

تقييم بعض العوامل المؤثرة على امتزاز الكاديوم، النحاس، الرصاص والحديد حالة الدراسة: الامتزاز على رمال منطقة البدرسية

الدكتور هيثم شاهين *

الدكتور محمد غفر **

قينان إبراهيم ***

(قبل للنشر في 2006/6/1)

□ الملخص □

دُرس توزيع كل من الكاديوم والنحاس والرصاص والحديد، كملوثات كامنة في مياه الصرف الصحي والمياه الصناعية، وذلك في منظومة ذات طورين: طور صلب (رمال منطقة البدرسية) وطور مائي موسوم بالعناصر السابقة. دُرست تغيرات معامل توزع العناصر السابقة بتأثير زمن خلط الطورين والحجم الحبيبي للطور الصلب والتركيز التوازني لشوارد الهيدروجين (pH) وتركيز العنصر ذاته بالإضافة إلى تركيز عنصر منافس (الكالسيوم)، كما دُرست تغيرات معامل التوزع بتأثير النسبة V/m . تم اختيار رمال منطقة البدرسية بعد إنجاز تحليل فلزي وتحليل عنصري لخمسة عشر عينة تمثل رمال الساحل السوري الممتد من الحميدية جنوباً إلى البدرسية شمالاً. حيث لوحظ أن أعلى نسبة مئوية لثاني أكسيد السيليكون (SiO_2) وصلت إلى 62% في رمال منطقة البدرسية. تظهر نتائج هذا البحث بأنه يمكن استخدام رمال منطقة البدرسية كحشوة مرشحة لتنقية الأطوار المائية الملوثة وذلك بعد ضبط بعض المعاملات (زمن خلط الطورين والحجم الحبيبي للطور الصلب والتركيز التوازني لشوارد الهيدروجين (pH) وتركيز العنصر ذاته بالإضافة إلى تركيز عنصر منافس (الكالسيوم)، وكذلك النسبة V/m).

الكلمات المفتاحية: معامل توزع، كاديوم، نحاس، رصاص، حديد، SiO_2 ، امتزاز، درجة حموضة، عنصر منافس.

* مدرس في المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا.

** أستاذ في قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا.

*** طالب ماجستير في قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا.

Evaluation of Some Factors Affecting the Adsorption of Cadmium, Copper, Lead, and Iron: A Case Stud of the Adsorption on Badrousia Sands

Dr. Haytham Chahin*
Dr. Mohamad Fhafar**
Kinan Ibrahim***

(Accepted 1/6/2006)

□ ABSTRACT □

Distribution of some heavy metals (cadmium, copper, lead, iron) in a solid – aqueous system, Badrousia's sand in contact with contaminated water, was investigated using atomic absorption spectroscopy. The effect of contact time, particle size of the solid phase, pH, element's concentration and the concentration of a concurrent element (Ca) were studied. The results of mineral and elemental analysis show that the higher concentration of SiO₂ was found in Badrousia's sand. The experimental data of this research demonstrate that the Badrousia's sand can be used as natural filtration by controlling some operational parameters.

Keywords: distribution coefficient, cadmium, copper, lead, iron, SiO₂, absorption, pH, concurrent element.

*Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Assistant Professor, High Institute for Environmental Research, Tishreen University, Lattakia, Syria.

***MSc Student, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

يُعرّف الارتباط (الاحتفاظ) بمعامل التوزع، والذي يمكن أن ينتج عن التفاعلات الآتية: تبادل أيوني، امتزاز وتشكل مركب غير منحل [1]. ونعرض فيما يلي توصيفاً لهذه التفاعلات:

التبادل الأيوني: يُوصف هذا النوع من التفاعلات بعكوسية الظاهرة وبمفهوم التركيز والانتقائية، ويخضع لقانون فعل الكتلة.

الامتزاز: إن ظواهر الامتزاز متعلقة بالأطوار الصلبة، وتتضمن التثبيت على سطح الطور الصلب لطورٍ صلبٍ آخر ولجزيئات غازية وللسوائل. تتناسب ظواهر الامتزاز طردياً مع سطح الطور الصلب وألفته لتقبل جزيئات أخرى. على أننا نميز بين نوعين من الامتزاز:

• الامتزاز القطبي (سيليس، ألومين، كالسيت) حيث تُؤثر قطبية المذاب (المحلول) على كثافة التثبيت، ولهذا علاقة بثابت الثنائية الكهربائية للمذيب؛

• الامتزاز غير القطبي (الفحم) حيث يؤثر، وبصورة واضحة، كل من حجم وشكل الجزيئات وكذلك السطح المتاح على عملية الامتزاز.

تشكل معقد غير منحل: تتلائم انحلالية مادة ما مع بعض التحولات، وذلك بوجود طور مائي حاوٍ على بعض الأيونات. ويمكن أن تقود الأيونات التفاعلية إلى تشكل مركب متفاوت الانحلالية مؤدياً ذلك إلى تناقص تركيز الأيونات في المحلول، وازدياد محتوى الطور الصلب من هذه الأيونات. وبالنتيجة ازدياد قيم معامل التوزع [2].

تُستخدم قيم معامل التوزع K_d لنمذجة سلوك العناصر في الأوساط الطبيعية شريطة قياسها، فقط، بين الأطوار الصلبة والأطوار المائية. وتعكس هذه القيم تأثير العديد من الظواهر: الامتزاز الالكتروستاتي، الالتقاط والتبادلات الكيميائية، ترسيب مركبات على الطور الصلب (أو في الطور المائي) وذلك عندما يكون تركيز العناصر عالياً أو الترسيب المتزامن (المشترك) عندما تكون هذه العناصر عناصر أثر (تراكيز منخفضة جداً) [3].

تتوقف قيم معامل التوزع بين طورين على:

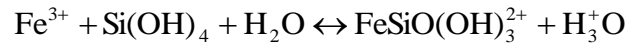
- تركيبة الأطوار؛
- النسبة V/m ، حيث V حجم الطور المائي و m كتلة الطور الصلب؛
- زمن خلط الطورين؛
- درجة حموضة الطور المائي؛
- تركيز عنصر منافس؛
- تركيز العنصر ذاته؛
- تفاعلات الأكسدة والإرجاع.

أبدت المرشحات الرملية البطيئة أداءً ممتازاً للتخلص من جميع أنواع البكتيريا (الجرائيم)، السالمونيلا (*salmonella*)، الكوليفورم (*coliforms*)، الفيروسات (*viruses*) والملوثات العضوية وغير العضوية بما في ذلك العكارة (*turbidity*) [4]. وفيما يتعلق بلون المياه ذات الظهور الطبيعي، فقد أكدت الدراسات التي أنجزها كل من Schuch و Edzwald [5]، على فعالية المرشحات الرملية في التخلص من هذا اللون، إذ وصل مردود التخلص إلى حدود 80%. علماً أن إزالة هذا اللون سينقص كثيراً من عكارة المياه المعالجة.

لجعل تركيز الحديد ضمن الحدود المسموح بها، توجد ثلاث طرائق:

- أكسدة Fe(II) وترسيبه لاحقاً على شكل $Fe(OH)_3(s)$ ؛
- المبادلات الأيونية خاصةً عندما يكون تركيز الحديد أقل من 10 mg/L؛
- جعل الحديد مستقرًا ضمن حالة معلقة باستخدام عوامل مبعثرة مثل الفسفات المتعددة polyphosphate والسيليكا.

ولكن، وعندما تكون السيليكا منحلة ($H_4SiO_4 - Si(OH)_4$)، فإنها تؤثر على كيمياء معالجة الحديد من خلال تحفيز مزجه بالأكسجين (oxygenation)، وبالتالي منعه من التوضع في منظومات التوزيع [6]. وتتراوح انحلالية السيليكا غير المتبلورة في المياه، عند درجة حرارة $0^\circ C$ ، من 60 إلى 80 mg/L (على شكل SiO_2). أما عند درجة حرارة $25^\circ C$ ، فإنها تتراوح من 100 إلى 140 mg/L. يُظهر التفاعل الآتي آلية ارتباط السيليكا المنحلة مع الحديد [7]:



وبملاحظة أن ثابت استقرارية هذا التفاعل يبلغ 1.8×10^9 ، وعند درجة حموضة تقترب من 3، فإن ثلث الحديد يرتبط بالسيليكا. وعليه، وعند دراستنا من خلال هذا البحث، لتغيرات معامل توزع الحديد بتابعية درجة الحموضة، فإنه من المتوقع تشكيل مركبات غير منحلة للحديد نتيجة ارتباطه بالسيليكا (في أوساطٍ شديدة الحموضة أو شديدة القلوية). وهذا بدوره سيؤدي إلى ازدياد مردود التخلص من الحديد.

أهمية البحث وأهدافه:

يشكل البحث مساهمة في دراسة العوامل المؤثرة على امتزاز الكاديوم، النحاس، الرصاص والحديد على سطوح رمال الساحل السوري، وتقدير نسبة احتفاظ هذه الرمال ببعض الملوثات (الحديد، النحاس، الكاديوم، الرصاص) بما يؤدي إلى إحداث تنقية ملموسة لمياه الدخل في منظومات توزيع مياه الشرب ولمياه الخرج في محطات معالجة مياه الصرف الصحي والمياه الصناعية، وذلك من خلال توظيف آليات ومفاهيم التوزع بين طورين: صلب-سائل. وعليه، فللبحث أهداف صحية وبيئية واقتصادية.

لهذا البحث دور كبير في تقصي الإمكانيات الكامنة لتنقية مياه الشرب ومعالجة مياه الصرف الصحي كيميائياً وحيوياً من خلال استخدام فلزات وخامات طبيعية سهلة المنال ورخيصة الثمن. وسيكون لنتائج هذا العمل دور كبير في تلمس السياسات البيئية السليمة في إدارة الموارد وإعادة تدويرها بما يحمي المحيطين اليابس والحيوي. هذا من جهة، من جهة ثانية، يمكن استثمار نتائج هذا البحث في معالجة المياه المنتجة (produced water) المتحدرة من صناعة النفط والغاز والتي تحتوي على تراكيز ملموسة من نظيري الراديوم: Ra-226 و Ra-228 [8]. كما يمكن لنتائج هذا البحث أن تخدم في اقتراح آلية ناجعة لمعالجة المياه الجوفية في مناطق وجود مناجم الفسفات، حيث بينت الدراسات المعنية وجود كميات ملموسة من اليورانيوم الطبيعي، U-238 والذي يتحدر منه نظير الراديوم، Ra-226، المولد للرادون الغازي المشع ذي المخاطر البيئية الحقيقية [9].

الجانب التجريبي:

تم إجراء هذا البحث في مخابر المعهد العالي لبحوث البيئة حيث جُمعت العينات الرملية بصورة تمثل رمال الساحل السوري الممتد من الحميدية جنوباً إلى البدرسية شمالاً. خُللت هذه العينات تحليلاً فلزيّاً باستخدام تقانة انعراج الأشعة السينية (XRD, PHILIPS, Model:PW 1840, Holland)، وخُللت عنصرياً باستخدام تقانة

الامتصاص الذري (AAS, AA 6800, SHIMADZU, Japan). خلط 0.5 غرام من الطور الصلب مع 5 ميليلتر من الطور المائي في أنابيب سعة 15 ميليلتر مصنوعة من البولي إيثيلين، وتمت عملية خلط الأطوار باستخدام هزاز آلي. فُصلت الأطوار باستخدام منقطة بسرعة 3500 دورة / دقيقة. تم ضبط قيم درجات الحموضة باستخدام محاليل مائية من $HClO_4$ و $LiOH$. قيس التركيز المتبقي للعنصر الملوث في الطور المائي باستخدام تقانة الامتصاص الذري، وحُسب معامل التوزع اعتماداً على العلاقة التالية:

$$K_d = \frac{C_i - C_f}{C_f} \times \frac{V}{m}$$

حيث: C_i : التركيز البدئي للعنصر الملوث؛ C_f : التركيز النهائي للعنصر الملوث؛ V : حجم الطور المائي مقدراً بالميليلتر؛ m : كتلة الطور الصلب مقدراً بالغرام.

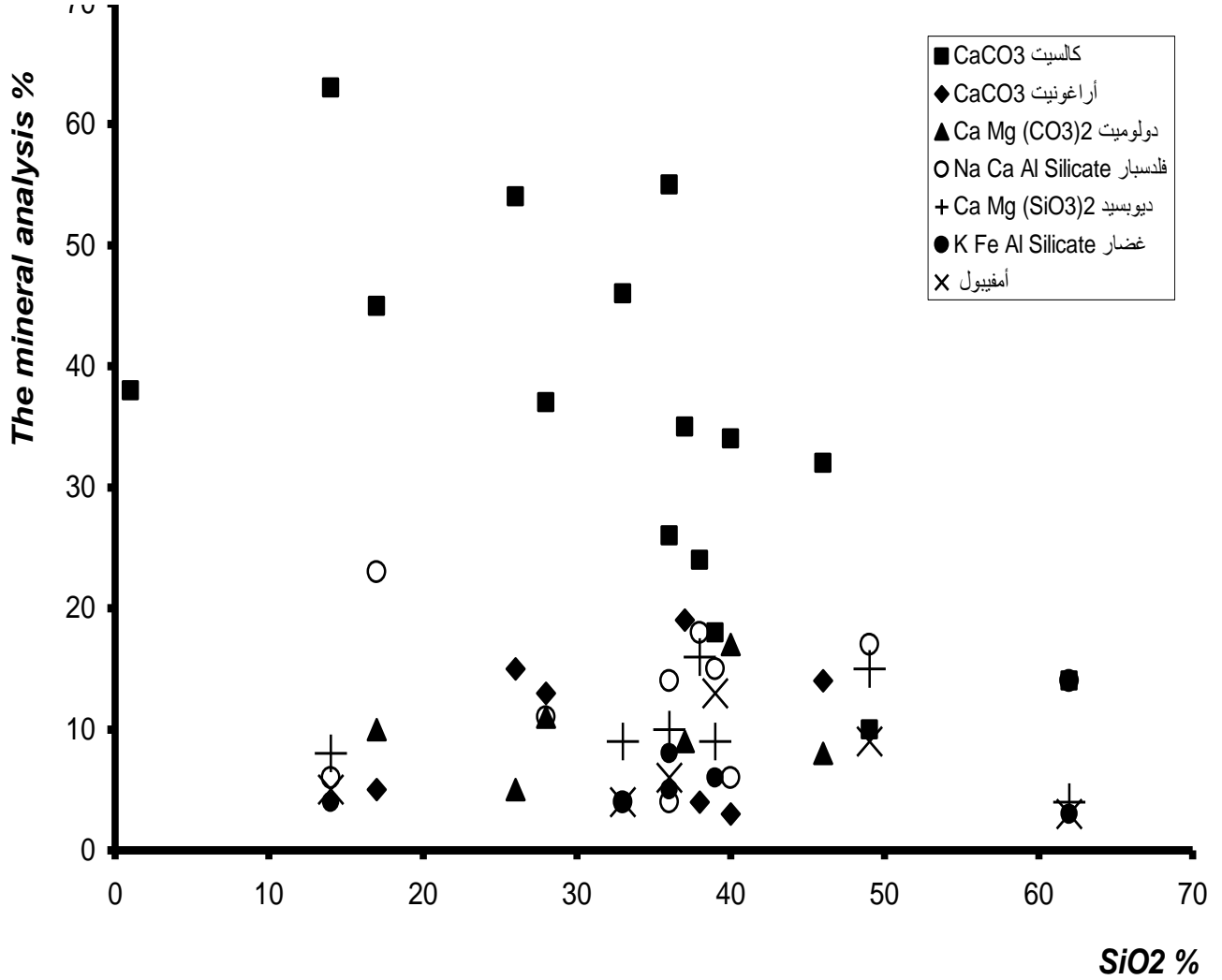
النتائج:

التحليل الفلزي للأطوار الصلبة:

يظهر الشكل (1) تغيرات تراكيز الفلزات الموجودة في العينات المدروسة بتابعية تركيز SiO_2 . كما يظهر الجدول (2) الرقم المتسلسل للعينات الرملية وأماكن ائتيانها. تظهر نتائج التحليل الفلزي بأن أعلى تركيز للفلز SiO_2 موجود في رمال منطقة البدرسية. وعلى هذا الأساس، تم اعتماد رمال منطقة البدرسية لاستثمارها لاحقاً كطور صلب في المنظومة المدروسة.

الجدول 2: الرقم المتسلسل للعينات الرملية وأماكن وزمن ائتيانها.

الرقم المتسلسل	اسم الموقع	زمن الائتيان
1	طرطوس - الحميدية - معسكر طلائع البعث	2004 / 10 / 14
2	طرطوس - مجمع عمريت السياحي	2004 / 10 / 14
3	طرطوس - الكورنيش - مقابل فندق البحر	2004 / 10 / 14
4	طرطوس - مجمع الرمال الذهبية	2004 / 10 / 14
5	بانياس - الباصية 1	2004 / 10 / 14
6	بانياس - الباصية 2	2004 / 10 / 15
7	بانياس - نادي مصفاة بانياس	2004 / 10 / 15
8	اللاذقية - البسيط - البدرسية	2004 / 10 / 15
9	اللاذقية - البسيط - مسبح هاواي	2004 / 10 / 15
10	اللاذقية - البسيط - نادي العمال	2004 / 10 / 15
11	اللاذقية - أم الطيور	2004 / 10 / 16
12	اللاذقية - وادي قنديل	2004 / 10 / 16
13	اللاذقية - الشاطئ الأزرق - مسبح جول جمال	2004 / 10 / 16
14	اللاذقية - البصة	2004 / 10 / 16
15	اللاذقية - الصنوبر	2004 / 10 / 16

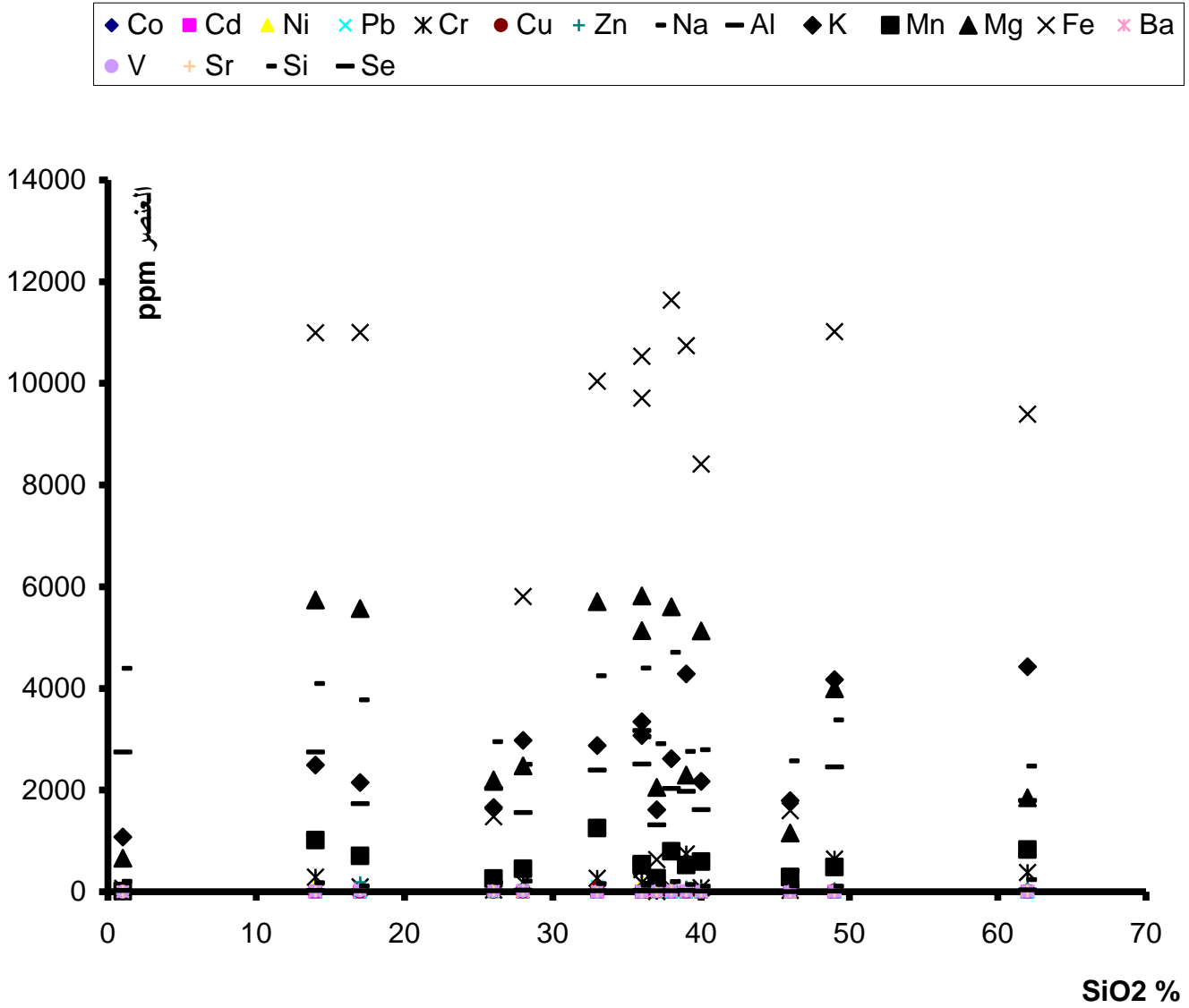


الشكل (1): تغير التراكيز الفلزية بتابعة تركيز SiO_2 .

يلحظ من الشكل (1) بأن التركيز الفلزي الملموس (كالسيت) يتناقص مع تزايد النسبة المئوية لـ SiO_2 وهذه خاصية معيارية لتوصيف الرمال بصورة عامة.

التحليل العنصري للأطوار الصلبة:

يبين الشكل (2) تغير تراكيز العناصر في العينات الرملية بتابعة النسبة المئوية لـ SiO_2 .

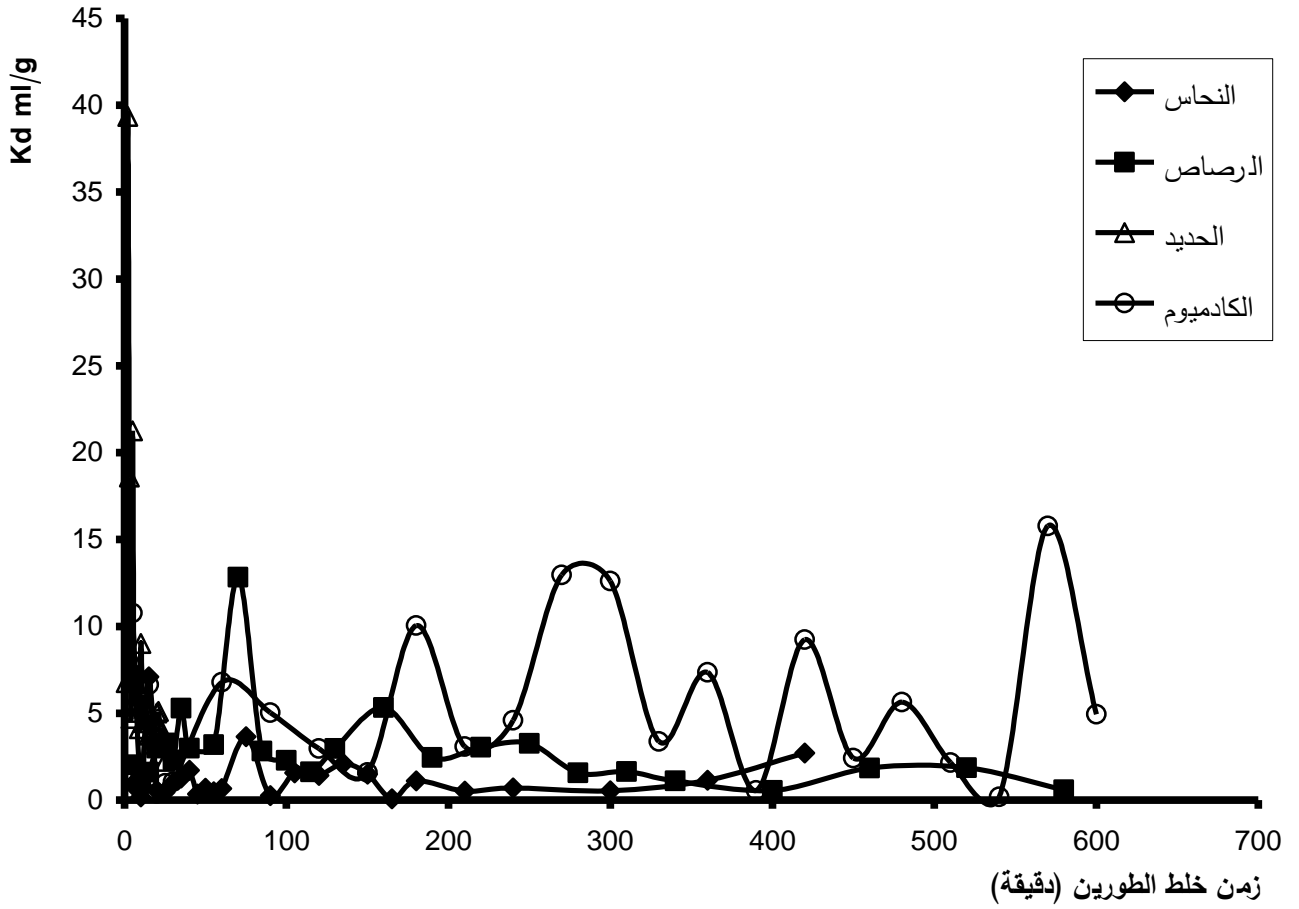


الشكل (2): تغير تراكيز العناصر بتابعة تركيز SiO_2 .

يلحظ من الشكل (2) بأن التركيز الملموس للعناصر (الحديد، المغنيزيوم، الصوديوم، البوتاسيوم، الألمنيوم) لا يتغير نسبياً مع تغيرات النسبة المئوية لـ SiO_2 .

تغير معامل التوزع بتابعة زمن خلط الطورين:

يوضح الشكل (3) تغير معاملات توزع كل من الكاديوم والنحاس والرصاص والحديد بتابعة زمن خلط الطورين.

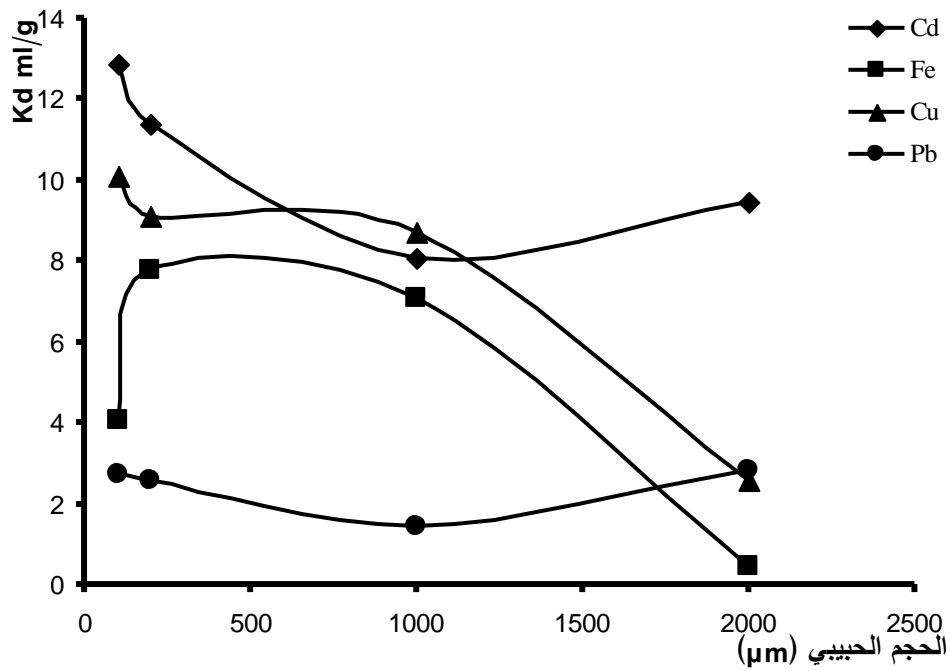


الشكل (3): تغير معاملات توزيع كل من الكاديوم والنحاس والرصاص والحديد بتابعية زمن خلط الطورين.

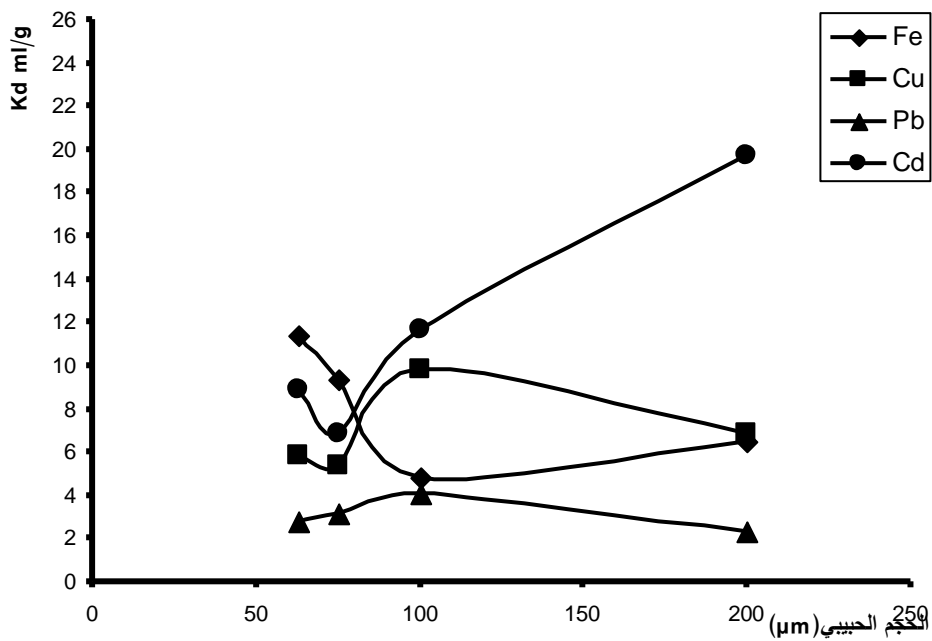
يلحظ من هذا الشكل، وباستثناء الكاديوم، أنه يمكن الوصول إلى الزمن التوازني الموافق لقيم أعظمية لمعامل التوزيع بعد خلط الطورين لفترات زمنية قصيرة، ولهذا تأثير إيجابي واضح على زمن مكوث المياه الملوثة في المرشح الرملي.

تغير معامل التوزيع بتابعية الحجم الحبيبي:

يوضح الشكل (4) تغير معاملات توزيع كل من الكاديوم والنحاس والرصاص والحديد بتابعية الحجم الحبيبي مقدراً بالميكرومتر وذلك قبل عملية طحن العينات. كما يوضح الشكل (5) تغير معاملات توزيع كل من الكاديوم والنحاس والرصاص والحديد بتابعية الحجم الحبيبي مقدراً بالميكرومتر وذلك بعد عملية طحن العينات.



الشكل (4): تغير معاملات توزيع كل من الكاديوم والنحاس والرصاص والحديد بتابعة الحجم الحبيبي للرمل مقدراً بالميكرومتر وذلك قبل عملية طحن العينات.

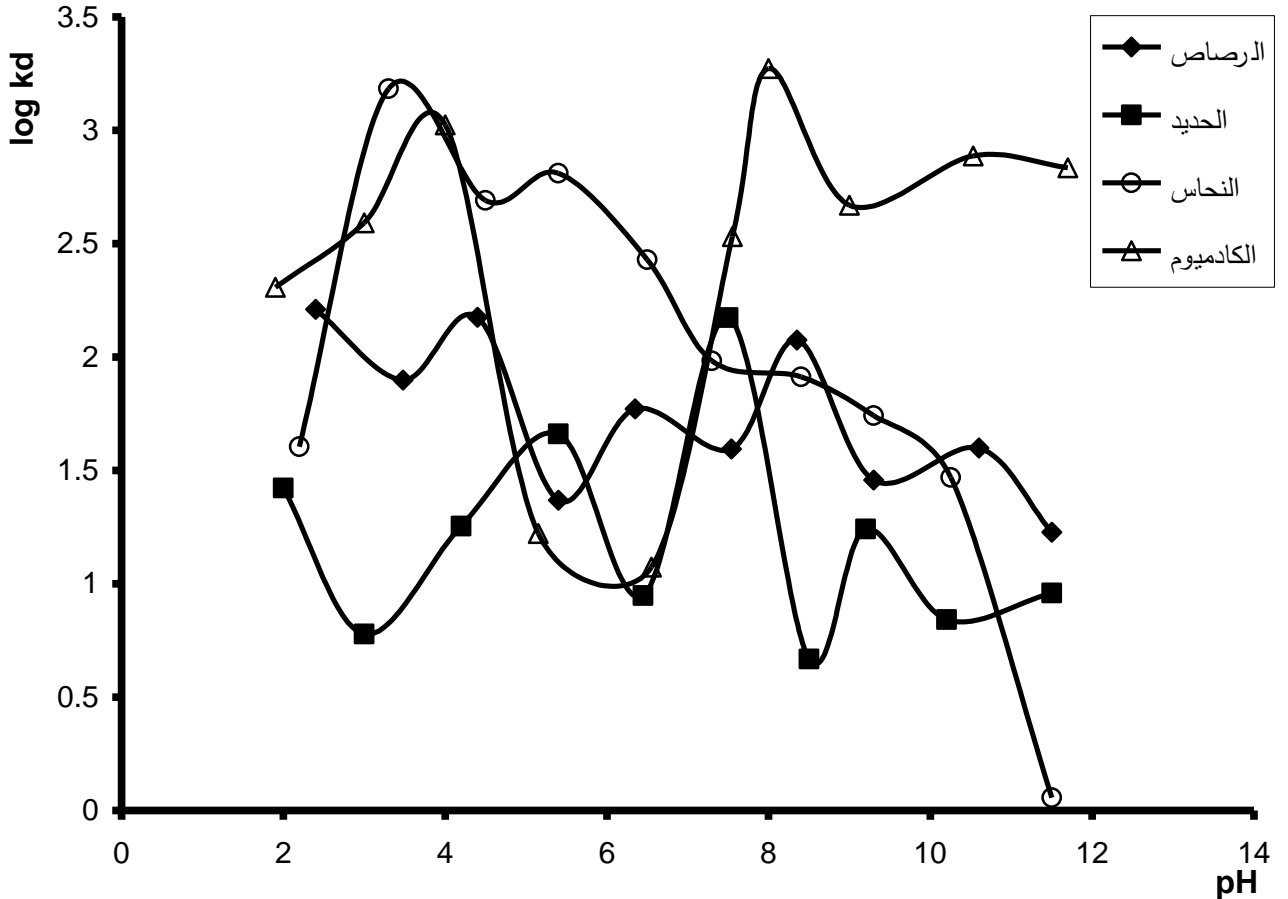


الشكل (5): تغير معاملات توزيع كل من الكاديوم والنحاس والرصاص والحديد بتابعة الحجم الحبيبي مقدراً بالميكرومتر وذلك بعد عملية طحن العينات.

نلاحظ من الشكلين السابقين (4،5)، أيضاً وباستثناء الكاديوم، بأن قيم معاملات التوزع تتناقص مع تزايد الحجم الحبيبي وهذه نتيجة منطقية نظراً لارتباط آلية الامتزاز بالسطح النوعي المتاح. كما ويلحظ من هذين الشكلين وجود بعض القيم المنخفضة لمعامل التوزع عند حجوم حبيبية صغيرة ويمكن أن يعزى ذلك إلى تشكل محاليل غروية تعيق امتزاز العنصر الملوث على سطح الرمال.

تغير معامل التوزع بتابعة درجة الحموضة:

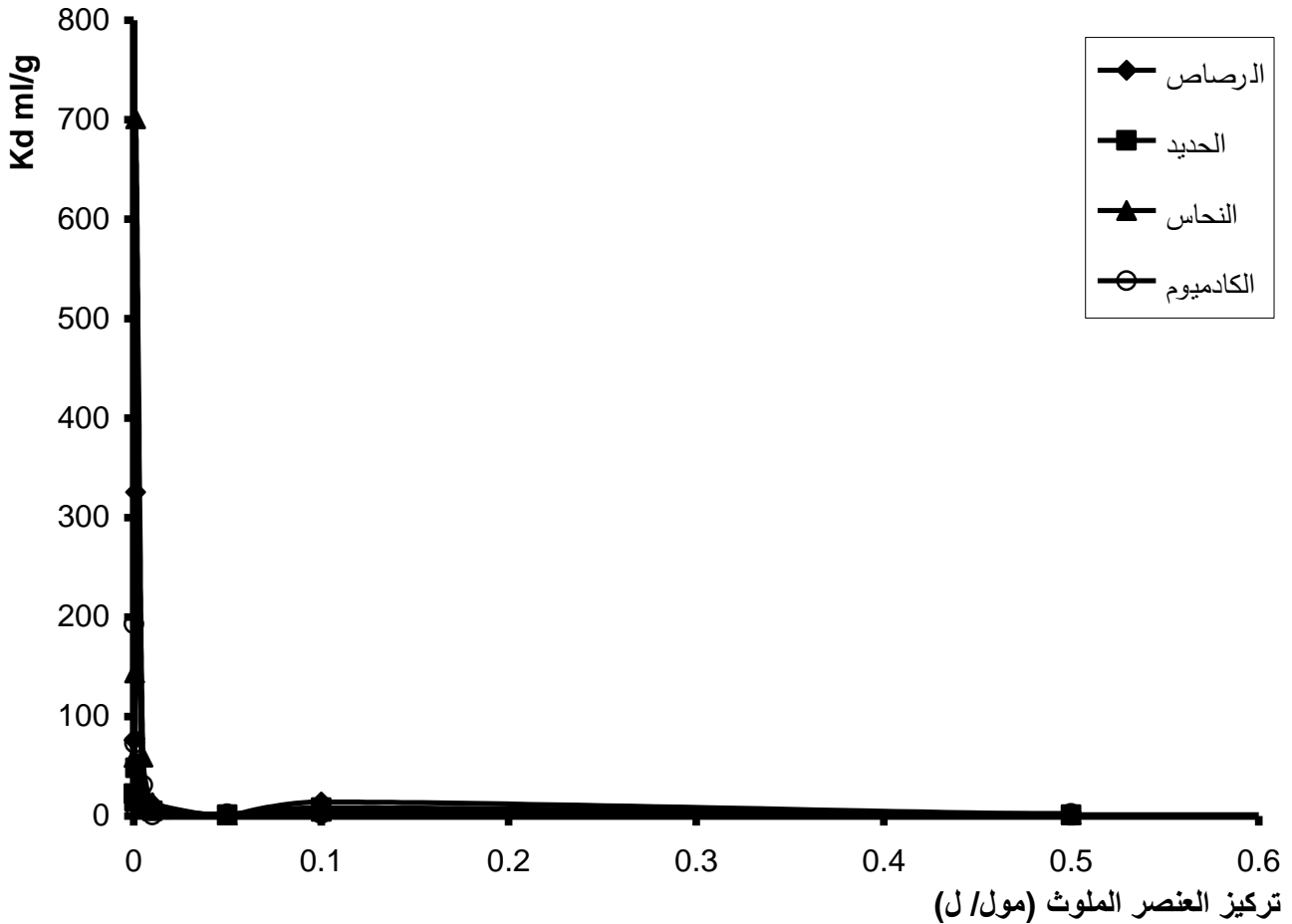
يوضح الشكل (6) تغير معاملات توزع كل من الكاديوم والنحاس والرصاص والحديد بتابعة الـ pH. أيضاً، وباستثناء الكاديوم، فإن الشكل العام لتغيرات القيم اللوغارتمية لمعامل التوزع يتناقص كلما نحت قيم الـ pH نحو الأوساط القلوية، إلا أنه من المهم أن نشير هنا إلى إمكانية الوصول إلى قيم حدية مرغوبة من معامل التوزع في الأوساط المائية ذات الصفة الحمضية الطبيعية، حيث إنه، وفي هذا المجال من قيم الـ pH، يمكن لحظ القيم الملموسة لمعامل توزع الكاديوم.



الشكل (6): تغير معاملات توزع كل من الكاديوم والنحاس والرصاص والحديد بتابعة الـ pH، وذلك عند تركيز ثابت من العناصر ويساوي 0.001 مول / لتر.

تغير معامل التوزع بتابعية تركيز العنصر الملوّث:

يوضح الشكل (7) تغير معاملات توزع كل من الكاديوم والنحاس والرصاص والحديد بتابعية تركيز العنصر الملوّث.

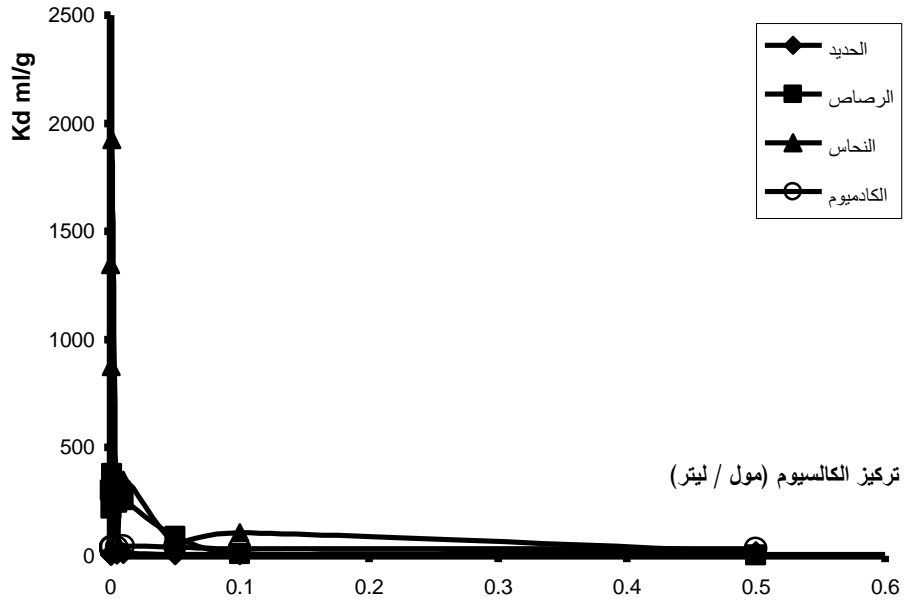


الشكل (7): تغير معاملات توزع كل من الكاديوم والنحاس والرصاص والحديد بتابعية تركيز العنصر الملوّث.

يُلاحظ أنه، ومهما تغيرت تراكيز العنصر الملوّث، فإن قيم معامل توزع العناصر الملوّثة لا تتغير، مما يؤكد على إمكانية استخدام رمال منطقة البدرسية كمرشحات طبيعية للمياه الملوّثة بهذه العناصر مهما كانت حملتها من هذه العناصر.

تغير معامل التوزع بتابعية تركيز عنصر منافس (الكالسيوم):

يوضح الشكل (8) تغير معاملات توزع كل من الكاديوم والنحاس والرصاص والحديد بتابعية تركيز عنصر منافس (الكالسيوم)، حيث أستخدمت نترات الكالسيوم من أجل تحضير التراكيز المطلوبة من الكالسيوم كعنصر منافس، أيضاً،



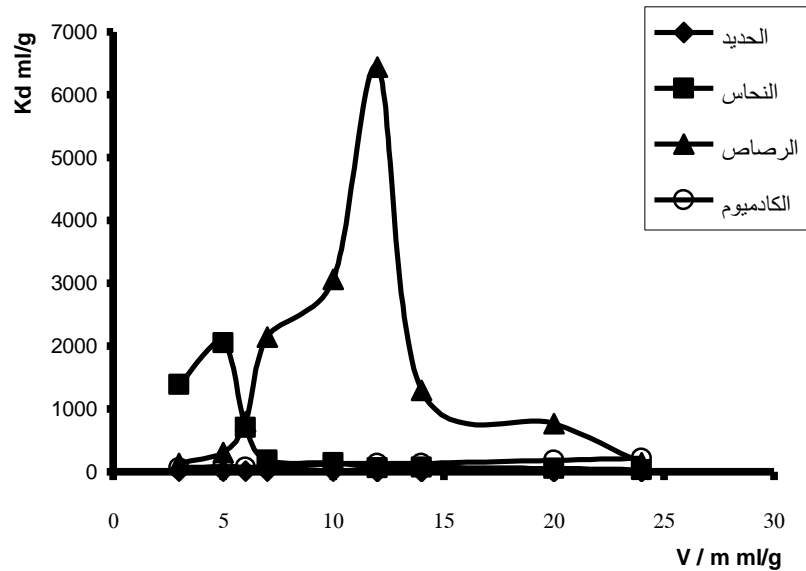
الشكل (8): تغير معاملات توزع كل من الكاديوم والنحاس والرصاص والحديد بتابعة تركيز عنصر منافس.

وكما هو واضح من هذا الشكل، فإن قيم معامل التوزع لكافة العناصر الملوثة المدروسة لا تتأثر بتغيرات تركيز الكالسيوم، مما يؤكد على السعة التبادلية الكبيرة لرمال منطقة البدرسية على اعتبار أن الكالسيوم لا يلعب دور عنصر منافس في المنظومة المدروسة، وإنما يسلك سلوكاً مماثلاً للعناصر المدروسة.

تغيرات معامل التوزع بتابعة النسبة V/m :

يوضح الشكل (9) تغير معاملات توزع كل من الكاديوم والنحاس والرصاص والحديد بتابعة تركيز النسبة V/m

.m



الشكل (9): تغير معاملات توزع كل من الكاديوم والنحاس والرصاص والحديد بتابعة النسبة V/m .

يلحظ من هذا الشكل بأن كل من الكاديوم والحديد لا يتأثرا بتغيرات النسبة V / m ، في حين يبدي كل من النحاس والرصاص سلوكين مختلفين، إذ إن أعلى قيمة لمعامل توزع النحاس سُجلت عند القيمة 5 للنسبة V / m ، في حين تبدي تغيرات معامل توزع الرصاص بتابعية النسبة V / m شكلاً غوصياً وتصل ذروتها عند القيمة 12 للنسبة V / m . إلا أنه يمكن السيطرة على هذه السلوكيات المتباينة بتمرير الدفق المائي الملوّث على عدة مرشحات تكون حشوتها من رمال منطقة البدرسية.

مناقشة النتائج:

1. التحليل الفلزي:

تنسجم معطيات دراسة تغيرات التحليل الفلزي بتابعية النسبة المئوية لـ SiO_2 ، وبصورة ملموسة، مع النتائج المقدمة من قبل John Charles White وآخرون [10]، حيث تم، ومن خلال نتائج دراستنا هذه، التأكيد على الخاصية المعيارية لتوصيف الرمال والمتمثلة بتناقص التركيز الفلزي للموس (خاصةً الكالسيت) مع تزايد النسبة المئوية لـ SiO_2 .

2. التحليل العنصري:

قدّمت هذه الدراسة نتائج تحليل لستة عشر عنصراً في رمال الساحل السوري. ولدى دراسة تغيرات تركيز هذه العناصر بتابعية النسبة المئوية لـ SiO_2 ، تبين وجود استقرار في تركيز العناصر مع لحظ ميل هذا الاستقرار نحو الزيادة بتابعية النسبة المئوية لـ SiO_2 . وهذه الملاحظة تنسجم تماماً مع النتائج التي توصل إليها كل من Bindeman و Davis [11]، حيث لم يلحظ أي اعتماد لتركيز العناصر على النسبة المئوية لـ SiO_2 . هذا من جهة، من جهة ثانية، ولدى ربطنا لنتائج التحليل الفلزي مع نتائج التحليل العنصري لم نلاحظ أية شذوذات تحليلية، مما يؤكد على عدم وجود شذوذات بيئية ملموسة وذلك على امتداد الساحل السوري.

3. تغير معاملات التوزع بتابعية زمن خلط الطورين:

عادةً يحدد الزمن المطلوب للوصول إلى حالة مستقرة من انتقال العنصر الأيوني من الوسط المائي إلى سطح الطور الصلب، يحدد ما يسمى بالوصول إلى الزمن الذي يعكس وصول حالة الامتزاز إلى التوازن [3]. وكما هو ملاحظ من نتائج هذه الدراسة، فإن عمليات الامتزاز السريع (كالتبادل الأيوني) ستكون خاضعة لانتشار العنصر الملوّث عبر السطح وصولاً إلى مواقع الامتزاز. وباستثناء الكاديوم، فإن قيم معامل توزع الـ Cu، والـ Pb، والـ Fe لا تتغير نسبياً بتابعية زمن خلط الطورين، وهذا يعني الوصول إلى التوازن بسرعة كبيرة جداً. في حين يعكس سلوك الكاديوم امتزازاً بطيئاً يخضع لقانون الحركة البطيئة [12].

4. تغير معاملات التوزع بتابعية الحجم الحبيبي:

أيضاً، وباستثناء الكاديوم، تظهر نتائج هذه الدراسة زيادة انتقال العنصر من الوسط المائي إلى سطح الطور الصلب بازدياد السطح النوعي المتاح، وهذا ينسجم تماماً مع الآلية المهيمنة والمتمثلة بازدياد نسبة التثبيت بصورة تتناسب عكسياً مع الحجم الحبيبي [13]. وهنا، يمكن التأكيد على أن المعامل المهيمن هو إما امتزاز كيميائي أو فيزيائي [3]، والذي تزداد فعاليته بازدياد سطح الطور الصلب. فمن المعروف أن سطح الطور الصلب يتناسب مع

المقدار $\frac{1}{f}$ ، حيث f قطر جسيمات الطور الصلب. ومن خلال نتائج هذه الدراسة، تم لاحظ هذا السلوك لكل من النحاس والحديد والرصاص. أما عندما يتعلق الأمر بالكاديوم، فإنه من الهام أن نشير إلى احتمال وجود آلية أخرى (غير آلية الامتزاز) تتحكم بالتفاعل الجاري.

5. تغير معاملات التوزع بتابعية درجة الحموضة:

هنا، وكما تظهر نتائج هذه الدراسة، باستثناء الكاديوم، فإن القيم اللوغارتمية لمعامل التوزع تتناقص بتابعية الـ pH، مما يؤكد على هيمنة ظاهرة الامتزاز في المنظومة ذات الطورين. ولكن، وكما هو ملاحظ، وعند درجات حموضة ذات صفة قلوية، تتوافق آلية الامتزاز مع آلية تشكل هيدروكسيدات منحلة لكل من النحاس والحديد والرصاص مما يعيق الترسيب المتزامن وانخفاض قيم معامل التوزع بتابعية الـ pH [14]. من جهة ثانية، وفيما يتعلق بسلوك الكاديوم، فمن المحتمل أن تكون هيدروكسيدات الكاديوم المتشكلة من أصناف الكاديوم المائية ذات طبيعة غير غروية عند درجة pH قلوية، مؤدياً ذلك إلى الترسيب المتزامن لهيدروكسيدات الكاديوم على سطح الطور الصلب، وبالتالي زيادة قيم معامل التوزع [15].

6. تغير معاملات التوزع بتابعية تركيز العنصر الملوث:

تعكس دراسة تغيرات معامل التوزع بتابعية العنصر الملوث السعة التبادلية للطور الصلب أو بمعنى آخر تعطي تصوراً موضوعياً عن عدد المواقع المتاحة على سطح الطور الصلب. وبهذا الخصوص يشير Veersh وآخرون [16] إلى عدم وجود علاقة تربط بين تغيرات قيم معامل التوزع وتركيز العنصر الملوث، وهذا ما تؤكد تماماً نتائج هذه الدراسة. بمعنى آخر، يمكن تطبيق نتائج هذه الدراسة على مياه الشرب ومياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصناعي آخذين بعين الاعتبار تبدلات تركيز العنصر الملوث. هذا من جهة، من جهة ثانية، تشير استقرارية تغيرات قيم الـ Kd بتابعية تركيز العنصر إلى أن معدل الامتزاز مساوياً تقريباً إلى معدل الالتقاط في المنظومة ذات الطورين: صلب-سائل [17].

7. تغيرات معامل التوزع بتابعية تركيز عنصر منافس (الكالسيوم):

يشكل تركيز عنصر الكالسيوم في المياه التركيز الأكثر أهمية كونه ملموساً وفي الوقت ذاته منافساً لاحتلال المواقع المتاحة على سطح الجسم الصلب، مما قد يؤدي إلى إنقاص قيم معامل التوزع عبر آلية التبادل الإيزوتيرمي [12]. ومن جهة ثانية، يمكن لدراسة تأثير تركيز عنصر منافس على معامل التوزع Kd في منظومة ذات طورين أن تعكس ظاهرتين مختلفتين:

1. بواسطة الامتزاز الكيميائي أو الفيزيائي، حيث تقود الزيادة في تركيز العنصر المنافس إلى زيادة في نسبة العنصر الملوث في الطور المائي وذلك بسبب أن المواقع الفعالة من سطح الطور الصلب تُحتل من قبل العنصر المنافس [3].

2. إن زيادة تركيز العنصر المنافس تقود إلى ترسيب أو ترسيب متزامن للعناصر الملوثة، وينعكس ذلك في إنقاص كمية العنصر المنافس في الطور المائي وبالتالي ارتفاع في قيم معامل التوزع. إلا أن نتائج هذه الدراسة تشير إلى استقرارية في قيم معامل التوزع بتابعية تركيز الكالسيوم، كعنصر منافس مما يؤكد على السعة التبادلية الكبيرة لرمال منطقة البدرسية حيث يسلك الكالسيوم سلوكاً مشابهاً لبقيّة العناصر المدروسة ولا يدخل معها في منافسة.

8. تغيرات معامل التوزع بتابعية النسبة V/m:

من العلاقة التالية التي تعطي معامل التوزع:

$$K_d = \frac{C_i - C_f}{C_f} \times \frac{V}{m}$$

نلاحظ أن قيمة معامل التوزع تزداد بازدياد النسبة V/m . فالزيادة في كمية الطور الصلب ستؤدي إلى زيادة إمكانية تفاعلات الجسيمات مع بعضها بعض مؤدياً ذلك إلى "انسداد" فيزيائي لبعض مواقع الامتزاز على سطح الطور الصلب مما ينعكس سلباً على قيم معامل التوزع. من جهة ثانية، يمكن أن تؤدي زيادة كمية الطور الصلب إلى حدوث تأثيرات متبادلة الكترولستاتيكية [18] كالفعل الذي تمارسه الشحنات السطحية الكهربائية للجسيمات المتجاورة، والمتمثل في إنقاص التجاذب بين الأيون المعدني والمواقع المتاحة على سطح الطور الصلب. عموماً، نلاحظ من نتائج هذه الدراسة، أن القيمة المثلى للنسبة V/m كانت مساوية للعشرة، وهي النسبة المعمول بها على امتداد الدراسة.

الاستنتاجات

تظهر نتائج هذه الدراسة، وبوضوح، الإمكانية الكبيرة للاستخدام المباشر لرمال منطقة البدرسية في تصنيع حشوة المرشحات الرملية لتنقية الأطوار المائية (مياه الشرب، مياه الصرف الصحي، مياه الصرف الصناعي). ويمكن تحسين أداء المرشحات الرملية عبر ضبط درجة حموضة مياه الدخول خاصة بعد أن بينت نتائج هذه الدراسة عدم تأثر المنظومة المدروسة بوجود عنصر منافس كالكالسيوم نتيجة السعة التبادلية العالية لرمال منطقة البدرسية. هذا من جهة، من جهة ثانية، ونتيجةً للتماثل في الخواص الفيزيائية والكيميائية لعنصري الكالسيوم والراديوم، فإنه بالإمكان استثمار المنظومة المدروسة لتخليص المياه المرافقة لصناعة النفط والغاز من محتواها من نظيري الراديوم-226، والراديوم-228 كنظيرين مشعنين يشكلان خطراً كبيراً على المحيطين اليابس والحيوي.

المراجع:

- 1 ADLOFF, J.P. and GUILLAUMONT R. – *Fundamentals of Radiochemistry*, CRC Press, 1993.
- 2 GHAFAR, M., *Etude du Partage des Alcalino-Terreux Entre des Phases Aqueuses et des Phases Solides*, Institut de Physique Nucléaire, Orsay, France, 1990.
- 3 GHAFAR, M., ABDUL-HADI, A., and ALHASSANIEH, O., – *Distribution of Some Elements in a Solid-Aqueous System: Mineral Phosphate in Contact with Groundwater*, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 254, N° 1, 2002, pp. 159-163.
- 4 CLEASBY, J.L. – *Water Quality and Treatment*, 4th ed, American Water Works Association, Denver, Co, 1990.
- 5 SCHEUCH, L.E. and EDZWALD, J.K. - American Water Works Association, Vol. 73, 1981, p. 497.
- 6 DART, F. J. and FOLEY P.D. - American Water Works Association, Vol. 62, 1970, p. 663.
- 7 FAUST, S.D. and ALY, O.M. – *Chemistry of Water Treatment*, 2th, CRC Press, 1998.

- 8 *Radioactive Waste Management Glossary*, International Atomic Energy Agency, IAEA, Vienna, 2003 Edition.
- 9 *Regulating and Remediating Environments with Residues from Naturally Occurring Radioactive Materials (NORMS)*, International Atomic Energy Agency, IAEA, Vienna, 2004 Edition.
- 10 WHITE, J.C., HOLT, G.S., PARKER, D.F., and REN, M., – *Trace-Element Partitioning Between Alkali Feldspar and Peralkalic Quartz Trachyte to Rhyolite Magma. Part I: Systematics of Trace-Element Partitioning*. American Mineralogist, Vol. 88, 2003, pp. 316-329.
- 11 BINDEMAN, I. N. and DAVIS, A. M. – *Trace Element Partitioning Between Plagioclase and Melt: Investigation of Dopant Influence and Behavior*, *Geochemica et Cosmochemica Acta*, Vol. 64, 2000, pp. 2863-2878.
- 12 HUREL, C., MARMIER, N., SEBY, F., GIFFAUT, E., BOURG, M., and FROMAGE, F., – *Sorption Behavior of Coesium on a Bentonite Sample*, *Radiochemica Acta*, Vol. 90, 2002, pp. 695-698.
- 13 SAUVE, S., NORVELL, W., MCBRIDE, M., HENDERSHOT, W., – *Speciation and Complexation of cadmium in Extracted Soil Solutions*, *Environmental Science & Technology*, Vol. 34, 2000, pp. 291-296.
- 14 MARTIN, L., BLASCO, J., CANALES, M., SALES, D., and DELVALLS, A., – *Bioaccumulation and Toxicity of Dissolved Heavy Metals from the Guadalquivir Estuary After the Aznalcollar Mining Spill Using Ruditapes Philippinarum*, *Arch. Environ. Contam. Toxicity*, Vol. 48, 2005, pp. 233-241.
- 15 CUENOT, F., MEYER, M., BUCAILLE, A., and GUILARD, R., – *A molecular Approach to Remove Lead from Drinking Water*, *Journal of Molecular Liquids*, Vol. 118, 2005, pp. 89-99.
- 16 VEERESH, H., TRIPATHY, S., CHAUDHURI, D., BART, B.R., and POWELL, M.A., – *Competitive Adsorption Behavior of Selected Heavy Metals in Three Soil Types of India Amended with Fly Ash and Sewage Sludge*. *Environmental Ecology*, Vol. 44, 2003, pp. 363-370.
- 17 FULLER, C.C., BARGAR, J.R., DAVIS, J.A., and PIANA, M.J., - *Mechanism of Uranium Interactions with Hydroxyapatite: Implication for Groundwater Remediation*, *Environmental Science & Technology*, Vol. 36, 2002, pp. 159-165.
- 18 DUBE, J.S., WINIARSKI, T. and GALVEZ-CLOUTIER, R., – *Effect of the Initial Soil Water Saturation on the Behavior of a Mixed LNAPL and Heavy Metal Contaminated Glaciofluvial Deposit*, *European Journal of Soil Science*, Vol. 54, 2003, p. 517.