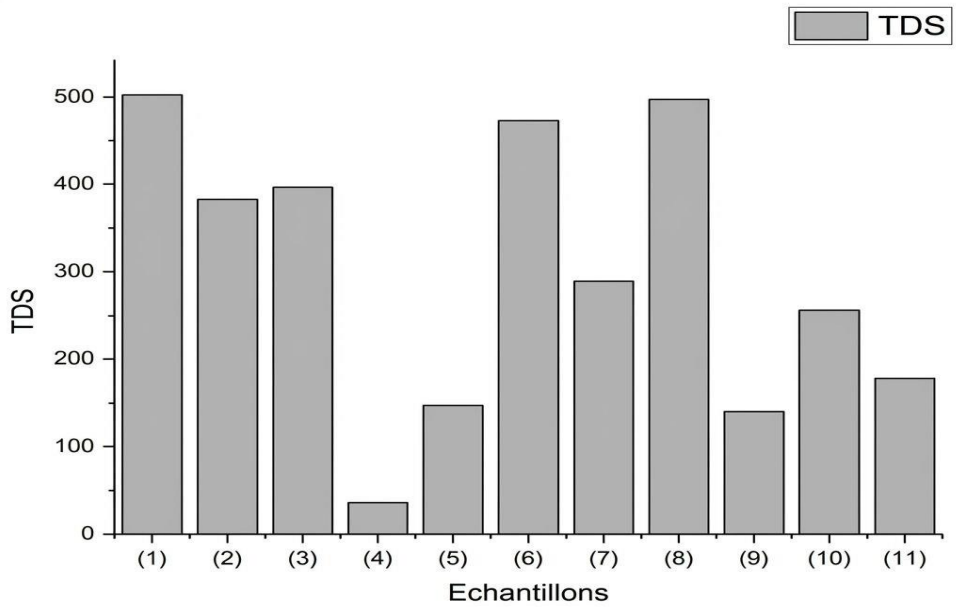
تعكس الناقلية الكهربائية مجموع تراكيز الأيونات الذائبة في الماء، تتراوح قيمها في العينات المدروسة (173µS/cmو1006µS/cm)، وجميعها دون الحد الأقصى المحدد بـ 2800µS/cm [1].

تكشف هذه التفاوتات عن اختلاف جوهري في درجة التمعدن، إذ تُصنَّف مياه عين بوڤلاز كمياه قليلة المعادن، في حين تُعدّ مياه منبع الغزلان أكثر العينات غنىً بالمعادن [3].

III•3•1 نتائج تقدير المواد الصلبة TDS:

الجدول III•3: نتائج تقدير المواد الصلبة TDS (mg/l)

نتائج تقدير المواد الصلبة TDS										
(11)	**(10)**	**(9)**	**(8)**	**(7)**	**(6)**	**(5)**	**(4)**	**(3)**	**(2)**	**(1)**
178	257.5	140.5	497.5	290	473	148	36.75	397.5	383.5	503



المخطط III•3: نتائج تقدير المواد الصلبة TDS

- **قراءة النتائج:**

يُعبّر إجمالي المواد الصلبة الذائبة TDS عن مجموع تراكيز الأيونات والمواد الذائبة في الماء، وهو المؤشر المباشر لدرجة التمعدن الإجمالية.

تتراوح قيمة العينات المدروسة بين (503mg/l - 36.75mg/l) وبمتوسط حسابي 300.5mg/l وانحراف معياري 161.6mg/l، وجميع العينات تقع دون الحد الأقصى المسموح به بفارق كبير.

وفقاً لتصنيف منظمة الصحة العالمية [4]، تنقسم العينات إلى فئتين:

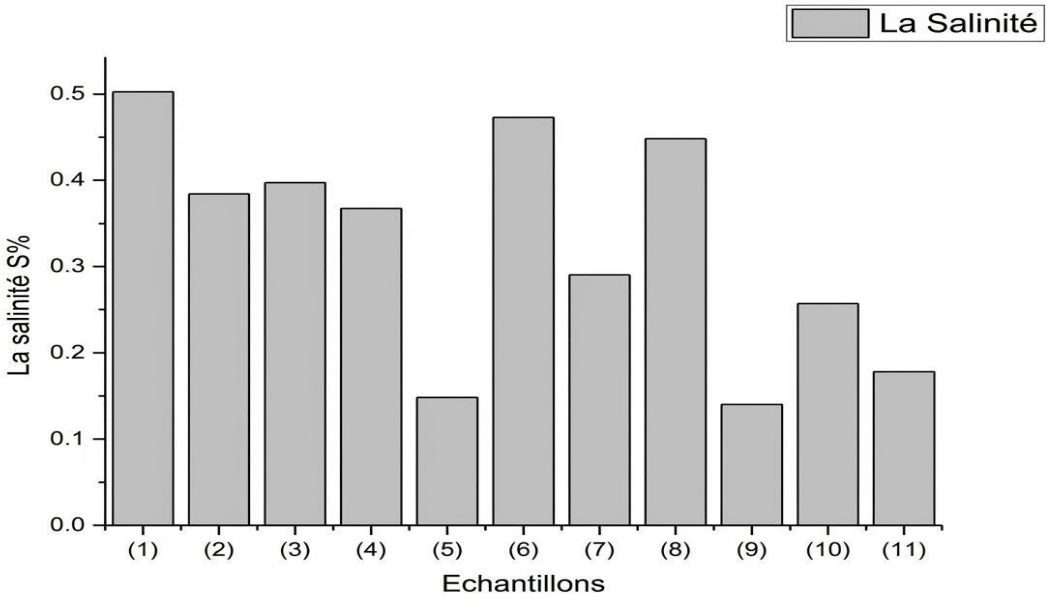
ستّ عينات ذات تمعدن منخفض (TDS < 300 mg/l) وهي عين بوڤلاز، سلسبيل، لالة خديجة، يوكوس، القولية وقريون، وخمس عينات ذات تمعدن معتدل (300 mg/l - 600) وهي منبع الغزلان، الحياة، القنطرة، أروى وإفري. ولم تُسجَّل أي عينة في فئة التمعدن المرتفع أكبر من (600 mg/l).

كما تتناسب قيم TDS تناسباً طردياً مع قيم الناقلية الكهربائية، إذ تُمثّل عين بوڤلاز الأدنى في كليهما (173.5µS/cm - 36.75mg/l) ومنبع الغزلان الأعلى (1006µS/cm - 503mg/l)، وهو ما يُؤكد اتساق النتائج ودقة المنهجية المتبعة.

III•4•1: نتائج الملوحة S%:

الجدول III•4: نتائج الملوحة S%

نتائج الملوحة S%										
(11)	(10)	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
0.178	0.257	0.141	0.448	0.29	0.473	0.148	0.3675	0.3975	0.3835	0.530



المخطط III•4: نتائج الملوحة S%

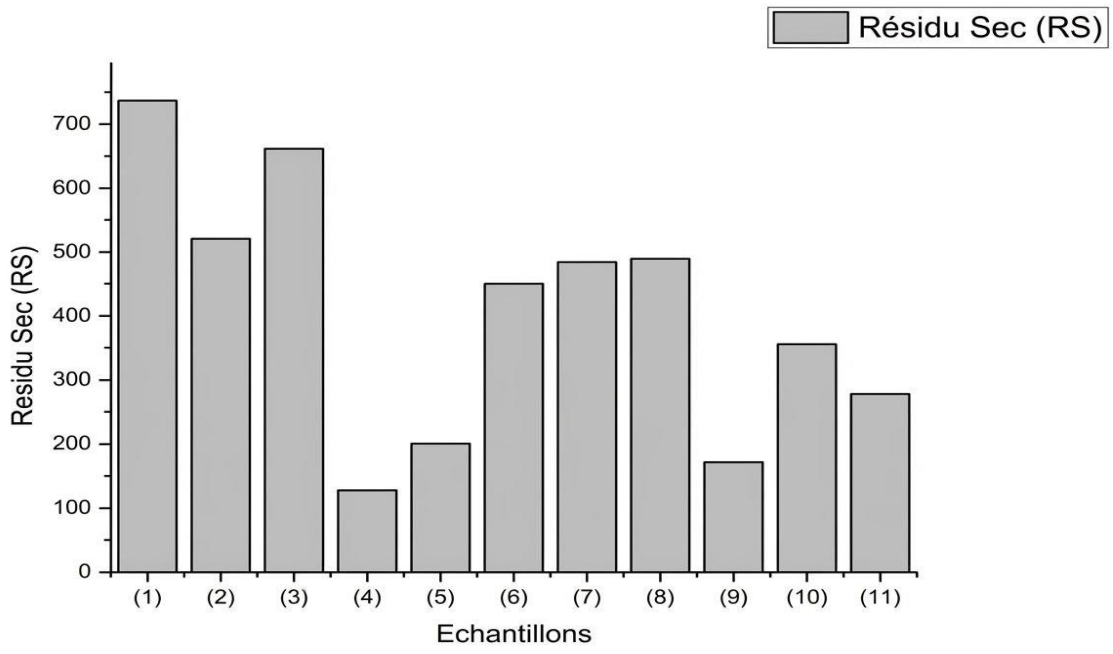
- **قراءة النتائج:**
  - **المقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

تُعبّر الملوحة عن إجمالي تركيز الأملاح الذائبة في الماء، وهي مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بقيم الناقلية الكهربائية والبقايا الجافة، تتراوح قيم الملوحة في العينات المدروسة بين (0.141g/l و 0.530g/l) تتميز مياه سلسبيل و لالة خديجة والقولية بأدنى قيم للملوحة، مما يصنّفها ضمن المياه قليلة الأملاح، في حين تُسجّل مياه منبع الغزلان وأروى والقنطرة أعلى قيم للملوحة بين العينات ،وجميع القيم المسجّلة تبقى في النطاق الطبيعي للمياه العذبة المخصصة للاستهلاك البشري، إذ تقل بكثير عن الحد الأقصى المسموح به [1]، مما يؤكد صلاحية هذه المياه للشرب.

III•5•1: نتائج البقايا الجافة:

الجدول III•5: نتائج البقايا الجافة RS

نتائج البقايا الجافة (RS) (mg/l)										
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
736	520	662	127	200	450	485	490	172	356	278



المخطط III•5: نتائج البقايا الجافة (RS)

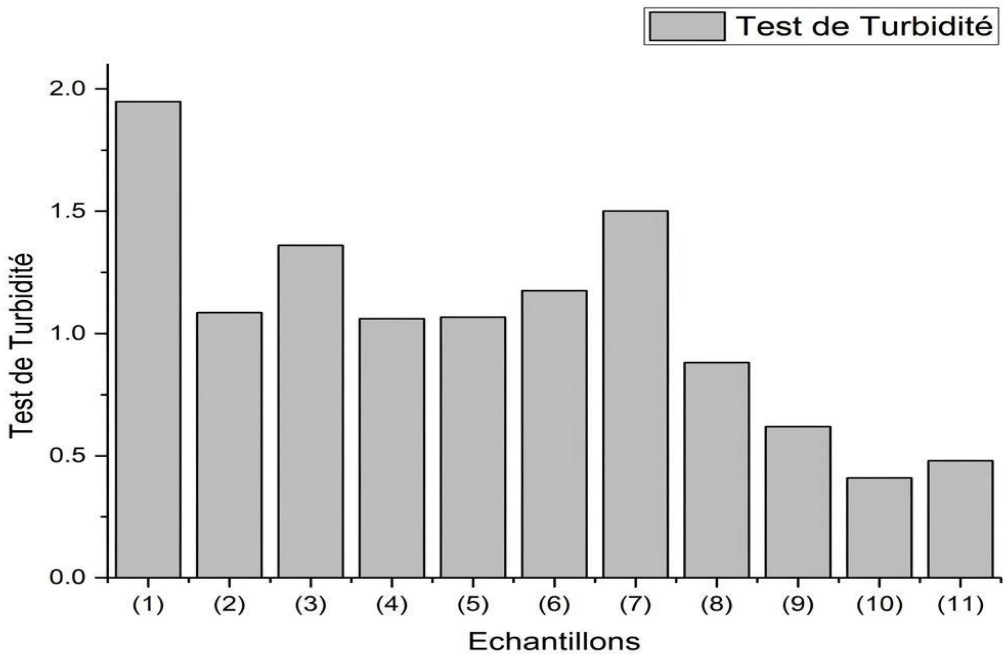
- **قراءة النتائج:**
  - **مقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

تمثّل البقايا الجافة عند 105°C مجموع المواد الصلبة الذائبة في الماء (TDS)، وهي مؤشر مباشر على درجة التمعدن الإجمالية. تتراوح قيم البقايا الجافة في العينات المدروسة بين (127mg/lو 736mg/l) يُحدّد ملحق الجريدة الرسمية الجزائرية [1] الحدَّ الأقصى المسموح به بـ: 2000 mg/L، وجميع العينات تقع دون هذا الحد بفارق كبير، تتسق هذه النتائج مع قيم الناقلية الكهربائية المسجّلة، إذ تُعدّ مياه عين بوڤلاز الأقل تمعدناً، بينما تُصنَّف مياه منبع الغزلان الأكثر غنىً بالأملاح المعدنية [3].

III•6•1: نتائج اختبار العكارة:

الجدول III•6: نتائج اختبار العكارة

نتائج اختبار العكارة (NTU)										
(11)	**(10)**	**(9)**	**(8)**	**(7)**	**(6)**	**(5)**	**(4)**	**(3)**	**(2)**	**(1)**
0.48	1.41	1.62	1.88	1.5	1.18	1.07	1.06	1.36	1.09	1.95



المخطط III•6: نتائج اختبار العكارة

- **قراءة النتائج:**
  - **مقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

تُعدّ العكارة مؤشراً مهماً لجودة المياه، إذ تعكس مدى وضوح الماء وغياب المواد العالقة فيه، تتراوح قيم العكارة في العينات المدروسة بين (0.41NTU و0.95NTU) وفقاً للجريدة الرسمية الجزائرية رقم 27 (الملحق)، يجب ألا تتجاوز العكارة الحدَّ الأقصى المقبول [1]. جميع العينات المدروسة تُسجّل قيم عكارة منخفضة جداً تدل على نقاء المياه وصلاحيتها للاستهلاك البشري.

III•2: الخصـــائص الكيميائية:

III•2•1 نتائج القلوية المؤقتة [TA]:

- بما ان قيمة الـ pH لجميع العينات أقل من 8.3 فإن القلوية الفينول فثالينية تكون منعدمة.

III•2•2 نتائج تركيز الكالسيوم (mg/l) [Ca^{2+}]:

الجدول III•7: تركيز الكالسيوم [Ca^{2+}] بين الملصق والقيم التجريبية

الرقم	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
الملصق	93	90	90	4.6	25	120	72	99	49	77.4	24
التجريبي	96.19	88.17	92.85	4.80	25.65	117.83	70.54	101.80	52.90	80.16	26.45

- **قراءة النتائج:**
  - **مقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

يُعدّ الكالسيوم العنصر السائد في مياه الشرب، ويختلف تركيزه تبعاً لنوع التربة (الحجر الجيري أو الجبس) تتراوح مستوياته بين (4.809mg/l و 117.835mg/l) طبقاً للجريدة الرسمية، النطاق الإرشادي (200mg/l-75mg/l) [1].

تتجاوز عينات أروى وإفري ومنبع الغزلان والحياة والقنطرة الحدَّ الأدنى 75 mg/L، بينما تسجّل عين بوقلاز وسلسبيل والقولية قيماً أقل .لا تتجاوز أيٌّ من العينات الحدَّ الأقصى 200 mg/L، ينطلق الكالسيوم بشكل أساسي من الصخور الكربوناتية [5].

- **مقارنة القيمة التجريبية بقيمة الملصق:**

أظهرت نتائج الكالسيوم توافقاً جيداً مع القيم المُصرَّح بها في غالبية العلامات، إذ لم تتجاوز نسبة الانحراف 10%في معظم الحالات، يُمثّل الكالسيوم المعامل الأكثر استقراراً في مياه الينابيع نظراً لارتباطه بإذابة الصخور الكربوناتية، وهي عمليا بطيئة ومتوازنة [6]، كما تُشير المياه ذات التركيز العالي كمنبع أروى (117.8 mg/L)إلى طابع عسر يُحتمل أن يُسهم في الوقاية من أمراض القلب [1].

III•2•3: نتائج تركيز المغنيزيوم (mg/l) [Mg^{2+}]:

الجدول III•8: تركيز المغنيزيوم [Mg^{2+}] بين الملصق والقيم التجريبية

الرقم	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
الملصق	31	27	37	3.75	5	23	27	24	5	14.5	7
التجريبي	35.478	29.16	34.506	3.888	6.318	22.356	26.244	25.758	7.776	17.01	10.20

- **قراءة النتائج:**
  - **مقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

تتشابه أصول المغنيزيوم مع الكالسيوم، إذ يأتي من ذوبان التكوينات الكربوناتية، تتراوح تراكيزه بين (35.478mg/l-3.888mg/l)، وجميعها دون الحد الأقصى 150 mg/l وفقاً للجريدة الرسمية [1]، تتراوح تراكيز المغنيسيوم في مياه الينابيع بين(37mg/l-2.64.64mg/l) [3].

- **مقارنة القيمة التجريبية بقيمة الملصق:**

سجّلت بعض العلامات انحرافاً بين 10%و 30% في قيم المغنيسيوم، أبرزها سلسبيل ولالة خديجة، قد تعكس هذه الفوارق تباينات موسمية في التركيب الجيوكيميائي، لا سيما أن الدولوميت (صخرة رسوبية تتكون أساسا من كربونات الكالسيوم والمغنيزيوم) يُظهر معدلات إذابة متغيرة تبعاً لدرجة الحرارة ومستوى CO_2 الذائب [7]. بيد أن هذا لا يُعفي الشركات من ضرورة التحقق الدوري وتحديث القيم المُعلنة [3].

III•2•4 نتائج تركيز الصوديوم (mg/l) [Na^{+}]:

الجدول III•9: تركيز الصوديوم [Na^{+}] بين الملصق والقيم التجريبية

الرقم	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
الملصق	68	29.3	36	29	27	56	11	15.8	3.1	13.4	28
التجريبي	70	31.1	38	26	25	54	13	42	4.3	14.5	29.5

- **قراءة النتائج:**
  - **مقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

يخضع الصوديوم لعمليات الامتزاز مشابهة للكالسيوم والمغنيسيوم .وتُعتبر مياه الينابيع خالية من الصوديوم بشكل عام [5]. تتراوح قيمه بين (70mg/l- 4.3mg.l) وجميعها دون الحد الأقصى 200 mg/L [1].

- **مقارنة القيمة التجريبية بقيمة الملصق:**

كشف التحليل عن فارق لافت في منبع إفري (42mg/l) مقابل (15.8mg/l)، بانحراف يتجاوز 165%، وهو ما يُصنَّف مخالفةً جسيمة تستوجب تحقيقاً معمّقا، تُحدِّد توجيهات منظمة الصحة العالمية الحدَّ الأقصى للصوديوم في مياه الشرب بـ (200mg/l) [1].

III•2•5 نتائج تركيز البوتاسيوم (mg/l) [K^+]:

الجدول III•10: نتائج تركيز البوتاسيوم[K^+] بين الملصق والقيم التجريبية

الرقم	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
الملصق	4	1	3	1	4	1	2	2.1	0.4	4.65	4.6
التجريبي	3.5	1.5	2.5	1.5	5	1.25	1.25	2.5	0.5	4.5	5.6

- **قراءة النتائج:**
- **مقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

تتراوح تراكيز البوتاسيوم في العينات بين (5.6mg/l-0.5mg/l) وجميعها دون الحد الأقصى المحدد بـ: 20 mg/l في الجريدة الرسمية [1]. يُعدّ البوتاسيوم عنصراً أقل وفرةً من الصوديوم والكالسيوم في المياه الجوفية، وتراكيزه منخفضة عموماً في مياه الينابيع الجزائرية.

- **مقارنة القيمة التجريبية بقيمة الملصق:**

سجّل البوتاسيوم توافقاً مقبولاً في بعض العينات، في حين سُجّلت مخالفات جسيمة في منابع الحياة وعين بوقلاز وأروى، تقع هذه الفوارق ضمن الهامش المسموح به تحليلياً في حالات التركيز المنخفض جداً[5].

III•2•6 نتائج تركيز الكلوريد (mg/l) [Cl^-]:

الجدول III•11: نتائج تركيز الكلوريد [Cl^-] بين الملصق والقيم التجريبية

الرقم	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
الملصق	84	50	59	30	10	100	21	72	7	25.7	20
التجريبي	82.5	52.2	61	32.4	11	101.7	22.8	73.5	8.1	24.3	21.3

- **قراءة النتائج:**
  - **مقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

تنتشر الكلوريدات على نطاق واسع في الطبيعة وتختلف تراكيزها بطبيعة التضاريس التي يمر بها الماء، فالماء الغني جداً بالكلوريدات يكون ملحاً ومسبباً للتآكل [8].

تتراوح مستوياتها بين (101.7mg/l-8.1mg/l) ، وجميعها دون الحد الأقصى 500mg/l [1].

- **مقارنة القيمة التجريبية بقيمة الملصق:**

يُمثّل الكلوريد أيوناً محافظاً لا يتأثر بالتفاعلات الكيميائية في النطاقات العادية، مما يجعله مؤشراً موثوقاً لجودة إجراءات أخذ العينات [6]. أظهرت النتائج توافقاً ممتازاً في غالبية المنابع بمتوسط انحراف 6.14% لوحظ أعلى انحراف في لالة خديجة 15.7%، مما قد يعكس تأثير التبخر في المناخ الجاف [7].

III•2•7 نتائج تركيز النترات (mg/l) [NO_3^-]:

الجدول III•12: نتائج تركيز النترات [NO_3^-] بين الملصق والقيم التجريبية

الرقم	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
الملصق	8.9	7.87	9.60	9	11.4	46.5	20.20	15	5.94	2	2.4
التجريبية	8	8	9	9	10	40	19	14	4.8	3	2

- **قراءة النتائج:**
  - **المقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

تتراوح مستويات النترات بين (40mg/l-2mg/l) ، وجميعها دون الحد الأقصى (50mg/l)[1].

- **مقارنة القيمة التجريبية بقيمة الملصق**

تبقى قيم النترات في جميع العينات دون الحد الأقصى [1] 50 mg/L، مما يؤكد سلامة هذه المياه من التلوث بالنترات. لوحظ أن منبع أروى سجّل 40 mg/l في التحليل مقابل 46.5 mg/l على الملصق، وبالرغم من أنه لا يُشكّل خطراً صحياً، إلا أنه يُثير تساؤلات حول مصداقية القيمة المُصرَّح بها [9]. كما سجّل منبع يوكوس انحرافاً ملحوظاً (+50%) في النترات.

III•2•8 نتائج القلوية (mg/l) [HCO_3^-]:

الجدول III•13: نتائج القلوية [HCO_3^-] بين الملصق والقيم التجريبية

الرقم	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
الملصق	326	302	247	-	125	258	336	265	168	215	-
التجريبي	323	296.7	245.7	36.6	123.7	252.1	333.7	263.2	162.2	216.6	115.9

- **قراءة النتائج:**
  - **مقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

تتراوح مستويات البيكربونات بين (333.7mg/l-36.6mg/l) تشكّل البيكربونات الجزء الأكبر من قلوية الماء، وتنشأ من ذوبان ثاني أكسيد الكربون $CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$

لا تحدّد المعايير الجزائرية مستوىً أقصى لأيونات البيكربونات في مياه الشرب [5].

- **مقارنة القيمة التجريبية بقيمة الملصق:**

سجّل معامل البيكربونات توافقاً جيداً بين النتائج المخبرية والقيم المُعلنة في معظم العلامات، وهو أمر متوقع لارتباطه باتزان الجملة الكربوناتية ذات الثبات النسبي في المياه الجوفية [7]، يُلاحظ غياب القيمة المُعلنة في منبعَي عين بوقلاز والقولية، وهو ما يُشكّل ثغرة في شفافية الملصق تستوجب التدارك وفق التشريعات المعتمدة [10،11].

III•2•9 نتائج تركيز الكبريتات (mg/l) [SO_4^{2-}]:

الجدول III•14: نتائج تركيز الكبريتات [SO_4^{2-}] بين الملصق والقيم التجريبية

الرقم	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
الملصق	153	85	162	10	21	104	11	68	3	35.80	36
التجريبية	157	87	159	11.5	22	306	12.5	69	4	34	37

- **قراءة النتائج:**
  - **مقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

يرتبط وجود الكبريتات بذوبان التكوينات الغنية بالجبس .تتراوح مستوياتها بين (306mg/l-4mg/l) ، وجميعها دون الحد الأقصى 400mg/l [1]. غير أن مياه أروى تسجّل أعلى تركيز بـ 306 mg/l قريب من الحد الأقصى.

- **مقارنة القيمة التجريبية بقيمة الملصق:**

يُمثّل معامل الكبريتات أبرز إشكالية في الدراسة، إذ سجّل منبع أروى انحرافاً استثنائياً يتجاوز 190% 306 mg/l مقابل 104 mg/l على الملصق، تُحدّد التوجيهات الأوروبية قيمة إرشادية للكبريتات لا تتجاوز250mg/l [9]، وقد تجاوز التحليل المخبري هذه العتبة، يُرجَّح أن يكون المصدر تكويناً جيولوجياً غنياً بالجبسيت أو الأنهيدريت في الطبقة الحاملة [7].

III•2•10: نتائج القلوية الدائمة TAC (mg/l):

الجدول III•15: نتائج القلوية الدائمة TAC

نتائج القلوية الدائمة TAC										
(11)	**(10)**	**(9)**	**(8)**	**(7)**	**(6)**	**(5)**	**(4)**	**(3)**	**(2)**	**(1)**
95	177.4	133	215.7	273.5	206.6	101.4	30	201.4	243.3	264.8

- **قراءة النتائج:**
- **مقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

يُعبّر التحمّض الكلي للقاعدات عن قدرة الماء على تعادل الأحماض، وهو مرتبط أساساً بتراكيز أيوني البيكربونات (HCO_3^-) والكربونات (CO_3^{2-})، تتراوح قيم TAC في العينات المدروسة بين (273.5mg/l-30mg/l) ، لا تُحدّد الجريدة الرسمية الجزائرية [1] حداً أقصى لهذا المعامل في مياه الينابيع، غير أن القيم المنخفضة جداً كما في عين بوڤلاز تعكس طابعاً حمضياً خفيفاً متّسقاً مع أدنى قيمة pHفي العينات المدروسة.

يرتبط TAC ارتباطاً وثيقاً بقيم البيكربونات المقاسة، إذ إن قريون ومنبع الغزلان والحياة تسجّل أعلى قيم للتحمّض القاعدي، وهو ما ينسجم مع غناها بالبيكربونات، وتُصنَّف مياه عين بوڤلاز كمياه ذات قلوية منخفضة جداً (30 mg/l)، فيما تُصنَّف مياه قريون كمياه ذات قلوية جيدة (273.5 mg/l)، مما يُضيف عليها قدرةً عازلة أعلى [5].

III•2•11 نتائج العسرة [TH]:

الجدول III•16: نتائج العسرة [TH] (°f)

نتائج العسرة [TH]										
(11)	**(10)**	**(9)**	**(8)**	**(7)**	**(6)**	**(5)**	**(4)**	**(3)**	**(2)**	**(1)**
270	1364	411	2622	1851	2634	162	19	3204	2571	3413

- **قراءة النتائج:**
- **مقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

يتفاوت عسر المياه تفاوتاً كبيراً، إذ تُصنَّف مياه عين بوقلاز كمياه ناعمة جداً (19°f)، بينما تُعدّ مياه منبع الغزلان شديدة العسر جداً (3413°f)، تليها القنطرة (3204°f) و الحياة (2571°f) مياه القولية وسلسبيل ذات عسر منخفض إلى معتدل.

وبالمقارنة مع نتائج الدراسة الرئيسية لمياه الينابيع المعبأة في الجزائر، يلاحظ تشابه كبير بين الفئتين، إذ تتميز أغلبيتها بكونها مياهاً شديدة العسر [3].

III•2•12 نتائج تركيز النتريت (mg/l) [NO_2^-]:

الجدول III•17: نتائج تركيز النتريت [NO_2^-]

نتائج تركيز النتريت [NO_2^-]										
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
00	00	00	0.07	00	0.018	00	00	00	00	00

- **قراءة النتائج:**

الحد الأقصى المسموح به النتريت هو0.1 mg/l وفقاً للجريدة الرسمية الجزائرية، جميع أنواع المياه المعبأة التي شملتها الدراسة تحتوي على نسبة نتريت أقل من 0.2 mg/l تسجّل عين بوقلاز أعلى قيمة للنتريت بـ: 0.07 mg/l، وهي لا تزال دون الحد الأقصى المحدد [1].

III•2•13 نتائج تركيز الأمونيوم (mg/l) [NH_4^+]:

الجدول III•18: نتائج تركيز الأمونيوم[NH_4^+]

نتائج تركيز الأمونيوم[NH_4^+]										
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
0.008	0.041	0.011	0.008	00	0.051	0.041	00	0.018	00	0.009

III•2• 14نتائج تركيز الحديد (mg/l) [Fe^{3+}]:

الجدول III•19: نتائج تركيز الحديد [Fe^{3+}]

نتائج تركيز الحديد [Fe^{3+}]										
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
00	0.18	0.02	00	0.002	0.15	00	00	0.01	0.11	00

- **قراءة النتائج:**
  - **مقارنة مع معايير الجريدة الرسمية:**

تتراوح قيم الحديد بين(0 - 0.18mg/l)، وجميعها دون الحد الأقصى 0.3 mg/l [1]، أما الأمونيوم فتتراوح قيمه بين (0 – 0.051mg/l)، وجميعها دون الحد الأقصى 0.5 mg/l [1]، هذه النتائج تشير إلى غياب التلوث البكتيري في العينات المدروسة.

الجدول III•20: نتائج التحاليل الكيميائية لعينة منبع الغزلان (1)

العناصر الموجبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l	العناصر السالبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l
Ca^{2+}	96.192	4.801	Cl^-	87.480	2.327
Mg^{2+}	35.478	2.921	SO_4^{2-}	157	3.269
Na^+	70	3.044	HCO_3^-	323	5.294
K^+	3.5	0.090	NO_3^-	8.9	0.129
∑mEq\l = 10.856			**∑mEq\l = 11.019**		

الجدول III•21: نتائج التحاليل الكيميائية لعينة الحياة (2)

العناصر الموجبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l	العناصر السالبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l
Ca^{2+}	88.176	4.401	Cl^-	52.194	1.472
Mg^{2+}	29.16	2.402	SO_4^{2-}	87	1.811
Na^+	31.1	1.352	HCO_3^-	296.7	4.862
K^+	1.5	0.038	NO_3^-	8	0.129
∑mEq\l = 8.193			**∑mEq\l = 8.274**		

الجدول III•22: نتائج التحاليل الكيميائية لعينة القنطرة (3)

العناصر الموجبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l	العناصر السالبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l
Ca^{2+}	92.856	4.636	Cl^-	61.016	1.721
Mg^{2+}	34.506	2.838	SO_4^{2-}	159	3.310
Na^+	38	1.652	HCO_3^-	245.7	4.027
K^+	2.5	0.064	NO_3^-	9	0.145
∑mEq\l = 9.19			∑mEq\l = 9.203		

الجدول III•23: نتائج التحاليل الكيميائية لعينة عين بوقلاز(4)

العناصر الموجبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l	العناصر السالبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l
Ca^{2+}	4.809	0.240	Cl^-	32.356	0.914
Mg^{2+}	3.888	0.321	SO_4^{2-}	11.5	0.239
Na^+	26	1.130	HCO_3^-	36.6	0.600
K^+	1.5	0.038	NO_3^-	9	0.145
∑mEq\l = 1.729			∑mEq\l = 1.898		

الجدول III•24: نتائج التحاليل الكيميائية لعينة سلسبيل (5)

العناصر الموجبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l	العناصر السالبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l
Ca^{2+}	25.651	1.282	Cl^-	11.027	0.310
Mg^{2+}	6.318	0.518	SO_4^{2-}	22	0.458
Na^+	25	1.087	HCO_3^-	123.65	2.027
K^+	5	0.128	NO_3^-	10	0.161
∑mEq\l = 3.015			∑mEq\l = 2.959		

الجدول III•25: نتائج التحاليل الكيميائية لعينة أروى (6)

العناصر الموجبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l	العناصر السالبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l
Ca^{2+}	117.835	5.878	Cl^-	101.742	2.869
Mg^{2+}	22.356	1.843	SO_4^{2-}	306	6.371
Na^+	54	2.348	HCO_3^-	252.1	4.131
K^+	1.25	0.032	NO_3^-	40	0.645
∑mEq\l = 10.101			∑mEq\l = 14.016		

الجدول III•26: نتائج التحاليل الكيميائية لعينة قريون (7)

العناصر الموجبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l	العناصر السالبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l
Ca^{2+}	70.540	3.518	Cl^-	22.789	0.643
Mg^{2+}	26.244	2.155	SO_4^{2-}	12.5	0.260
Na^+	13	0.565	HCO_3^-	333.7	5.469
K^+	1.25	0.032	NO_3^-	19	0.306
∑mEq\l = 6.27			∑mEq\l = 6.678		

الجدول III•27: نتائج التحاليل الكيميائية لعينة إفري (8)

العناصر الموجبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l	العناصر السالبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l
Ca^{2+}	101.803	5.080	Cl^-	73.512	2.073
Mg^{2+}	25.758	2.123	SO_4^{2-}	69	1.437
Na^+	42	1.826	HCO_3^-	263.2	4.313
K^+	2.5	0.064	NO_3^-	14	0.226
∑mEq\l = 9.093			∑mEq\l = 8.049		

الجدول III•28: نتائج التحاليل الكيميائية لعينة لالا خديجة (9)

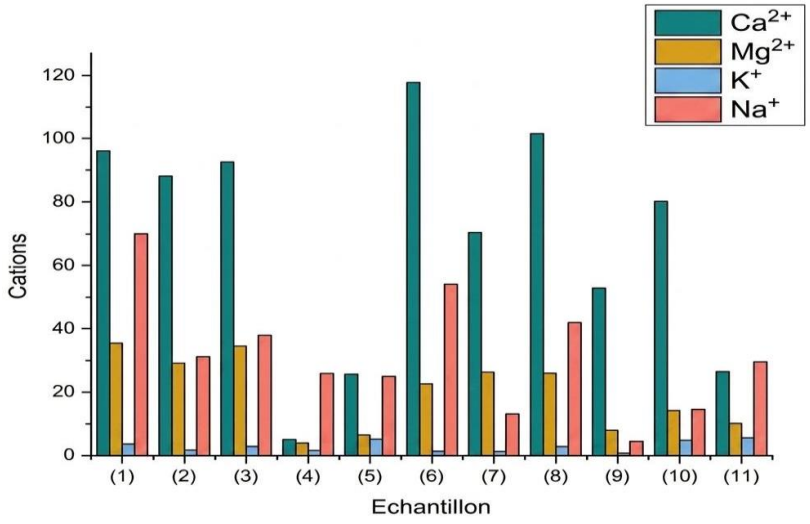
العناصر الموجبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l	العناصر السالبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l
Ca^{2+}	52.906	2.640	Cl^-	8.086	0.228
Mg^{2+}	7.776	0.642	SO_4^{2-}	4	0.083
Na^+	4.3	0.187	HCO_3^-	162.15	2.658
K^+	0.5	0.013	NO_3^-	4.8	0.077
∑mEq\l = 3.482			∑mEq\l = 3.046		

الجدول III•29: نتائج التحاليل الكيميائية لعينة يوكوس (10)

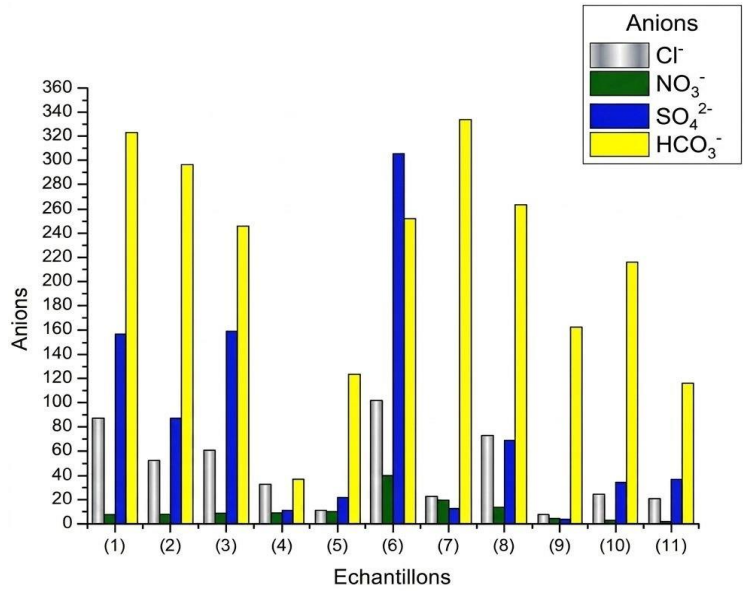
العناصر الموجبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l	العناصر السالبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l
Ca^{2+}	80.160	4	Cl^-	24.26	0.684
Mg^{2+}	14.01	1.153	SO_4^{2-}	34	0.708
Na^+	14.5	0.630	HCO_3^-	216.55	3.55
K^+	4.5	0.115	NO_3^-	3	0.048
∑mEq\l = 5.898			∑mEq\l = 4.99		

الجدول III•30: نتائج التحاليل الكيميائية لعينة القولية (11)

العناصر الموجبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l	العناصر السالبة	نتائج التحاليل mg\l	mEq\l
Ca^{2+}	26.453	1.322	Cl^-	21.318	0.601
Mg^{2+}	10.206	0.839	SO_4^{2-}	37	0.770
Na^+	29.5	1.283	HCO_3^-	115.9	1.900
K^+	5.6	0.143	NO_3^-	2	0.032
∑mEq\l = 3.587			∑mEq\l = 3.303		



المخطط III•7: نتائج الكاتيونات



المخطط III•8: نتائج الأنيونات

III•3: نتائج التوازن الشاردي:

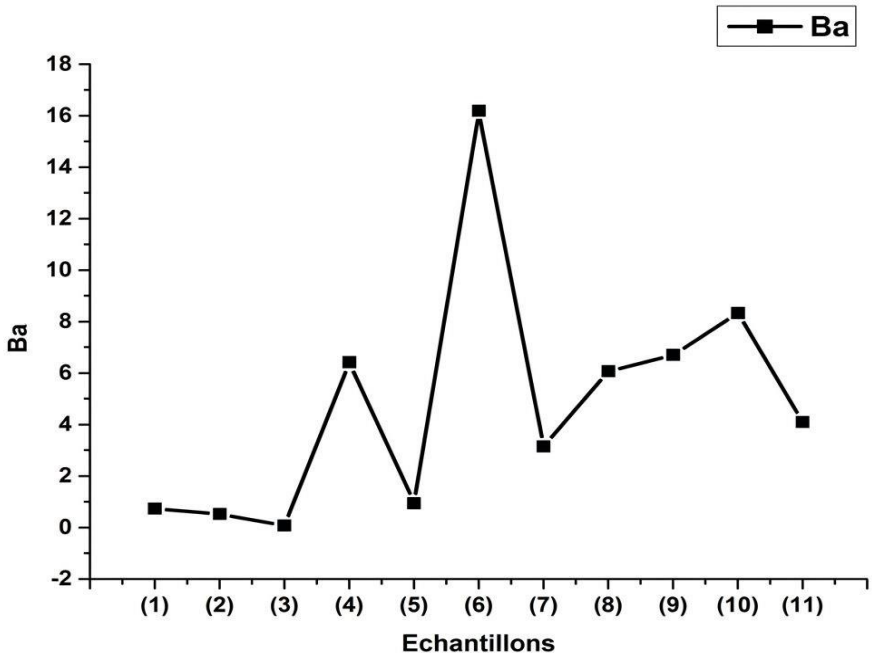
بعد الحصول على تراكيز العناصر نقوم بحساب التوازن الشاردي للتأكد من نتائج المتحصل عليها وفق العلاقة التالية:

$$Ba = \left|\frac{\sum X^- - \sum X^+}{\sum X^- + \sum X^+}\right| \times 100 \leq 10\%$$

X^-	تركيز الشوارد السالبة بوحدة (mEq/l)
X^+	تركيز الشوارد الموجبة بوحدة (mEq/l)

الجدول III•31: نتائج التوازن الشاردي

العينات	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Ba (%)	0.745	0.492	0.071	6.433	0.937	16.233	3.151	6.090	6.679	8.339	4.122



المنحنى III•1: نتائج التوازن الشـاردي

- **قراءة نتائج التوازن الشاردي:**

تُشير هذه النتائج مجتمعةً إلى أن 90.9% من العينات تقع ضمن الحد المسموح به (Ba ≤ 10%)، وهي نسبة إيجابية تعكس جودة التحليل الكيميائي وموثوقية البيانات المُجمَّعة في معظمها. وتُشكّل العينات الست ذات التوازن الممتاز (54.5% من الإجمالي) قاعدة بيانات متينة يمكن الاستناد إليها في التحليل الهيدروكيميائي والمقارن بثقة تامة .في المقابل، تستدعي عينة أروى مراجعةً تحليلية معمّقة قبل إدراجها في أي استنتاجات مقارنة، في حين تظل بيانات العينات الأربع المقبولة صالحةً للاستخدام ضمن هامش الاعتدال المنهجي المتعارف عليه في علم الهيدروجيوكيمياء.

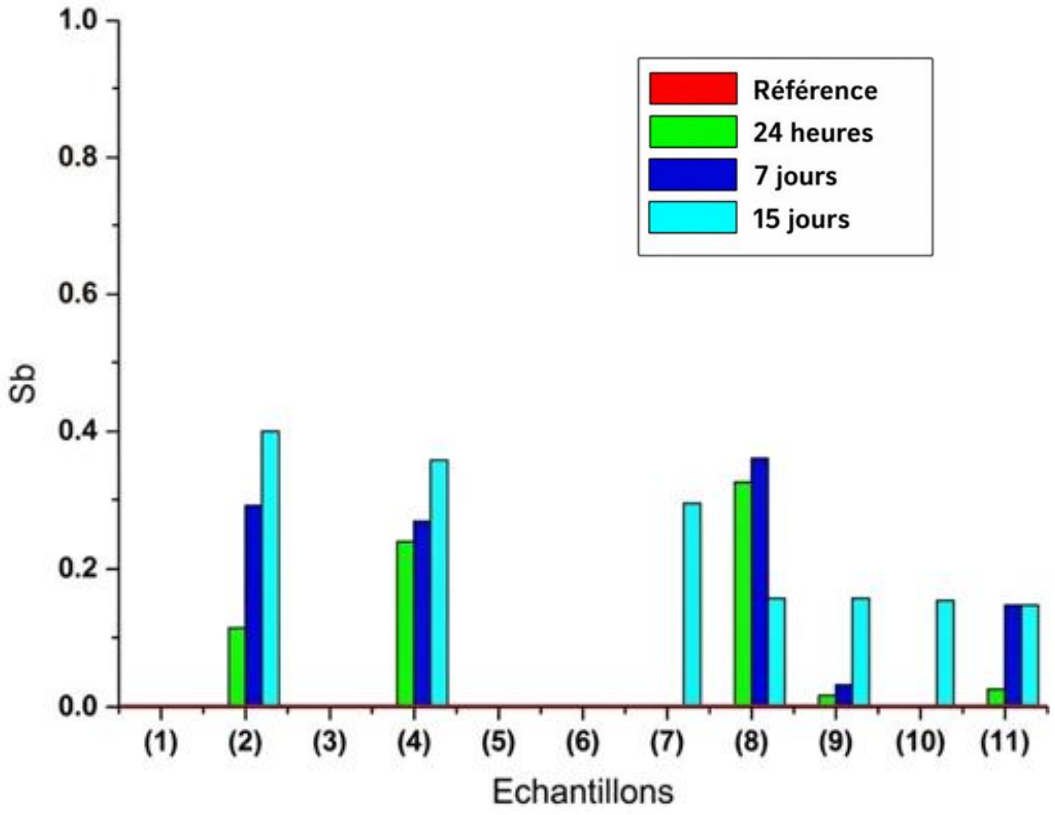
III•4: تأثير درجة الحرارة:

III•4•1: نتائج تركيز الأنتيموان (Sb) في عينات المياه بطريقة مطيافية الامتصاص الذري:

أُخضعت عينات المياه المعدنية المخزنة في عبواتها الأصلية لدرجة حرارة 60°C لمدة 8 ساعات يوميًا، خلال ثلاث فترات زمنية مختلفة: 24 ساعة، أسبوع، و15 يومًا. وبعد كل فترة تعريض، تم قياس تركيز الأنتيموان (Sb) لتقييم تأثير الظروف الحرارية على هجرته إلى المياه.

الجدول III•32: نتائج تركيز الأنتيموان (Sb) في عينات المياه بطريقة مطيافية الامتصاص الذري

تركيز الأنتيموان (Sb) بوحدة µg/l في عينات المياه					
الرقم	العينات	الشاهدعند 25°C	بعد 24 ساعة	بعد أسبـــوع	بعد 15 يوم
(1)	منبع الغزلان	0	0	0	0
(2)	الحياة	0	0.1149	0.2901	0.3988
(3)	القنطرة	0	0	0	0
(4)	عين بوقلاز	0	0.2382	0.2678	0.3574
(5)	سلسبيل	0	0	0	0
(6)	أروى	0	0	0	0
(7)	قريون	0	0	0	0.2948
(8)	إفري	0	0.3241	0.3589	0.4681
(9)	لالة خديجة	0	0.0153	0.0303	0.1567
(10)	يوكوس	0	0	0	0.1536
(11)	القولية	0	0.0267	0.1471	0.1475



المخطط III•9: نتائج تركيز الأنتيموان (Sb)

- **نتائج عينات الشاهد عند درجة حرارة الغرفة:**

أسفر تحليل عينات الشاهد المُحفوظة عند درجة حرارة الغرفة (25°C) عن تركيز صفري للأنتيموان في جميع العلامات التجارية الإحدى عشر محل الدراسة، وهي نتيجة جوهرية تحمل دلالتين علميتين متكاملتين:

أولاً: تُؤكد أن المصدر المائي الجوفي لهذه العلامات خالٍ من أي تلوث جيوكيميائي بالأنتيموان، مما يستبعد العامل الطبيعي كمصدر للتلوث.

ثانياً: تُحدد بوضوح أن مصدر الأنتيموان المُتكشَّف في ظروف الإجهاد الحراري هو حصراً التفاعل بين جدار العبوة البلاستيكية (PET) والماء، وليس المياه في حد ذاتها.

هذه النتيجة تتطابق مع ما أثبتته الدراسات المرجعية المتخصصة في هذا المجال [12،13]، إذ يُستخدم ثلاثي أكسيد الأنتيموان (Sb_2O_3) محفزا في تصنيع PET، ويظل محتجزاً داخل الشبكة البوليمرية في درجات الحرارة المعتادة.

- **تحليل النتائج حسب أنماط سلوك العلامات التجارية:**

- **العلامات ذات التركيز الصفري على كامل مدة التجربة: (منبع الغزلان، القنطرة و سلسبيل و أروى):**

لم يُسجَّل أي تركيز للأنتيموان في هذه العلامات الثلاث حتى بعد 15 يوماً من الإجهاد الحراري عند 60°C ويمكن تفسير هذه النتيجة بأحد احتمالين أو كليهما: اعتماد هذه العلامات على محفزات بديلة خالية من الأنتيموان (كمركبات التيتانيوم أو الجرمانيوم)، أو توظيف طبقة حاجزة عالية الكفاءة على الجدار الداخلي للعبوة وفي كلتا الحالتين، تُجسّد هذه النتائج معياراً مرجعياً يُحتذى به في الصناعة [14].

- **العلامات ذات الهجرة التدريجية:(إفري، الحياة و عين بوقلاز):**

كشفت قياسات هذه العلامات عن نمط تصاعدي مستمر مع الزمن؛ إذ سجّلت "إفري" أعلى قيمة مطلقة في المجموعة بأسرها بلغت0.468 µg/l بعد 15 يوماً عند 60°C، في حين بدأت "عين بوقلاز" من µg/l 0.238 بعد 24 ساعة لترتفع تدريجياً إلى 0.357 µg/l. هذا النمط الخطي يتوافق مع نموذج الانتشار الفيكّي، ويُرجَّح أنه يعكس استنزافاً تراكمياً مستمراً لجزيئات (Sb_2O_3) المتمركزة قرب السطح الداخلي للعبوة [12].

- **العلامات ذات الهجرة المتأخرة:(قريون، يوكوس، لالة خديجة والقولية):**

يتميز سلوك هذه المجموعة بفترة كمون واضحة يعقبها هجرة مفاجئة نسبي؛ فقد أظهرت "قريون" تركيزاً صفرياً بعد 24 ساعة وبعد أسبوع، ثم انتقلت إلى0.295 µg/l عقب 15 يوماً من التعرض الحراري. هذا النمط يُشير إلى وجود طبقة حاجزة متوسطة الكفاءة تعمل على تأخير الانتشار لكنها لا تحول دونه بعد التعرض الحراري المطوّل [13].

III•1•4•1 مقارنة النتائج بالمعايير الدولية:

تقع جميع القيم المرصودة في حدود المعايير الدولية المعمول بها: فأعلى تركيز مُسجَّل 0.468µg/l لعلامة "إفري" لا يمثّل سوى 2.3% من حد منظمة الصحة العالمية 20µg/l [15]، و9.4% من حد الاتحاد الأوروبي 5µg/l [16]، غير أن هذه المقارنة الرقمية وحدها لا تكفي للحكم بالسلامة المطلقة، وذلك أن هذه الحدود تمثل معايير الخطر الحاد لا ضمانات الأمان التراكمي على المدى الطويل.

III•1•4•2 الأهمية الصحية للنتائج:

على الرغم من أن جميع التراكيز المقاسة تقع دون الحدود الدولية المقننة، فإن قراءتها بمعزل عن السياق الصحي قد تُفضي إلى طمأنينة غير مبررة، إذ إن خطورة الأنتيموان لا تنبثق فحسب من تجاوز الحد القانوني، بل أيضاً من طبيعة التعرض: يومي، مستمرو متراكم.

- **التراكم البيولوجي والتعرض المزمن:**

يُمتصّ الأنتيموان من القناة الهضمية ويتوزع على الأنسجة الصلبة كالعظام والكبد والكلى، ونصف عمر إزالته البيولوجية يتراوح بين 20 و95 يوماً [17]، مما يعني أن الاستهلاك اليومي المتواصل حتى بتراكيز منخفضة كالمُسجَّلة في هذه الدراسة قد يُراكمه في الأنسجة بمعدل يتخطى طاقة الإزالة الطبيعية، وهو أمر ذو دلالة خاصة في الجزائر حيث يُشكّل الاعتماد على المياه المعبأة أسلوب حياة يومياً لا خياراً مؤقتاً.

- **تأثير الأنتيموان على الغدة الدرقية:**

قد يؤثر الأنتيمون، وخصوصاً عند التعرض المزمن لمستويات مرتفعة منه، في وظيفة الغدة الدرقية من خلال آليات ما تزال قيد الدراسة، وقد يرتبط باضطرابات في تصنيع أو تنظيم هرمونات الدرقية **T3** و**T4**. وعلى المدى البعيد قد يسهم ذلك في زيادة خطر حدوث قصور درقي تحت سريري، والذي قد يترافق مع التعب المزمن واضطرابات لدى بعض الأفراد. وقد يكون هذا الخطر أكبر في المناطق التي ينتشر فيها نقص اليود، نظراً لأن نقص اليود بحد ذاته يحدّ من قدرة الغدة الدرقية على إنتاج الهرمونات بصورة طبيعية.

- **الخطر السرطاني:**

صنّفت الوكالة الدولية لأبحاث السرطان IARC ثلاثي أكسيد الأنتيموان في المجموعة 2B "محتمل التسبب بالسرطان للإنسان" استناداً إلى أدلة كافية في الحيوانات ومحدودة في الإنسان [18]، لا سيما فيما يخص سرطانات الجهاز الهضمي. ويكتسب هذا التصنيف أهمية مضاعفة هنا، لأن التعرض يتم عبر الشرب اليومي المتواصل.

خلاصة القول، لا تعني نتائج هذه الدراسة أن المياه المعبأة المدروسة غير صالحة للشرب فهي ضمن الحدود المقننة غير أنها تُلقي الضوء على عامل خطر صامت يستدعي الرصد المستمر والتنظيم الاستباقي قبل أن تتفاقم التراكيز مع الزمن أو مع اشتداد وطأة التغير المناخي على درجات حرارة التخزين.

III•4•1•3 الاستنتاجات والتوصيات:

في ضوء النتائج المحصَّلة، يمكن صياغة الاستنتاجات والتوصيات الآتية:

- **على مستوى جودة المنتج:**

تُعدّ العلامات الثلاث الصفرية (منبع الغزلان، القنطرة، أروى) نموذجاً يُحتذى به، ويُوصى بالتحقيق في تقنيات التصنيع المُعتمَدة فيها لتعميمها.

تستدعي نتائج علامة "إفري" تحقيقاً تفصيلياً في مستوى الأنتيموان المستخدم في عملية البلمرة وجودة معالجة السطح الداخلي للعبوة.

- **على مستوى التخزين والتداول:**

يُوصى بتخزين المياه المعبأة بعيداً عن التعرض المباشر للحرارة، وبتقصير دورة التداول في المناطق ذات المناخ الحار.

يُقترح اشتراط نص تحذيري على العبوة يُنبّه إلى ظروف التخزين الملائمة.

- **على مستوى الرقابة والتشريع:**

يُوصى بإدراج تحليل الأنتيموان ضمن البروتوكول الدوري لمراقبة جودة المياه المعبأة في الجزائر.

يُقترح مراجعة الحد الوطني المسموح به ليتناسب مع المعيار الأوروبي الأكثر صرامة (5µg/l).

III•4•2: نتائج وجود الفثالات في عينات المياه بطريقة التحليل في جهاز GC-MS:

تم الكشف عن الفثالات في العينات بعد التعرض الحراري بطريقة نوعية، حيث اقتصر التحليل على تأكيد وجودها أو عدم وجودها لعدم توفر المعايير المرجعية اللازمة للتقدير الكمي.

الجدول III•33: نتائج وجود الفثالات في عينات المياه بطريقة التحليل في جهاز GC-MS

العلامة التجارية		الشـــدة	مستوى الخطورة
(9)	لالة خديجة	8387490	الأعلى خطورة
(8)	إفري	8387458	مرتفع جدا
(3)	القنطرة	4036970	مرتفع
(10)	يوكوس	2744616	متوسط – مرتفع
(11)	الڤولية	2743192	متوسط – مرتفع
(4)	عين بوڤلاز	967488	متوسط
(1)	منبع الغزلان	934531	متوسط
(5)	سلسبيل	800133	منخفض – متوسط
(6)	أروى	709936	منخفض – متوسط
(7)	ڤريون	694023	منخفض – متوسط
(2)	الحياة	181363	الأدنى والآمن

- **قراءة النتائج:**

الفارق بين العينة 9 (الأعلى) والعينة 2 (الأدنى) يبلغ ~46 ضعفاً، وبما أن ظروف التعرض الحراري متطابقة، فإن هذا التباين يُعزى حصراً إلى:

- اختلاف جودة البلاستيك المستخدم في التعبئة [19،20]
- اختلاف سُمك جدار العبوة [21]
- اختلاف نسبة الملدّنات المضافة أثناء التصنيع [22،23]
- اختلاف درجة تبلور PET في كل علامة تجارية [20،23]

- تجيع العينات في فئات واضحة:
- فئة عالية الخطورة (8، 9، 3): شدة $\rightarrow$ 4000000 <
- عبوات ذات جودة منخفضة [1-2]
- فئة متوسطة إلى منخفضة (1، 4، 5، 6، 7، 10، 11): شدة $\rightarrow$ 1000000 >
- عبوات أفضل نسبياً [19،20]

العينة 2 استثنائية في انخفاضها وتمثل المرجع الأمن[24]

- التقارب بين العينات 8 و9 وبين 10 و11:

رغم كونها علامات مختلفة، فإن تقارب نتائجها يدل على أنها تستخدم نفس نوع أو مورد البلاستيك

[21،23]، وهي ظاهرة شائعة في السوق الجزائرية حيث تعتمد عدة علامات على نفس المصنّع للعبوات [24].

III•2•4•1 الأهمية الصحية لمراقبة الفثالات في المياه المعبأة:

- **الفثالات كمعطّلات هرمونية:**

تنتمي الفثالات إلى فئة المعطّلات الغددية الصماء، إذ تتشابه بنيتها مع الإستروجين مما يُمكّنها من الارتباط بمستقبلات الهرمونات وتعطيل إشاراتها البيولوجية، وإحداث اضطرابات في محور الغدة النخامية والغدد التناسلية [25].

- **التأثير على الأطفال والرضّع:**

تُعدّ هذه الفئة الأكثر هشاشةً لأن أجهزتهم في طور النمو، وقد ارتبط التعرض المبكر باضطراب فرط الحركة، وتأخر أو تبكير البلوغ، وانخفاض القدرات المعرفية [26].

- **الخطر السرطاني:**

صنّف الاتحاد الأوروبي مركبات كـ DEHP و BBP ضمن المواد المشتبه في تسببها للسرطان، لا سيما سرطان الثدي والكبد [25].

- **التأثير على الكبد والكلى:**

يرتبط التعرض المزمن بتضخم الكبد وتلف خلاياه، وعسر وظيفة الكلى، واضطرابات استقلاب الدهون [25].

- **المياه المعبأة مصدر تعرض مستمر:**

تُستهلك المياه المعبأة يومياً دون معالجة إضافية، وارتفاع الحرارة أثناء التخزين يُسرّع انتقال الفثالات بشكل ملحوظ، مما يجعل المستهلك عرضة لتلوث كيميائي غير مرئي [27].

- **الحدود الدولية دليل على الخطورة:**

وضعت الهيئات الدولية حدوداً قصوى إقراراً بخطورة هذه المركبات، كـ (8µg/l) للـ DEHP في مياه الشرب وفق الاتحاد الأوروبي [28]، و (3µg/l) للـ DBP وفق WHO [29].

III•2•4•2 التوصيـــات:

- **على المستوى التشريعي والرقابي:**

تخلو المعايير الجزائرية الحالية من حدود صريحة للفثالات [30]، لذا يُوصى بسدّ هذه الثغرة، وإلزام المصنّعين بالإفصاح عن مكونات العبوة، وتفعيل برنامج رقابي دوري على مستوى المخابر الوطنية [29].

- **على مستوى المصنّعين:**

أظهرت الدراسة تبايناً كبيراً بين العلامات يعكس اختلاف جودة البلاستيك، لذا يُوصى باعتماد عبوات PETعالية الجودة، وإجراء اختبارات الهجرة الحرارية قبل الطرح في الأسواق، وتحديث الملصقات بصفة دورية [25،27].

- **على مستوى المستهلك:**

يُنصح بتجنب تخزين المياه في السيارات والأماكن المكشوفة، وعدم إعادة استخدام عبواتPET، والاحتفاظ بالمياه في أماكن باردة بعيداً عن مصادر الحرارة [27].

- **توصية خاصة بالجنوب الجزائري:**

بالنظر إلى تجاوز درجات الحرارة الصيفية في ورقلة وتقرت (على سبيل المثال) 50°C أحياناً، يُرجَّح أن تكون معدلات انتقال الفثالات أعلى بكثير مما رُصد في هذه الدراسة، مما يستوجب برنامجاً رقابياً خاصاً بالمناطق الجنوبية يُعدّ من أولويات الصحة العامة [31،32].

- **المراجع العربية:**

[1] المرسوم التنفيذي رقم 06-143 المؤرخ 26 أبريل 2006 المتضمن تحديد المياه المعدنية الطبيعية ومياه الينابيع، *الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية*، العدد 27.

[4] مدفوني،ر (2019) التحليل الهيدروكيميائي والإحصائي متعدد المتغيرات وتصنيف المياه المعبأة في زجاجات الجزائر [رسالة ماجستير، جامعة العربي بن مهيدي - أم البواقي]

[11] المرسوم التنفيذي رقم 14-98 المؤرخ 1 فبراير 2014 المحدد لمتطلبات جودة المياه المعبأة، الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية.

[25] الفثالات كملدّنات مهاجرة: الحدود المسموحة وتأثيراتها الصحية وفق الاتحاد الأوروبي. (بدون تاريخ).

[30] الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية. (2004، يوليو 18). العدد 45.

[31] شلوف، م. أ.، وآخرون. (2018). دراسة بعض الدلائل على جودة مياه الشرب المعبأة. مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية، 4 (1).

- **المراجع الأجنبية:**

[2] Rodier, J., Legube, B., & Merlet, N. (2016). *L'analyse de l'eau* (10th éd.). Dunod, Paris.

[3] Codex Alimentarius Commission. (2021). *Standard for natural mineral waters* (CODEX STAN 108-1981, revised 2021). FAO/WHO.

[5] APHA, AWWA, & WEF. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.). Washington, DC.

[6] Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

[7] Appelo, C. A. J., & Postma, D. (2005). *Geochemistry, groundwater and pollution* (2nd ed.). Balkema, Rotterdam.

[8] ISO 7888:1985. (1985). *Water quality – Determination of electrical conductivity*. International Organization for Standardization.

[9] Directive 2003/40/EC of the European Parliament and of the Council of 16 May 2003 establishing the list and maximum concentrations and the labelling requirements for the constituents of natural mineral waters. *Official Journal of the European Union*.

[10] European Commission. (2009). Council Directive 2009/54/EC on the exploitation and marketing of natural mineral waters. *Official Journal of the European Union*.

[12] Westerhoff, P., Prapaipong, P., Shock, E., & Hillaireau, A. (2008). Antimony leaching from PET plastic used for bottled drinking water. *Water Research*, 42(3), 551–556.

[13] Shotyk, W., & Krachler, M. (2007). Contamination of bottled waters with antimony leaching from PET. *Environmental Science & Technology*, 41(5), 1560–1563.

[14] Hansen, C., Tsirigotaki, A., Bakken, S. A., & Pergantis, S. A. (2010). Antimony migration from PET bottles into beverages. *Food Additives & Contaminants*, 27(8), 1228–1235.

[15] World Health Organization. (2022). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed.). WHO Press, Geneva.

[16] European Commission. (2020). Directive (EU) 2020/2184 on the quality of water intended for human consumption. *Official Journal of the European Union*.

[17] Sundar, S., & Chakravarty, J. (2010). Antimony toxicity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(12), 4267–4277.

[18] IARC. (2023). *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: Antimony trioxide* (Vol. 135). IARC, Lyon.

[19] Amiridou, D., & Voutsa, D. (2011). Alkylphenols and phthalates in bottled waters. Journal of Hazardous Materials, 185, 281–286.

[20] Keresztes, S., et al. (2013). Migration of phthalates from PET bottles into mineral water. Food Additives & Contaminants, 30(3), 469–476.

[21] Schmid, P., et al. (2008). Residual phthalate plasticisers in PET bottles and migration into contents. Food Additives & Contaminants, 25(3), 361–366.

[22] Montuori, P., et al. (2008). Leaching of di(2-ethylhexyl) phthalate and di-n-butylphthalate from plastic food packaging. Food Additives & Contaminants, 25(4), 428–434.

[23] Bach, C., et al. (2012). Migration of antimony and phthalates from PET bottles. Packaging Technology and Science, 25, 215–229.

[24] Règlement exécutif algérien n° 11-217 (2011). relatif aux eaux conditionnées destinées à la consommation humaine. Journal Officiel de la République Algérienne.

[26] Adams, R. (2021). Bottled water safety for infants. Pediatrics International, 63(4), 401–407.

[27] Bach, C., et al. (2013). Effect of temperature on the release of substances from PET bottles. Food Chemistry, 139(1-4), 672–680.

[28]Directive (EU) 2009/54/CE of the European Parliament and of the Council. (2009). Official Journal of the European Union.

[29]WHO. (2022). Guidelines for drinking-water quality (5th ed.). World Health Organization.

[32] Carneado, S., et al. (2023). Antimony in PET-bottled beverages. Molecules, 28(20), 7166.

الخلاصة العامة

الخلاصة العامة:

تنطلق هذه المذكرة من إشكالية علمية ذات بُعدين متكاملين :فمن جهة، يُطرح التساؤل حول مدى استيفاء العلامات التجارية للمياه المعبأة المتداولة في السوق الجزائرية للمعايير الدولية والوطنية المعتمدة في ظروف التخزين الاعتيادية. ومن جهة أخرى، يُستفسَر عما إذا كانت عبوات PET تحافظ على سلامة محتواها حين تتعرض لدرجات حرارة مرتفعة أثناء النقل والتخزين، أم أن الإجهاد الحراري يُفضي إلى هجرة كيميائية تُخرج الماء عن حدود السلامة المقررة.

شملت الدراسة إحدى عشر علامة تجارية من مياه المنابع والمياه المعدنية المعبأة:

- منبع الغزلان، الحياة، القنطرة، عين بوڤلاز ، سلسبيل، أروى، قريون، إفري، لالة خديجة، يوكوس، والقولية.

اعتمدت الدراسة على مستويين تحليليين متكاملين:

- التحليل الفيزيوكيميائي الاعتيادي :قياس pH، الناقلية الكهربائية، العكارة، TDS، الملوحة، البقايا الجافة، والأيونات الرئيسية: Ca^{2+}، Mg^{2+}، Na^{+}، K^{+}، Cl^{-}، NO_3^{-}، SO_4^{2-}، HCO_3^{-}).
- تجربة الإجهاد الحراري :تعريض العبوات لـ 60°C لمدد متفاوتة 24 ساعة، أسبوع، 15يوماً، مع قياس تركيز الأنتيموان بطيفية الامتصاص الذري، والكشف عن الفثالات بـ GC-MS.

أبرز النتائج:

1. الجودة في الظروف الاعتيادية

تستوفي معظم العينات المعايير الوطنية ومعايير منظمة الصحة العالمية في الظروف الاعتيادية، مع ملاحظة تفاوت بين بعض القيم المدوّنة على الملصقات والقيم المقاسة مخبرياً، لا سيما في معلمة الكبريتات لعلامة أروى وأيون الصوديوم لعلامة إفري.

2. انتقال الأنتيموان تحت تأثير الحرارة

كانت تراكيز الأنتيموان (Sb) صفرية في جميع العينات عند درجة حرارة الغرفة، مما يُثبت أن مصادر المياه الجوفية خالية من هذا العنصر وأن أي هجرة مصدرها حصراً جدار العبوة البلاستيكية .بعد الإجهاد الحراري، تباينت العلامات في سلوكها:

- ثلاث علامات محصّنة (منبع الغزلان، القنطرة، أروى): تركيز صفري طوال مدة التجربة، تعكس جودة عبوات استثنائية.
- علامات ذات هجرة تدريجية (إفري، الحياة، عين بوڤلاز): نمط تصاعدي مستمر بلغت ذروته 0.468 µg/l لعلامة إفري بعد 15يوماً.

- علامات ذات هجرة متأخرة (قريون، يوكوس، لالة خديجة، القولية): فترة كمون يعقبها هجرة مفاجئة بعد التعرض المطوّل.
- جميع القيم تقع دون الحدود الدولية 5 µg/l للاتحاد الأوروبي، 20 µg/l لمنظمة الصحة العالمية، غير أن التراكم البيولوجي المزمن يظل مصدر قلق صحي حقيقي.

3. الكشف عن الفثالات:

كُشف عن وجود الفثالات نوعياً في جميع العينات الإحدى عشر بعد الإجهاد الحراري، مع تفاوت هائل في الشدة بلغ نحو 46 ضعفاً بين العينة الأعلى (لالة خديجة وإفري) والأدنى (الحياة). هذا التباين يعكس اختلاف جودة البلاستيك المستخدم ونسبة الملدّنات المضافة أثناء التصنيع، وقد تبيّن أن بعض العلامات تشترك في مورد واحد للعبوات.

الآفاق المستقبلية:

تفتح هذه الدراسة المجال أمام مجموعة من الأبحاث والتطبيقات المستقبلية الرامية إلى تعزيز سلامة المياه المعبأة وتحسين جودة العبوات البلاستيكية المستعملة في الجزائر، ومن أهم هذه الآفاق:

- ✓ توسيع نطاق الدراسة ليشمل عدداً أكبر من العلامات التجارية.
- ✓ إجراء دراسات كمية للفثالات والمركبات العضوية الأخرى ومقارنتها بالحدود الصحية الدولية وتقييم المخاطر الصحية بدقة أكبر.
- ✓ دراسة تأثير ظروف التخزين الواقعية في المناخ الجزائري، خاصة خلال فصل الصيف: التغيرات اليومية في درجات الحرارة، وفترات التخزين الطويلة في المستودعات ووسائل النقل.
- ✓ توسيع قائمة الملوثات المدروسة لتشمل عناصر ومركبات أخرى قابلة للهجرة من العبوات البلاستيكية، مثل البيسفينول(BPA) ، والأسيتالديهيد، والمعادن النزرة الأخرى.
- ✓ دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لعبوات PET نفسها.

وبناءً على ما سبق، فإن هذه الدراسة تمثل خطوة أولى نحو فهم أفضل لتأثير مواد التعبئة البلاستيكية على جودة المياه المعبأة في الجزائر، وتؤكد الحاجة إلى مواصلة البحث العلمي والرقابة التقنية لضمان أعلى مستويات السلامة الصحية للمستهلك.

الملاحق

الصورة (1): جهاز قياس الأس الهيدروجيني

الصورة (2): جهاز قياس الناقلية الكهربائية

الصورة (3): جهاز الامتصاص الذري بالشعلة

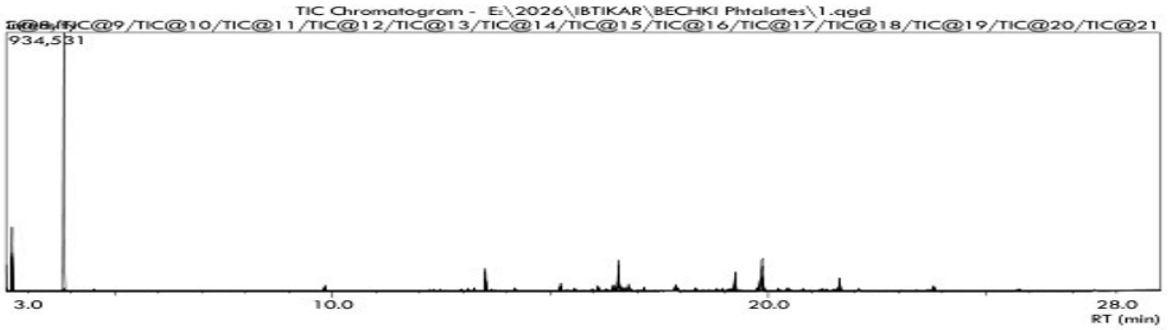
الصورة (4): جهاز قياس العكارة

الصورة (5): حـــاضنة

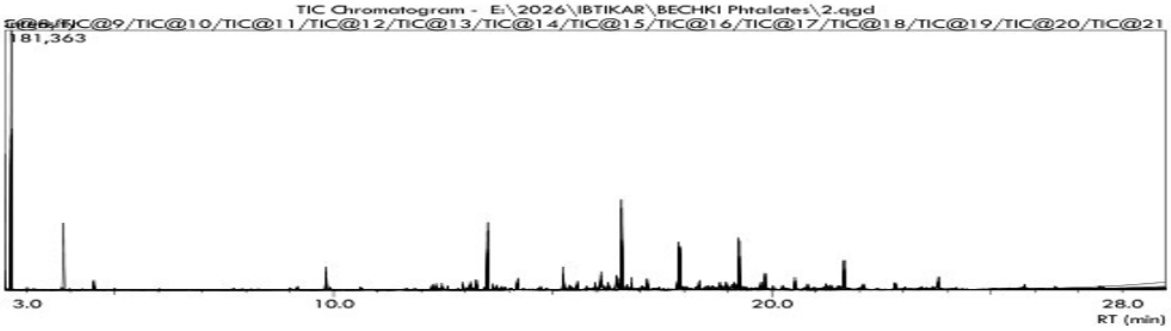
الصورة (6): جهاز كروماتوغرافيا الغاز المقترنة بمطياف الكتلة

الصورة (7): جهاز مطيافية الامتصاص الذري

نتائج الفثالات بجهاز GC-MS

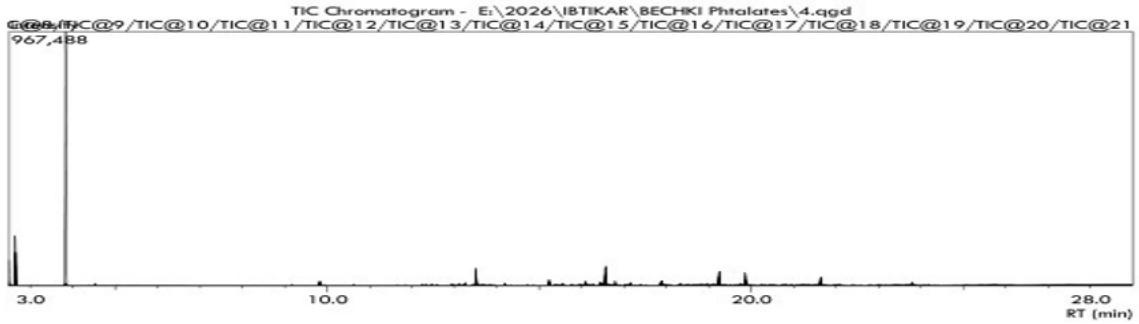


العينة (1)

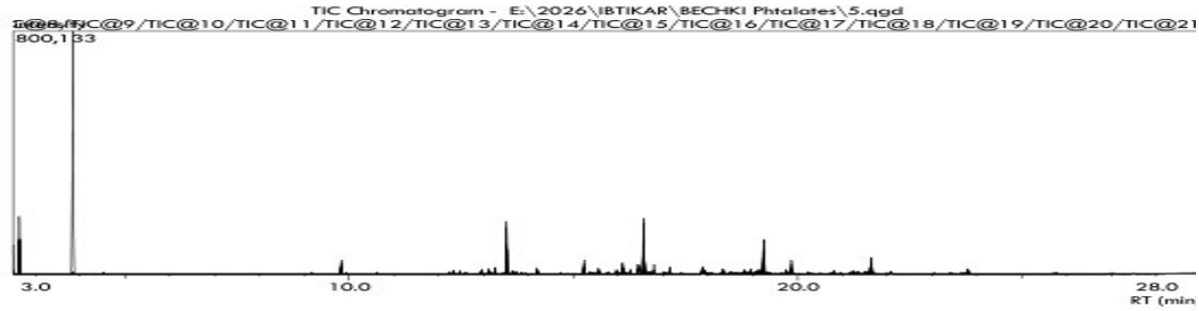


العينة (2)

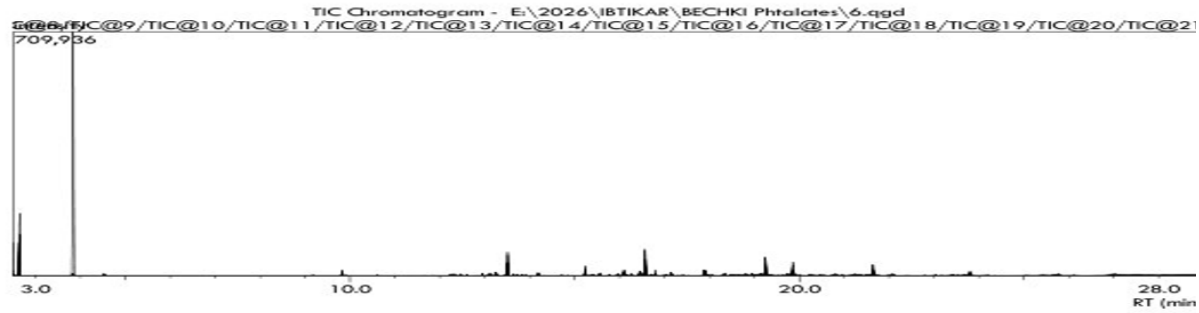
العينة (3)



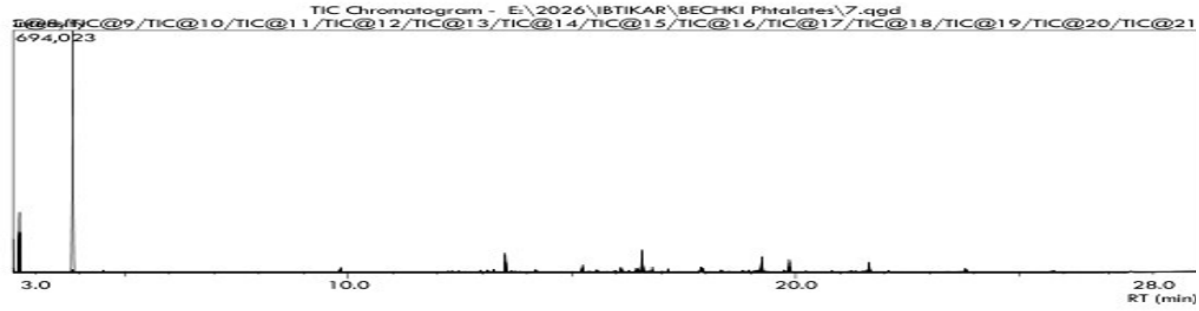
العينة (4)



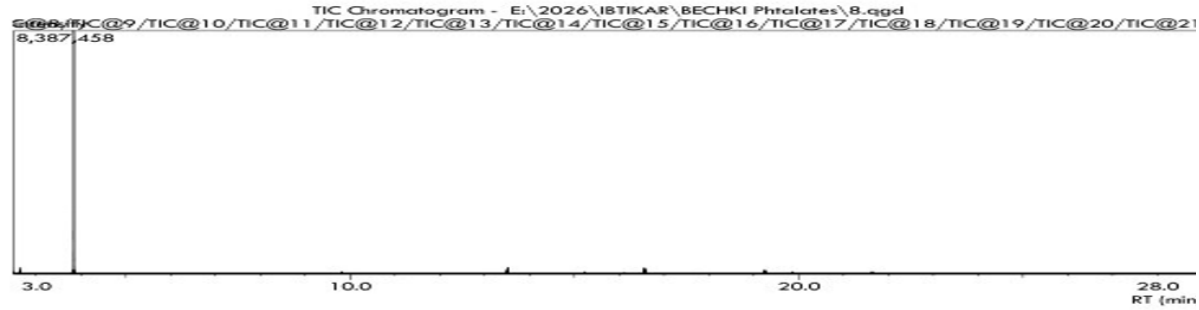
العينة (5)



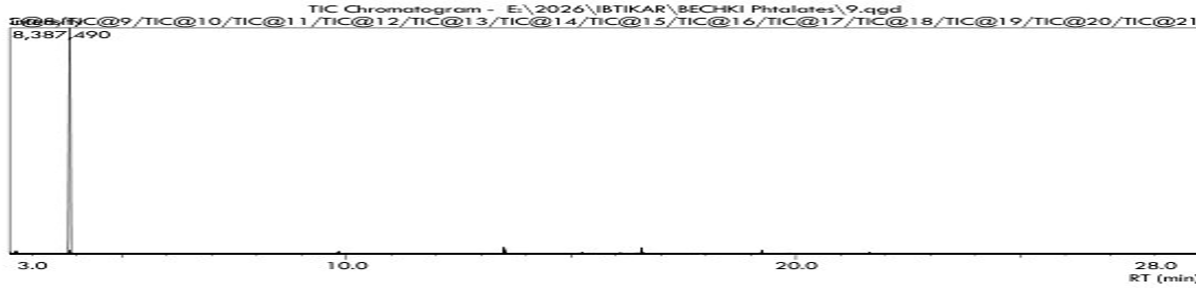
العينة (6)



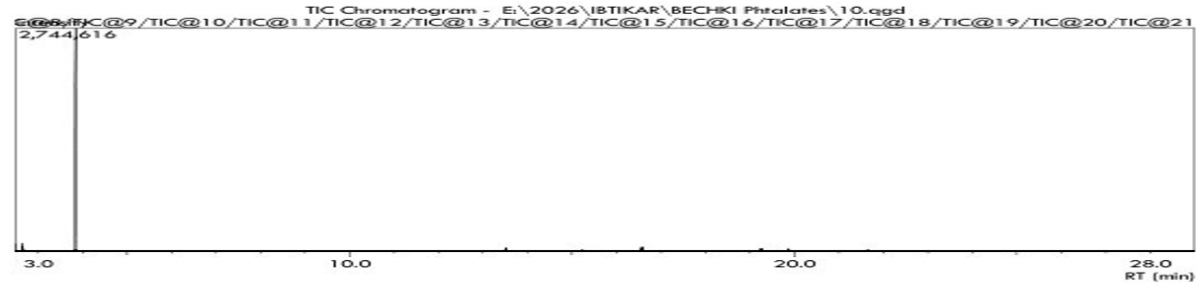
العينة (7)



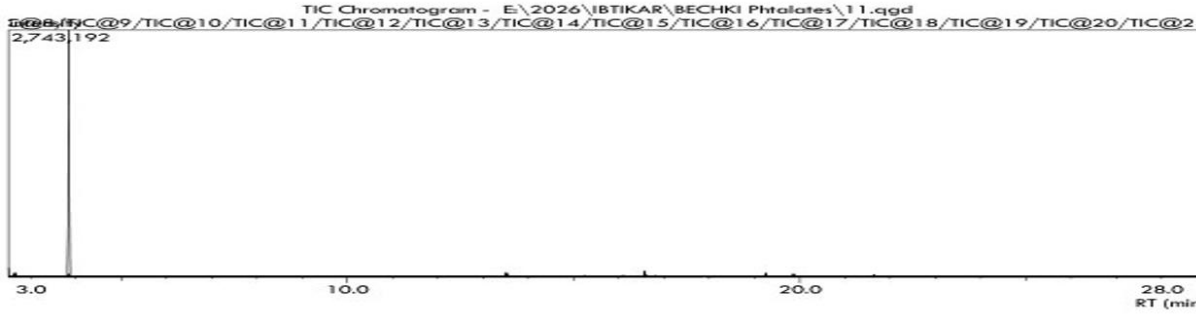
العينة (8)



العينة (9)



العينة (10)



العينة (11)

نتائج الأنتيموان بجهاز SAA

Operator: zinbe halima *Lab.:* CRAPC

Results

Results file: C:\Users\Public\Documents\Analytik Jena\ASpectCS\HS\RESULTS\Sb maner.tps
Instrument: - # *Technique:* ???
Operator: zinbe halima (21/04/2026 12:12)
Comment:

Line	Mean	SD	RSD[%]	CI	Unit	Rem.
Cal-Zero1	Pos: 1	Method:	Sb09112022(1)	REP	Date:	21/04/2026 12:12
Sb217						
Conc.1	0				µg/L	
Abs.	0.02257	0.00706	31.3			

Single values (Abs.): #1: 0.03072 #2: 0.01829 #3: 0.01870

Cal-Std1	Pos: 2	Method:	Sb09112022(1)	REP	Date:	21/04/2026 12:12
Sb217						
Conc.1	2				µg/L	
Abs.	0.12713	0.00485	3.8			

Single values (Abs.): #1: 0.13267 #2: 0.12510 #3: 0.12364

Cal-Std2	Pos: 2	Method:	Sb09112022(1)	REP	Date:	21/04/2026 12:12
Sb217						
Conc.1	4				µg/L	
Abs.	0.25504	0.03200	12.5			

Single values (Abs.): #1: 0.29189 #2: 0.23902 #3: 0.23421

Cal-Std3	Pos: 2	Method:	Sb09112022(1)	REP	Date:	21/04/2026 12:12
Sb217						
Conc.1	6				µg/L	
Abs.	0.35925	0.02323	6.5			

Single values (Abs.): #1: 0.35943 #2: 0.38239 #3: 0.33593

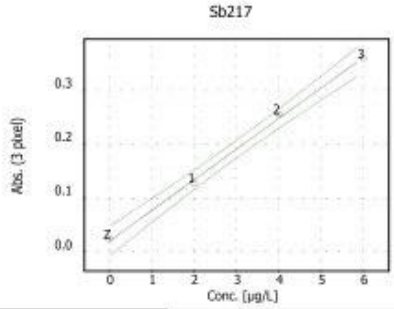
Operator: zinbe halima *Lab.:* CRAPC

Line	*Mean*	*SD*	*RSD[%]*	*CI*	*Unit*	*Rem.*
Cal-Std4	*Pos:* 2	*Method:*	Sb09112022(1)	REP	*Date:*	21/04/2026 12:12
Sb217						
Conc.1	8				µg/L	#DEL
Abs.	0.56412	0.01640	2.9			#DEL

Single values (Abs.): #1: 0.54885 #2: 0.56206 #3: 0.58146

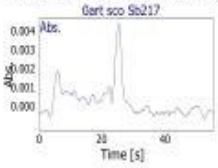
Compute calib.	*Pos:* ---	*Method:*	Sb217		*Date:*	21/04/2026 12:12
Sb217						
y=a+bx	a=0.0203061 b=0.0568972			Method SD: 0.13073 µg/L		

R^2(adj.): 0.994881729 Slope: 0.0568972 Abs./(µg/L) Char.conc.: 0.07663 µg/L/1%A



0art sco	*Pos:* 3	*Method:*	Sb09112022(1)	REP	*Date:*	21/04/2026 12:12
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	-0.1488	0.4844	325.6	0.6063	µg/L	<KAL
Conc.2	-0.1488	0.4844	325.6	0.6063	µg/L	<KAL
Abs.	0.01184	0.02756	232.7			<KAL

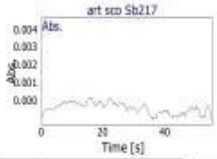
Single values (Abs.): #1: 0.03133 #2: -0.00765



Operator: zinbe halima *Lab.:* CRAPC

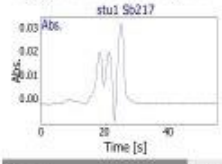
Line	*Mean*	*SD*	*RSD[%]*	*CI*	*Unit*	*Rem.*
art sco	*Pos:* 4	*Method:*	Sb09112022(1)	REP	*Date:*	21/04/2026 12:12
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	-0.2274	0.2682	117.9	0.6134	µg/L	<KAL
Conc.2	-0.2274	0.2682	117.9	0.6134	µg/L	<KAL
Abs.	0.00737	0.01526	207.2			<KAL

Single values (Abs.): #1: -0.00343 #2: 0.01816



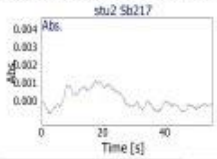
stu1	*Pos:* 5	*Method:*	Sb09112022(1)	REP	*Date:*	21/04/2026 12:12
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	1.549	2.057	132.8	0.4844	µg/L	
Conc.2	1.549	2.057	132.8	0.4844	µg/L	
Abs.	0.10844	0.11706	107.9			

Single values (Abs.): #1: 0.19121 #2: 0.02567



stu2	*Pos:* 6	*Method:*	Sb09112022(1)	REP	*Date:*	21/04/2026 12:12
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	0.1446	0.1639	113.3	0.5811	µg/L	
Conc.2	0.1446	0.1639	113.3	0.5811	µg/L	
Abs.	0.02854	0.00933	32.7			

Single values (Abs.): #1: 0.02194 #2: 0.03513

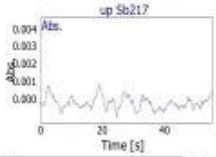


Load method	*Pos:* ---	*Method:*	Sb09112022 (2)		*Date:*	21/04/2026 12:12

Operator: zinbe halima *Lab.:* CRAPC

Line	*Mean*	*SD*	*RSD[%]*	*CI*	*Unit*	*Rem.*
up	*Pos:* 1	*Method:*	Sb09112022(2)		*Date:*	21/04/2026 12:21
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	0.0876			1.983	µg/L	
Conc.2	0.0876			1.983	µg/L	
Abs.	0.00834					

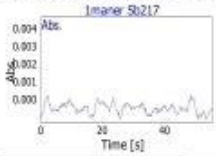
Single values (Abs.): #1: 0.00834



1maner	*Pos:* 2	*Method:*	Sb09112022(2)		*Date:*	21/04/2026 12:25
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	-0.1744			2.019	µg/L	<KAL
Conc.2	-0.1744			2.019	µg/L	<KAL
Abs.	-0.00889					<KAL

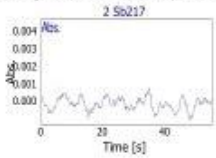
Single values (Abs.): #1: -0.00889

Analysis program aborted with button STOP! (#2000)



2	*Pos:* 3	*Method:*	Sb09112022(2)		*Date:*	21/04/2026 12:30
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	0.1149			1.979	µg/L	
Conc.2	0.1149			1.979	µg/L	
Abs.	0.01014					

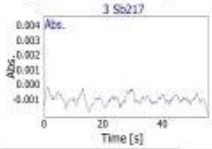
Single values (Abs.): #1: 0.01014



Operator: zinbe halima *Lab.:* CRAPC

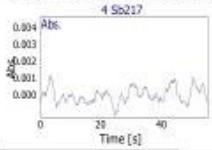
Line	*Mean*	*SD*	*RSD[%]*	*CI*	*Unit*	*Rem.*
3	*Pos:* 4	*Method:*	Sb09112022(2)		*Date:*	21/04/2026 12:35
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	-0.5722			2.077	µg/L	<KAL
Conc.2	-0.5722			2.077	µg/L	<KAL
Abs.	-0.03505					<KAL

Single values (Abs.): #1: -0.03505



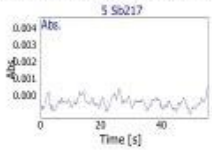
4	*Pos:* 5	*Method:*	Sb09112022(2)		*Date:*	21/04/2026 12:39
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	0.2382			1.963	µg/L	
Conc.2	0.2382			1.963	µg/L	
Abs.	0.01824					

Single values (Abs.): #1: 0.01824

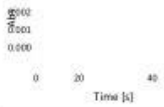


5	*Pos:* 6	*Method:*	Sb09112022(2)		*Date:*	21/04/2026 12:43
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	-0.0997			2.008	µg/L	<KAL
Conc.2	-0.0997			2.008	µg/L	<KAL
Abs.	-0.00398					<KAL

Single values (Abs.): #1: -0.00398

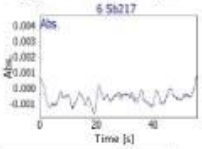


Operator: zinbe halima *Lab.:* CRAPC



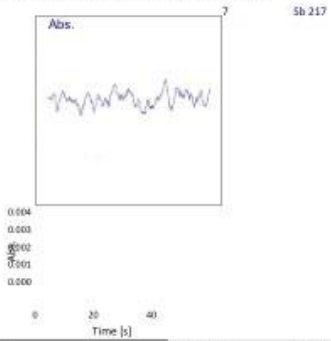
Line	*Mean*	*SD*	*RSD[%]*	*CI*	*Unit*	*Rem.*
6	*Pos:* 7 *M*	*ethod:* Sb09	112022(2)			*Date:* 21/04/2026 12:47
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	-0.2165			2.025	µg/L	< KAL
Conc.2	-0.2165			2.025	µg/L	< KAL
Abs.	-0.01166					< KAL

Single values (Abs.): #1: -0.01166



7	*Pos:* 8	*Method:*	Sb09112022(2)		*Date:*	21/04/2026 12:52
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	-0.0493			2.002	µg/L	< KAL
Conc.2	-0.0493			2.002	µg/L	< KAL
Abs.	-0.00067					< KAL

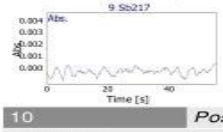
Single values (Abs.): #1: -0.00067

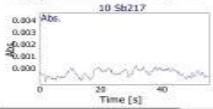


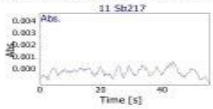
8	*Pos:* 9	*Method:*	Sb09112022(2)		*Date:*	21/04/2026 12:56
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	0.3241			1.934	µg/L	

Operator: zinbe halima *Lab.:* CRAPC

Line	*Mean*	*SD*	*RSD[%]*	*CI*	*Unit*	*Rem.*
9	*Pos:* 10	*Method:*	Sb09112022(2)		*Date:*	21/04/2026 13:00
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	0.0153			1.993	µg/L	
Conc.2	0.0153			1.993	µg/L	
Abs.	0.00358					
Single values (Abs.): #1: 0.00358						
10	*Pos:* 11	*Method:*	Sb09112022(2)		*Date:*	21/04/2026 13:05
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	-0.0741			2.005	µg/L	<KAL
Conc.2	-0.0741			2.005	µg/L	<KAL
Abs.	-0.00230					<KAL
Single values (Abs.): #1: -0.00230						
11	*Pos:* 12	*Method:*	Sb09112022(2)		*Date:*	21/04/2026 13:10
Pre-DF: 1	*Wt.[g]:*		*Vol.[mL]:* 100	*AS-DF:* 1.000	*Blank corr.:*	off
Sb217						
Conc.1	0.0267			1.991	µg/L	
Conc.2	0.0267			1.991	µg/L	
Abs.	0.00434					
Single values (Abs.): #1: 0.00434						







القرار الوزاري المتعلق بمعايير مياه المنبع والمياه المعدنية (الجريدة الرسمية العدد 27، أفريل 2006)

وزارة الموارد المائية

قرار وزاريّ مشترك مؤرّخ في 22 ذي الحجّة عام 1426 الموافق 22 يناير سنة 2006 ، يحدّد نسب العناصر التي تحتويها المياه المعدنية الطبيعية ومياه المنبع و كذا شروط معالجتها أو الإضافات المسموح بها.

الملحق الأوّل

مميزات نوعية المياه المعدنية الطبيعية

أولا : يجب ألا يتجاوز تركيز المواد المذكورة أدناه النّسب الآتية :

أنتيموان	0,005 مغ /ل
زرنيخ	0,05 مغ/ل معبر عنه بمجموع As
باريوم	1 مغ/ل
بورات	5 مغ/ل معبر عنه بـ B
كادميوم	0,003 مغ/ل
كروم	0,05 مغ/ل معبر عنه بمجموع Cr
نحاس	1 مغ/ل
سيانور	0,07 مغ/ل
فلفيورور	5 مغ/ل معبر عنه بـ F
رصاص	0,01 مغ/ل
منغنيز	0,1 مغ/ل
زئبق	0,001 مغ/ل
نيكل	0,02 مغ/ل
نترات	50 مغ/ل معبر عنه بـ No_3
نتريت	0,02 مغ/ل كنتريت
سيلنيوم	0,05 مغ/ل

ثانيا : وجود الملوثات الآتية يجب ألا يكون محسوسا :

- عوامل مقياس نشيط،
- مبيدات الطّفيليات النّباتية،
- دفينيل متعدد الكلور،
- زيت معدني،
- هيدرو كربور معطر متعدد الأطوار.

الملحق الثاني
مميزات نوعية مياه المنبع

المميزات	الوحدة	التركيز
1 . المميزات الذوقية :		
- اللون	مغ/ل من البلاتين - بالرجوع إلى سلم البلاتين/الكوبالت	25 كحد أقصى
- الرائحة - الحد الأدنى للإدراك الحسي في 25° م	-	4 كحد أقصى
- المذاق - الحد الأدنى للإدراك الحسي في 25°م	-	4 كحد أقصى
نسبة الكدر	وحدة جاكسون	2 كحد أدنى
2 . الخصائص الفيزيائية - الكيميائية المرتبطة بالتركيبة الطبيعية للماء :		
- PH	وحدة PH	6,5 إلى 8,5
- الناقلية في 20° م	µ س /سم	2.800 كحد أقصى
- القساوة	مغ/ل من $Ca\ CO_3$	100 إلى500
- الكلورور	مغ/ل (Cl)	200 إلى500
- السولفات	مغ/ل من (So_4)	200 إلى 400
- الكالسيوم	مغ/ل (Ca)	75 إلى 200
- المغنزيوم	مغ/ل (Mg)	150
- الصوديوم	مغ/ل (Na)	200
- البوتاسيوم	مغ/ل (K)	20
- الألمنيوم الإجمالي	مغ/ل	0.2
- القابلية للأكسدة ببرمنغنات البوتاسيوم	مغ/ل من الأكسجين	3 كحد أقصى
- بقايا جافة بعد التجفيف في 180°م	مغ/ل	1.500 إلى 2.000
3 . المميزات الخاصة بالمواد غير المرغوب فيها :		
- النترات	مغ/ل من No_3	50 كحد أقصى
- النتريت	مغ/ل من No_2	0,1 كحد أقصى
- أمونيوم	مغ/ل من Nh_4	0,5 كحد أقصى
- أزوت جلداهل	مغ/ل من N (1)	1 كحد أقصى
- الفليور	مغ/ل من F	0,2 إلى 2
- هيدروجين سلفوري		يجب ألا يكون محسوسا ذوقيا
- الحديد	مغ/ل من (Fe)	0,3 كحد أقصى
- المنغنيز	مغ/ل (Mn)	0,5 كحد أقصى
- النحاس	مغ/ل (Cu)	1,5 كحد أقصى
- الزنك	مغ/ل (Zn)	5 كحد أقصى
- الفضة	مغ/ل (Ag)	0,05 كحد أقصى

(1) N من No_3 و No_2 مستبعدة

الملحق الثاني (تابع)

المميزات	الوحدة	التركيز
4 . المميزات الخاصة بالمواد السامة :		
– زرنيخ	مغ/ل من (As)	0,05
– كادميوم	مغ/ل من (Cd)	0,01
– السيانور	مغ/ل من (Cn)	0,05
– الكروم الإجمالي	مغ/ل من (Cr)	0,05
– الزئبق	مغ/ل من (Hg)	0,001
– الرصاص	مغ/ل من (Pb)	0,055
– السلنيوم	مغ/ل من (Se)	0,01
– هيدرو كربور معطر متعدد الأطوار (HPA)		
* لمجموع الست (6) مواد التالية :	µ غرام /ل	0,2
فليورانتان		
بانزو (3,4) فليورانتان		
بانزو (11,12) فليورانتان		
بانزو(3.4) بيران		
بانزو(1,12) بيريلان		
أنديتو (1,2,3 Cd) بيران		
* بانزو (3,4) بيران	µ غرام /ل	0,01

الملحق الثالث

عند الانبثاق : يجب ألا تتعدى القيم المذكورة في المادّة 5 على التوالي ما يأتي :

20 مل بـ20°م إلى22° م في 72 ساعة في أقار–أقار أو خليط أقار جيلاتين.

5 مل بـ37°م في 24 ساعة في أقار – أقار . نظرا لذلك، يجب اعتبار هذه القيم كأرقام توجيهية وليس كتركيزات قصوى.

بعد التعبئة في القارورات : يجب ألا يتجاوز الاحتوائي الإجمالي للميكروجزيئات القابلة لإعادة الإحياء مائة (100) في المليلتر الواحد بدرجة 20-22°م في 72 ساعة في أقار–أقار أو أقار– جيلاتين و 20 في المليلتر الواحد بدرجة 37°م في 24 ساعة على أقار– أقار، و يجب أن يقاس هذا الاحتواء خلال 12 ساعة التي تلي تعبئة القارورات و تحفظ المياه بدرجة 4°م و إلى حوالي 1°م واحدة تقريبا خلال فترة 12 ساعة هذه.

الفحص	النتيجة			
	n	c	m	M
الجراثيم الكلية في 250 مل	5	1	0	2
الجراثيم كوليفورالصامدة للحرارة في 250 مل	5	1	0	2
المكورات العقدية الخائطية streptocoques في250 مل	5	1	0	2
الجراثيم اللاهوائية المخفضة للسلفيت في 50 مل	5	1	0	2
بسودوموناس إيروجينوسا في 250 مل	5	1	0	2

n : عدد وحدات العينات المقتطعة في الجزء الذي يجب فحصه طبقا لخطط العينات المطلوب.

c : العدد الأقصى المقبول لوحدات العينات التي قد تتجاوز المعيار الميكروبيولوجي**m**. وإن تجاوز هذا العدد يقتضي رفض الجزء.

m : العدد أو المستوى الأقصى للجراثيم/غ، إما تقبل القيم العالية عن هذا المستوى و إما ترفض.

M : الكمية التي تسمح بالتفريق بين المواد ذات الكمية المقبولة من تلك ذات النوعية غير المقبولة. إن القيم المعادلة أو التي تفوق **M** في أي عينة كانت تعد غير مقبولة بسبب الأخطار التي تشكلها على الصّحة أو على المؤشرات الصّحية أو أخطار الإتلاف.

الملخص

تتناول هذه المذكرة تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية لـ 11 علامة تجارية من مياه المنابع والمياه المعدنية المعبأة المتداولة في السوق الجزائرية (منبع الغزلان، الحياة، القنطرة، عين بوڤلاز، سلسبيل، أروى، ڤريون، إفري، لالة خديجة، يوكوس، والڤولية)، وذلك من خلال تحليل مؤشرات فيزيائية كالـ pH والناقلية الكهربائية والعكارة وTDS، ومؤشرات كيميائية شاملة للكاتيونات والأنيونات الرئيسية، حيث تبيّن أن معظم العينات تستوفي المعايير الدولية والوطنية في الظروف الاعتيادية؛ غير أن الجزء المحوري من البحث أبرز أن تعريض هذه العبوات البلاستيكية (PET) لدرجات حرارة مرتفعة يؤدي إلى هجرة ملموسة لعنصر الأنتيموان Sb فضلاً عن الكشف عن وجود الفثالات في جميع العينات بعد الإجهاد الحراري بتفاوت كبير بين العلامات إذ بلغ الفارق نحو 46 ضعفاً بين الأعلى (لالة خديجة وإفري) والأدنى (الحياة)، مما يعكس اختلاف جودة البلاستيك المستخدم ويُشكّل مصدر قلق صحي حقيقي لا سيما في مناطق الجنوب الجزائري حيث كثيراً ما تتجاوز درجات الحرارة الصيفية 50°C.

الكلمات المفتاحية: مياه المنابع، المياه المعدنية، تقييم الجودة، المعايير الوطنية والدولية، الأنتيموان، الفثالات.

Abstract

This dissertation evaluates the physicochemical quality of 11 bottled spring and mineral water brands available on the Algerian market (Manbaa El Ghozlane, El Hayat, El Kantra, Ain Bouglez, Salsabil, Arwa, Guerioune, Ifri, Lalla Khedidja, Youkous et El Goléa) by analysing physical parameters such as pH, electrical conductivity, turbidity, and TDS, as well as a comprehensive set of chemical indicators including major cations and anions; the results showed that most samples comply with international and national standards under normal storage conditions. However, the central focus of the research revealed that exposing PET plastic bottles to elevated temperatures triggers significant migration of antimony (Sb) along with the detection of phthalates in all samples after thermal stress, with a striking ~46-fold difference in intensity between the highest (Lalla Khedidja and Ifri) and the lowest (El Hayat), reflecting disparities in plastic packaging quality and representing a genuine public health concern, particularly in southern Algeria where summer temperatures frequently surpass 50°C.

Keywords: spring water, mineral water, quality assessment, national and international standards, antimony, phthalates.