

تأثير مياه الصرف الصناعي على

نوعية مياه وادي بوسلام

والمناطق المحيطة به،

ولاية سطيف، شمالي شرق الجزائر

د. زهير بولقراقر، أ.د. هشام شافعي

تأثير مياه الصرف الصناعي على نوعية مياه وادي بوسلام والمناطق المحيطة به،

ولاية سطيف، شمالي شرق الجزائر

Impact of industrial effluents on the water quality of Boussellam valley and

surrounding areas, Setif, Northeastern Algeria.

د. بولقراقر زهير^{1,2}، أ.د. شافعي هشام²

1- كلية علوم الطبيعة والحياة، جامعة فرحات عباس-سطيف.

2- مخبر الموارد المائية والتنمية المستدامة، كلية علوم الأرض، جامعة باجي مختار-عنابة.

تاريخ القبول: 29 مارس 2022

تاريخ الإرسال: 17 فيفري 2022

الملخص (Abstract)

يعدّ التلوث ظاهرة عالمية تصيب اليابسة والماء والهواء. حيث يشكل تلوث المياه خطورة كبيرة وتحديًا عالميًا يهدد باستمرار الحياة على الأرض لما للمياه من دور فعال في الحياة اليومية.

ينتج تلوث المياه عن عدّة أسباب يمكن تلخيصها في ثلاثة أنواع: التلوث الناتج عن النفايات المنزلية والتي ترتبط بالنشاط اليومي للإنسان كالصرف الصحي وغيره. النوع الثاني من التلوث يمكن ربطه بالنشاط الفلاحي حيث تستعمل كثير من الأسمدة والمبيدات الزراعية والتي تختلط بالمياه السطحية أو الجوفية فتؤدي إلى تلوثها. النوع الثالث هو التلوث الناتج عن النشاط الصناعي وما ينتج عنه من نفايات صلبة وسائلية والتي كثيرا ما ترمى في محيط النشاط دون أي علاج أو إعادة تدوير. لا تمثل الجزائر استثناء بالنسبة لهذه الظاهرة،

حيث تعاني مناطق كثيرة منها، من بينها المنطقة التي قمنا بدراستها وهي منطقة سهل بوسلام بولاية سطيف.

يمثل سهل بوسلام الجزء الأكبر من حوض بوسلام المنبع، حيث يتوسطه وادي بوسلام والذي يمثل الرافد الرئيسي في الحوض. هذا الوادي يتعرض إلى كارثة بيئية حيث يعتبر مفرغا للنفايات بكل أنواعها منها المرتبطة بالنشاط اليومي للإنسان والفلاحي وكذا الصناعي، مما عرض مياهه للتلوث وتغير لونها للأسود خاصة في فترة الجفاف. حيث أن أغلب النفايات التي تلوث مياه واد بوسلام مصدرها مدينة سطيف والمنطقة الصناعية والنشاط الفلاحي على طول الوادي الذي يصب في سد عين زادة. هذا الأخير، يعتبر المصدر الرئيسي لمياه الشرب في المنطقة التي تحتضن ما يقارب المليون نسمة. لقد قمنا بهذا العمل لمحاولة تحديد مدى تأثير واد بوسلام بالتلوث الصناعي

Abstract

Pollution is a global phenomenon affecting land, water and air. Water pollution is a major threat and a global challenge that threatens the persistence of life on earth, because as water plays an active role in daily life. Water pollution results from several causes that can be summarized in three types: domestic pollution which is related to the human daily activity such as the waste water and others. The second type of pollution can be linked to the agricultural activity, where many fertilizers and pesticides are used, mixed with surface or groundwater, leading to contamination. The third type is pollution from industrial activity and the resulting solid and liquid wastes, which are often dumped into the surrounding areas without any treatment or recycling. Algeria is no exception to this phenomenon. Many areas have been contaminated, including the area we studied, which is the Boussellam plain region in the state of Setif. The Boussellam plain represents the major part of the Boussellam Basin, where is mediated by the Boussellam valley, which is the main tributary of the basin. This valley is considered as a zone of evacuation of the various solid and liquid waste which are

الناتج أساسا من نشاط المنطقة الصناعيّة وتأثيره على المحيط المجاور وذلك عبر دراسة تطوّر أربع عناصر وهي الكاديوم، والنحاس، والرصاص، والزّئبق في مرحلتي المياه المرتفعة والمنخفضة خلال سنتي 2014 و2016.

Key-words: وادي بوسلام، ماء، تلوث صناعي، معادن ثقيلة، سطيف.

related to the human daily activity also to agricultural and industrial activities. This exposed its water to pollution and changed its color to black, especially during the drought period. Most of the waste that pollutes the water of Boussellam valley comes from the city of Sétif and from the industrial area and agricultural activity along the valley that drains into the Ain Zada dam. This dam is the main source of drinking water in the region with nearly one million people. We've done this work to try to determine the extent to which the Boussellam valley was affected by the industrial pollution resulting mainly from industrial activity and its impact on the surrounding area. And that's through studying the evolution of four elements: cadmium, copper, lead, and zinc in the high and low water stages in 2014 and 2016.

Keywords : Boussellam valley, Water, Industrial pollution, Sétif.

1- المدخل (Introduction)

يغطي سهل بوسلام المنبع الذي يمثل موضوع الدراسة غالبية الجزء العلوي لحوض وادي بوسلام الأكبر، يحدّ شرقا وغربا بالحدود الطبيعية لحوض المنبع وشمالا بالحدود الإدارية الشمالية لبلديتي سطيف وعين أرنات ومن الجنوب بالحدود الإدارية الجنوبية لبلديات تكستاروعين تاغروت وقجال

(الشكل 1). يمثل حوض بوسلام المنبع الفرعي 35٪ من مساحة حوض بوسلام الأكبر، الذي يمتدّ على الهضاب العليا بمساحة 1785 كم² على جزء من أراضي ولاية سطيف الواقعة في شمال شرق الجزائر رمزها: 15 06 حسب وكالة الأحواض الهيدروغرافية الجزائرية، حيث يبلغ طول وادي بوسلام 65 كم.

يستقبل حوض وادي بوسلام حوالي 764 مليون متر مكعب في السنة ما يمثل إمكانات مائية كامنة مهمة، لأنه بعد التبخر يتبقى فقط 190 مليون متر مكعب في السنة. 80٪ من هذه الكمية يمثل الماء القابل للاستغلال، بينما في الواقع لا يتم استغلال سوى فقط 60 مليون متر مكعب في السنة حيث يتم تقسيمه كالتالي: حوالي 70٪ لإمداد السكان بمياه الشرب، 18٪ للزراعة والباقي 12٪ للصناعة [2].

واحدة من المشاكل الرئيسية التي تهدد سهل بوسلام بمخاطر التلوث هي مياه الصرف الصناعي للمنطقة الصناعية لولاية سطيف وكذا بعض النشاطات ذات الطابع الصناعي مثل الطرقات والمواد الطبية والمتاجر التي تخلف وراءها معادن ثقيلة مثل الصناعات الغذائية ومرآب تصليح السيارات ... الخ الهدف من هذه الدراسة هو تحديد مصادر التلوث لبعض العناصر الصناعية وتحديد الكاديوم، والنحاس، الرصاص، والزنك وتطورها، وكذلك الإجراءات التي يجب الالتزام بها للحفاظ على جودة المياه في هذه المنطقة التي تمثل واحدة من الأراضي الخصبة في الجزائر التي تتميز بنشاط زراعي واسع وخاصة الحبوب.

قام العديد من الباحثين بتطوير أساليب مختلفة حول قضايا مماثلة وجميعها توصلت إلى نفس الاستنتاجات والتي نشرت في عدة مجلات [1]، [3]، [4]، [5]، [6]، [7]، [8]، [9]، [11]، [12]، تناول هذه الدراسات المختلفة حالات تلوث المياه في الأحواض ذات نفس الطابع الاجتماعي والاقتصادي والبيئي.

II- المواد والطرائق (Materials and methods)

الموقع الجغرافي ووصف منطقة الدراسة:

وادي بوسلام هو الرافد الرئيسي لوادي الصومام بطول 150 كم ومساحة 5010 كم² ينقسم إلى أربعة أحواض فرعية: بوسلام المنبع (C: 15 06 = S 1785 كم²) بوسلام الأوسط (C: 15 07 = S 1234 كم²) بوسلام المعين (C: 15 08 = S 930 كم²) وبوسلام المصب (C: 15 09 = S 1061 كم²).

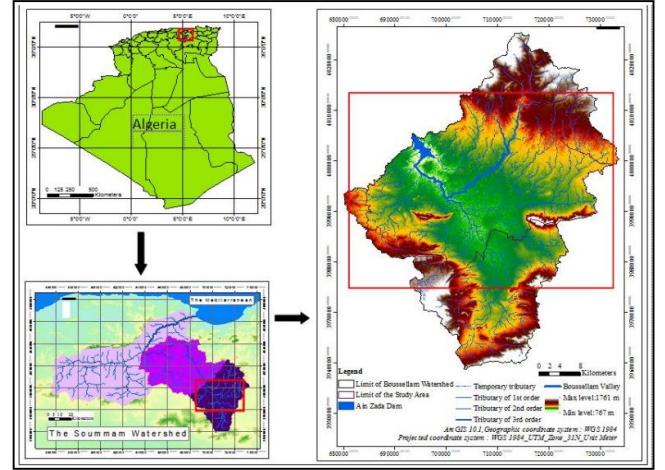
متوسط ارتفاع حوض بوسلام المنبع هو حوالي 1000 م. قطاع الارتفاع الذي يتجاوز 1300 م هو صغير جدًا في الحوض (0.57%)، يتوافق مع الجبل الواقع في شمال الحوض: جبل مقرس (1737 م). مناطق الارتفاع بين 1200 و1600 م تغطي مساحة 151 كم² أو حوالي 8.47% من المنطقة الإجمالية حيث تتواجد السفوح الجنوبية لمرتفعات مقرس مجونس، مترونا، تارماونت، منقروجبال أيسيل. أما قطاع الارتفاعات من 1000 إلى 1200 م تغطي مساحة 557.15 كم²، أو 31.21% من المساحة الكلية وتخص السهل المرتفعة في الشمال والجنوب. أخيرًا قطاع الارتفاع الذي يتراوح بين 800 متر و1000 متر

تنتشر على مساحة 1066.28 كم² أو 59.73% وتتعلق بالسهل الواسعة التي تمتد على ضفتي الوادي حتى سد عين زاده. يمكن التحليل المورفولوجي للمنطقة من تقييم عدد من المعلومات الهامة التي ترتبط ارتباطًا وثيقًا بالطبيعة الجيولوجية الصخرية وتضاريس الحوض. يتميز حوض وادي بوسلام المنبع بشكل ممدود مما يسمح للمياه الناتجة عن التساقط أن تستغرق وقتًا أطول للوصول إلى المنفذ. بحيث خاصية (زمن التركيز) تتطلب 27.19 ساعة، وهي مدة مهمة لتقييم الفيضانات. كما أن متوسط الارتفاع هو 1000 متر، مما يعطي الحوض المنبع مظهرًا متكافئًا (قوي الشكل). كثافة الصرف هي 3.03 كم / كم² مما يؤدي إلى جريان سريع إلى حد ما خاصة وأن الحوض يتميز بتضاريس قوية: 250 م > الكثافة المميزة > 500 م. يتميز مناخ حوض بوسلام المنبع بتساقط معتدل يختلف من منطقة لأخرى وكذلك من سنة لأخرى حيث أنه مرتفع في الشمال ومنخفض في الجنوب. تبعًا للتضاريس ودرجات الحرارة التي تختلف قليلًا بين مركز منطقة الدراسة وشمالها وجنوبها، دراسة المؤشرات المناخية تؤكد أن منطقة الدراسة تنتهي إلى المنطقة شبه الجافة حيث تتأثر بمناخ البحر الأبيض المتوسط الرطب الذي يتميز بالتيارات الباردة في الشتاء والمناخ الصحراوي ذو التيارات الدافئة في الصيف.

مختبرات الجزائرية للمياه (ADE) بسكيدة و سطيف للفترات أفريل 2014 ، أكتوبر 2016 و أفريل 2016. الخصائص الفيزيائية والكيميائية (pH و درجة الحرارة و الملوحة) تم قياسها في الموقع. تم أخذ العينات من 15 بئرا في السهل و 6 محطات على طول

وادي بوسلام من أجل تقييم التأثير الذي قد يكون موجودا بين الوادي والسهل.

تم إنتاج الخرائط في مخبر الجيولوجيا في كلية العلوم بجامعة تونس 2015 و في مخبر الموارد المائية والتنمية المستدامة (REDD) قسم الجيولوجيا بجامعة-عناية في 2017 على أساس صور الأقمار الصناعية الرقمية (DTM) و (GDM) التي تمت معالجتها في برنامج ArcGis.



الشكل 1. الموقع الجغرافي لحوض وادي بوسلام المنبع

أخذ العينات:

تم أخذ عينات هذه الدراسة من وادي وأبار سهل بوسلام المنبع على أربع فترات للحصول على فكرة عن التطور السنوي والموسمي للعناصر الثقيلة الأربعة الكاديوم، النحاس، الرصاص، والزنك وذلك من أجل دراسة التلوث الصناعي لوادي بوسلام والمنطقة المحيطة (الشكل 2)، حيث تم إجراء تحاليل كيميائية خلال فترة المياه المنخفضة والمياه المرتفعة بين عامي 2014 و 2016 ، أجريت هذه التحليلات في مختبر معهد علوم وتكنولوجيا المياه بقابس (ISSTEG) وفي مختبر كلية العلوم قابس في تونس في فترة أكتوبر 2014 ، وفي

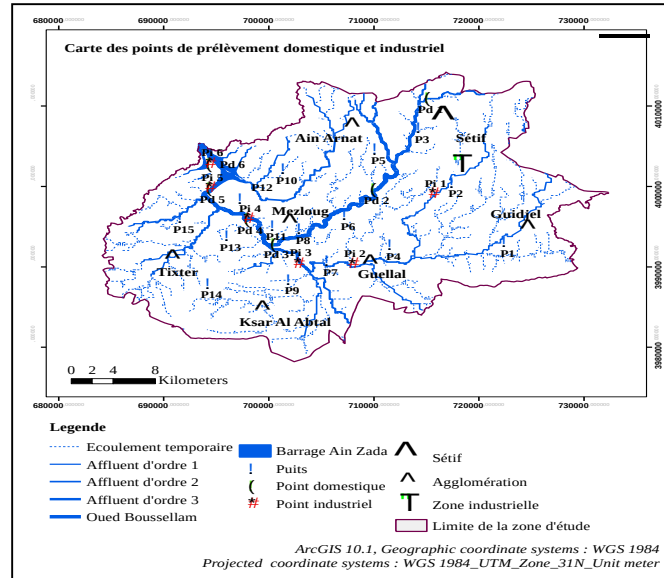
Table 2. The sampling points in the Boussellam plain.

Water point (wells)	X (m)	Y (m)	Z (m)
P1 (Witness)	722771,57	3993150,06	951
P2	717816,53	4000502,71	969
P3	714619,72	4007295,92	1065
P4	711902,44	3992750,46	918
P5	710463,68	4004658,56	981
P6	707586,76	3996505,79	938
P7	705908,43	3990752,46	869
P8	703290,35	3994748,46	911
P9	702232,11	3988434,78	910
P10	701752,59	4002181,03	944
P11	700713,63	3995148,07	902
P12	697676,67	3998504,71	870
P13	696397,94	3993869,34	890
P14	694559,78	3987955,26	938
P15	691922,42	3996107,11	906

Geographic coordinate system: WGS 1984

Coordinate projection system: WGS 1984_UTM_31 N_ Unit Meter

الشكل 2. الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة



الخصائص الفيزيائية والكيميائية درجة

الحرارة و الرقم الهيدروجيني pH:

تتراوح درجات حرارة المياه في غالبية الآبار بين 17 و 24 درجة مئوية، وهذا يختلف حسب الفترة التي تم فيها القياس حيث سجلت القيم الدنيا في فترة المياه المنخفضة (أكتوبر 2014 و 2016) كما تراوحت قيم pH بين 6.8 و 7.5 مع اختلاف طفيف من نقطة إلى أخرى ومن فترة لأخرى.

الملوحة:

تتراوح درجة ملوحة الماء بين 600 مغ/ل و 1200 مغ/ل لجميع نقاط المياه وعلى مدى الفترات الأربع حيث يبقى ضمن معايير مياه الصالحة للشرب (> 3000 مغ/ل) وصلابة الماء تصل إلى 35 درجة فرنسية في أكتوبر 2014

بالنسبة للبئر P1 إلى 73 درجة فرنسية في أبريل 2016 بالنسبة للبئر P8 ما يعطي مظهر الماء العسر (من 30 إلى 40 مغ/ل) إلى الماء العسر جدا (+ 40 مغ/ل) كذلك الناقليّة المحسوبة تتراوح بين 900 ميكروسيمنس/سم و 1600 ميكروسيمنس/سم، مما يسمح لنا بتصنيف الماء في فئة المياه الجيدة للري حسب تصنيف ويلكوكس.

السحانات الكيميائية:

تحليل تركيب الأيونات الرئيسية وتوزيعاتها في مخطط بيير يجعل من الممكن التمييز بين ثلاث سحانات كيميائية رئيسية وهي كلوريد الكالسيوم و بيكربونات الكالسيوم و كبريتات المغنيسيوم باستثناء البئر رقم P9 والتي هي كبريتات الكالسيوم (الشكل 3).

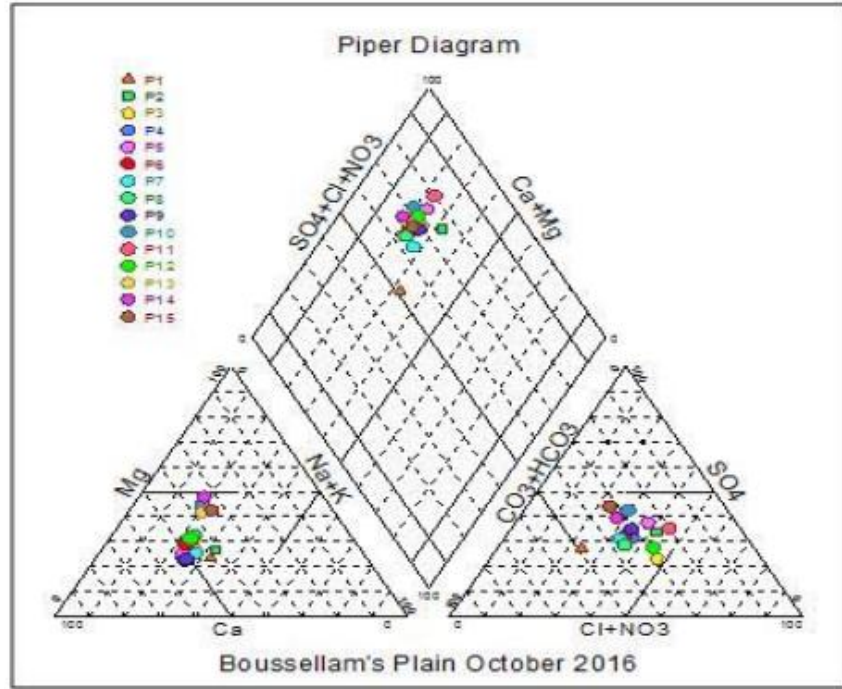
تأثير مياه الصرف الصناعي على

نوعية مياه وادي بوسلام

والمناطق المحيطة به،

ولاية سطيف، شمالي شرق الجزائر

د. زهير بولقراقر، أ.د. هشام شافعي



الشكل 03: التمثيل البياني للسحانات الكيميائية- بيبر

السحانات الثالثة هي سحانات كبريتات

المغنيسيوم التي تميز الآبار P10، P13، و P14 و P15 التي تغطي الجزء الغربي من السهل. يمكن تفسير المحتويات العالية من الكبريتات والمغنيسيوم من خلال التبادل الكاتيوني بين تكوينات الجبس والدولوميت وكذلك بسبب إذابة الأسمدة المحتوية على هذين العنصرين مثل ملح إبسوم (Epsom) الذي يشكل مصدر المغنيسيوم والكبريتات. بئر واحد فقط والذي هو (P9) يتميز بسحانات كبريتات الكالسيوم و قد يكون هذا بسبب انحلال الجبس الموجود محليا في المنطقة.

هذه السحانات الكيميائية عثر عليها في فترة

المياه المنخفضة في أكتوبر 2016 وهي لا

تختلف كثيرا عن الفترات الأخرى من أفريل

تم العثور على سحانات كلوريد الكالسيوم

في الآبار P2، P3، P4، P5 و P11 و P12 و

التي تقع في الجزء الشمالي والشرقي من منطقة

الدراسة. هذا التمعدن يمكن تفسيره بوجود

التكوينات الغرينية الملحية لأواخر العصر

الثلاثي وبدايات العصر الرباعي وهي مارل

الجبس، الدولوميت الترياسي والسينوماني،

فضلا عن تلوث هذه المياه بمياه وادي بوسلام

الذي يحتوي على مكونات أعلى من الكلوريد،

بينما سحانات بيكربونات الكالسيوم موجودة

في الآبار P1 و P6 و P7 و P8 والتي تقع في وسط

السهل. هذا التمعدن هو بالتأكيد بسبب

تشكيلات الكربونات المتاخمة لترسبات

الطبّاشير والحجر الجيري الطبّاشيري. نوعية

2014، أكتوبر 2014 و أبريل 2016 مع ذلك فإن الاختلافات الطفيفة يمكن تفسيرها من خلال تخفيف تراكيز مياه السهل بتساقط الأمطار وذوبان التكوينات والتشكيلات التي تعود للعصر الرباعي مثل المتبخرات المكلورة والجبس وكذا التلوث الآتي من وادي بوسلام الذي يمثل مصدراً حقيقياً للتلوث خاصة بالنسبة للآبار القريبة من مجراه.

III- النتائج و المناقشة (Results and discussion)

الكادميوم (Cd) :

معدن الكادميوم هو مكون طبيعي للصخور والتربة ترتبط خاماته بخامات الزنك والرصاص، كما أنه موجود في الماء والغلاف الجوي للتجمعات الحضرية ويلوث النباتات والأنسجة الحيوانية، يوجد بكميات كبيرة في المنتجات الغذائية (المأكولات البحرية ومنتجات الألبان والحبوب واللحوم والنبذ) وبكميات كبيرة في دخان السجائر (1 إلى 2 ميكروغرام لكل سيجارة). يتواجد هذا العنصر بكثرة في الاستخدامات الصناعية للكادميوم: سبائك اللحام ، وبطاريات التخزين ، والكابلات الكهربائية ، والأسمدة (السوبر فوسفات) ، والأصباغ ، والدهانات ، والورنيشات ، وفي الصناعة النووية كوسيط للنيوترونات.

التطور السنوي لمستوى الكادميوم في مياه

وادي بوسلام:

يوضح تفسير منحنيات تطور مستوى تركيز الكادميوم في مياه وادي بوسلام مستويات عالية جداً تتجاوز المعايير الجزائرية لمياه الشرب (<0.003 مغ/ل) التي تتراوح قيمها بين

(0.006 مغ/ل) في المحطتين Pi4 و Pi5 في أكتوبر 2014 و (0.015 مغ/ل) في المحطات Pi1 و Pi4 في أبريل 2016.

لاحظنا أيضاً تغيراً سنوياً في تراكيز الكادميوم بين عامي 2014 و 2016 مثال: Pi1 (0.013 مغ/ل) و Pi4 (0.011 مغ/ل) و Pi6 (0.011 مغ/ل) في أبريل 2014 بينما في نفس المحطات تم تسجيل Pi1 (0.015 مغ/ل) و Pi4 (0.015 مغ/ل) و Pi6 (0.012 مغ/ل) في شهر أبريل 2016، ظل هذا الوضع كما هو بالنسبة لفترة المياه المنخفضة (شهر أكتوبر). يمكننا تقسيم تطور الكادميوم في الوادي إلى قسمين: القسم الأول يمتد من المنطقة الصناعية المتواجدة بالقرب من وادي فتيسة أحد الروافد الرئيسية لوادي بوسلام إلى غاية نقطة التقائهما، في هذه المنطقة تم أخذ عينات من المحطات الثلاث الأولى Pi1 و Pi2 و Pi3 ، بينما يبدأ الجزء الثاني من نقطة مصب الرافد في الوادي حتى سد عين زاده حيث تم أخذ العينات من المحطات Pi4 و Pi5 و Pi6.

بالنسبة للمنطقة الأولى، يفسر الانخفاض في تركيز الكادميوم في المحطات Pi2 (0.012 مغ/ل) و Pi3 (0.012 مغ/ل) مقارنة ب Pi1 (0.015 مغ/ل) بسبب نزول جزيئات الكادميوم إلى عمق الوادي ولالتقاء مياه الوادي بمياه رافد فتيسة. في الجزء الثاني نلاحظ الزيادة المفاجئة في مستويات الكادميوم خاصة في محطة Pi4 (0.015 مغ/ل) في شهر أبريل 2016. تقع هذه المحطة بعد منطقة الالتقاء بوادي بوسلام حيث مدينة سطيف. وهذا يجعل من الممكن التأكيد على أن مياه وادي

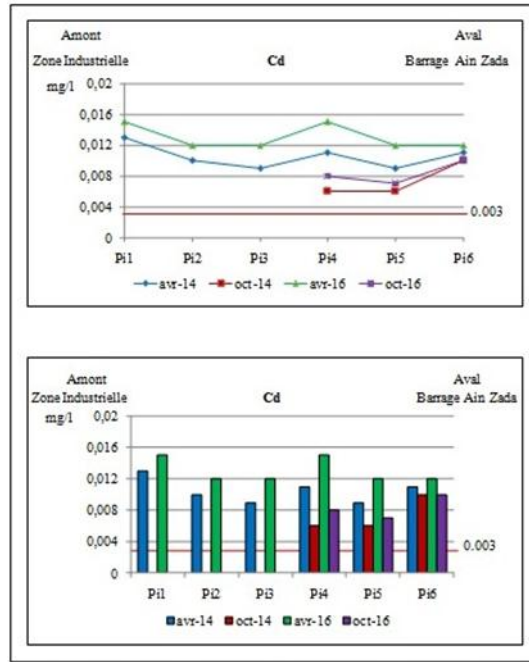
بوسلام تتعرض للتلوث بأنواع صناعية من مدينة سطيف، مثل تحويل البلاستيك ومصانع الطوب والصناعات الكيماوية والمنسوجات والأصبغ دون معالجة. يظل هذا الوضع على حاله خلال العامين 2104 و2016 (الشكل 4).

التطور الموسمي لمستويات الكادميوم:

تقييم التطور الموسمي لمستوى تركيز الكادميوم في وادي بوسلام صعب للغاية لأن مياه الوادي تنفذ خلال فترة المياه المنخفضة ولا يتبقى سوى مياه الرافد الرئيسي، وهي مياه وادي بوسلام. لذلك، لا يمكن أخذ عينات من المحطات Pi1 و Pi2 و Pi3، النتائج المسجلة في المحطات الثلاث الأخيرة Pi4 و Pi5 و Pi6 خلال فترات المياه المنخفضة أقل مقارنة بتلك الخاصة بالمياه المرتفعة ولكنها لا تزال أعلى من المعايير (0.003 مغ/ل) مع مثال المحطة Pi5 (0.006 مغ/ل) أكتوبر 2014 و Pi5 (0.007 مغ/ل) في أكتوبر 2106. في نفس النقطة، تجدر الإشارة إلى التراكيز Pi5 (0.009 مغ/ل) في

أبريل 2014 و Pi5 (0.012 مغ/ل) في أبريل 2016، ويرجع سبب ذلك إلى نزوب مياه الروافد المحملة بهذا العنصر وخاصة رافد قلل الذي يمر بالمنطقة الصناعية وكذلك ترسب الجزيئات المعلقة للمياه في قاع الوادي. *التأثير على مياه سهل بوسلام:*

ينتهي المطاف بمخلفات الكادميوم من الصناعات بشكل أساسي في التربة. تأتي هذه التدفقات على سبيل المثال من إنتاج الزنك والأسمدة الصناعية الحيوية، ويمكن أيضاً إطلاق الكادميوم في الهواء أثناء احتراق النفايات المنزلية وعند حرق الوقود الأحفوري. بفضل تطبيق قواعد السلامة يدخل القليل من الكادميوم الآن إلى المياه أثناء تصريف النفايات أو مياه الصرف الصحي من الأفراد أو الصناعات.



الشكل 04. التطور السنوي والموسمي لمستويات الكاديوم في مياه وادي بوسلام (2016/2014)
التطور السنوي لمستوى النحاس في مياه

وادي بوسلام:

يُظهر تحليل وتفسير نتائج تحاليل مستوى تركيز النحاس في مياه الوادي أن تراكيز هذا العنصر منخفضة جداً مقارنة بالمعايير الجزائرية لمياه الشرب (> 2 مغ/ل) حيث تم تسجيل مستويات أقل إذ تنحصر ما بين (0.18 مغ/ل) في المحطة Pi5 في أكتوبر 2014 و (0.35 مغ/ل) في المحطة Pi1 في أبريل 2016. إن التطور السنوي لمستويات تركيز النحاس بين عامي 2014 و 2016 واضح جداً حيث نلاحظ زيادة في هذا العنصر في العام 2016 مقارنة بالعام 2014، ونفس الوضع على سبيل المثال بالنسبة للمحطات Pi1 (0.23 مغ/ل) و Pi3 (0.2 مغ/ل) و Pi5 (0.27 مغ/ل) في أبريل 2014. حيث تصبح النتائج أعلى في أبريل 2016 Pi1 (0.35 مغ/ل) و Pi3 (0.27 مغ/ل) و Pi5 (0.34 مغ/ل).

النحاس (Cu):

يتواجد النحاس بكميات قليلة على شكله الطبيعي في قشرة الأرض، وهو ضروري لتنمية جميع أشكال الحياة، ويستخدمه البشر بشكل أساسي على شكل معدن. النحاس النقي هو أحد المعادن الوحيدة الملونة مع الذهب والأوزميوم. إذ يظهر على أسطحه الجديدة صبغة أو بريق معدني بلون سمك السلمون الوردي - هذا "المعدن الأحمر" الذي له قيمة في صناعة الذهب والمجوهرات. يشار إليه أحياناً بالنحاس الأحمر على عكس النحاس الأصفر (سبائك النحاس والزنك) الذي يطلق عليه اسم "النحاس الأصفر"، له ناقلية كهربائية وحرارية عالية بشكل خاص ما يمنحه مجموعة متنوعة من الاستخدامات. كما أنه يستخدم كمادة بناء ويستخدم في تكوين العديد من السبائك.

ينقسم تطوّر مستوى النّحاس في مياه وادي بوسلام إلى قسمين كما هو الحال بالنسبة للكادميوم. الأولى قبل منطقة التقاء رافد فتيسة ووادي بوسلام أين توجد المحطات الثلاث الأولى Pi1 و Pi2 و Pi3 والثانية من نقطة الاتصال بين الواديين إلى سد عين زادة حيث المحطات Pi4 و Pi5 و Pi6. بالنسبة للجزء الأول من الوادي، نلاحظ انخفاض التراكيز في المحطات Pi2 (0.2 مغ/ل) و Pi3 (0.2 مغ/ل) مقارنة بالنقطة Pi1 (0.23 مغ/ل)، وربما يرجع ذلك إلى تخفيف مياه رافد قلل بمياه روافد فتيسة و الروافد الأخرى وترسبات جزيئات النّحاس المعلقة في قاع الوادي. في الجزء الثاني، تتضح الزيادة في المستوى في المحطة Pi4 (0.33 مغ/ل) في أبريل 2016، كما قيل سابقاً، الموجودة بعد منطقة التداخل بين وادي بوسلام ورافده وادي فتيسة. وتعزى هذه الزيادة إلى كثرة الأنشطة الصناعيّة في مدينة سطيف. لكنها تبقى دائماً ضمن المعايير المسموح بها بالنسبة للفترات الأربع (الشكل 5).

التطوّر الموسمي لمحتوى النّحاس:

مثل عنصر الكادميوم، فإن دراسة التطوّر الموسمي لمحتويات النّحاس في وادي بوسلام صعب للغاية لأن روافد وادي بوسلام تجف خلال فترة المياه المنخفضة (أكتوبر) ومنها رافد فتيسة حيث أجريت التحاليل في المحطات Pi1 و Pi2 و Pi3 ولا يتبقى سوى مياه المجرى الرئيسي.

النتائج التي تم الحصول عليها في المحطات الثلاث الأخرى Pi4 و Pi5 و Pi6 خلال فترة المياه

المنخفضة كانت أقل مقارنة بفترة المياه المرتفعة (في العام 2014 أو في العام 2016) لا تزال التراكيز ضمن المعايير (2 مغ/ل) على سبيل المثال المحطة Pi4 (0.2 مغ/ل) في أكتوبر 2014 و Pi4 (0.22 مغ/ل) في أكتوبر 2016. في نفس النقطة Pi4 التراكيز هي (0.26 مغ/ل) في أبريل 2014 و Pi4 (0.33 مغ/ل) في أبريل 2016 بسبب نزوب مياه الروافد المحملة بهذا العنصر وخاصة رافد قلل الذي يمر عبر المنطقة الصناعيّة. كما تجدر الإشارة إلى ترسب الجسيمات العالقة في قاع وادي بوسلام.

التأثير على مياه سهل بوسلام:

أظهرت الدراسة أن تراكيز النّحاس منخفضة للغاية وتتراوح ما بين 0.18 مغ/ل و 0.35 مغ/ل بالنسبة للفترات الأربع مقارنة بالمعايير الجزائرية لمياه الشرب (2 مغ/ل)، يمكن القول أن عنصر النّحاس لا يمثل حالياً أي خطر على مياه سهل بوسلام، رغم ذلك، فإن الاحتياطات ضرورية للحفاظ على الموارد المائية من خطر هذا العنصر المضر بالصحة الذي يزداد سنوياً ولو بكميات قليلة جداً. ترسب الجزيئات على كل الضفتين (على حافة السهل المحاذية للوادي) بواسطة الطين الملوثة بالنّحاس بسبب تصريف مياه الصرف الصحي. أما المستويات الموجودة في الهواء فتنتج بشكل أساسي عن احتراق الوقود الأحفوري حيث يبقى النّحاس في الهواء لفترة طويلة قبل أن يستقر في الأرض بفعل تساقط الأمطار.

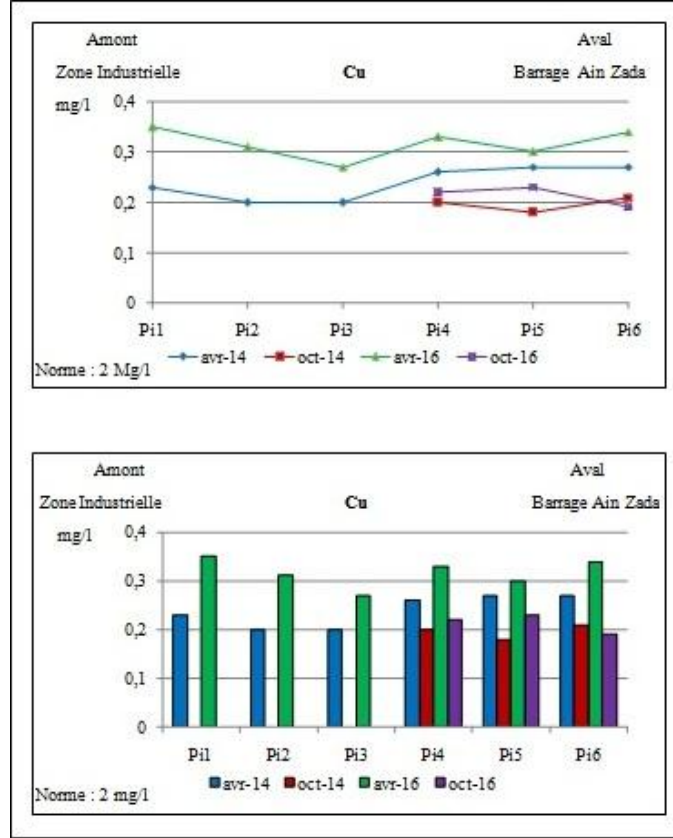
تأثير مياه الصرف الصناعي على

نوعية مياه وادي بوسلام

والمناطق المحيطة به،

ولاية سطيف، شمالي شرق الجزائر

د. زهير بولقراقر، أ.د. هشام شافعي



الشكل 05. التطور السنوي والموسمي لمستويات النحاس في مياه وادي بوسلام (2016/2014)

الماء مثل (PbSO₄، PbCO₃) ، بينما مركبات

الرصاص الهالوجينية (الكلوريدات ،

البروميدات) أو أسيتات الرصاص أكثر قابلية

للذوبان [10].

التطور السنوي لمحتوى الرصاص في مياه

وادي بوسلام:

يوضح تحليل وتفسير نتائج نسب الرصاص

في مياه وادي بوسلام أن التراكيز عالية جداً

وتتجاوز كثيرا المعايير الجزائرية لمياه الشرب (<

0.01 مغ/ل)، حيث تم تسجيل مستويات أعلى

تتراوح بين (0.21 مغ/ل) في المحطة Pi5 في

أكتوبر 2014 و (0.83 مغ/ل) في المحطة Pi4 في

الرصاص (Pb) :

الرصاص مكون طبيعي ، يتوزع على

نطاق واسع في القشرة الأرضية حيث يقدر

تركيزه ب 13 ميليغرام لكل كيلوغرام. التربة

الحمضية بشكل عام أقل غنى بالرصاص من

التربة القلوية ، كما يتواجد أيضا على شكل

كربونات ، فوسفات ، وخاصة الكبريتيد.

تحتوي مياه البحر على متوسط 3.03

ميكروغرام لكل لتر من الرصاص في المناطق

الساحلية ، ويمكن أن تحتوي المياه السطحية

على نسبة تزيد ب 10 مرات. معظم مركبات

الرصاص غير العضوية ليست قابلة للذوبان في

أفريل 2016. التطور السنوي لمستويات الرصاص بين عامي 2014 و 2016 واضح للغاية حيث تلاحظ زيادة في هذا العنصر في عام 2016 مقارنة بعام 2014. و نفس الوضعية على سبيل المثال في المحطات Pi1 (0.68 مغ/ل) و Pi3 (0.70 مغ/ل) و Pi5 (0.65 مغ/ل) في أفريل 2014. هذه النتائج ارتفعت أكثر في شهر أفريل 2016 (Pi1 0.76 مغ/ل) و Pi3 (0.72 مغ/ل) و Pi5 (0.76 مغ/ل) باستثناء المحطة Pi2 (0.68 مغ/ل) حيث سجل انخفاضاً عام 2016 (0.66 مغ/ل). لقراءة أفضل لتطور الرصاص في وادي بوسلام من المنبع إلى المصب (سد عين زاده)، اعتمدنا نفس التقسيم الخاص بالعنصرين السابقين حيث تقسم المنطقة إلى قسمين رئيسيين: الجزء الأول يبدأ من المنطقة الصناعية إلى منطقة التقاء رافد فتيسة مع وادي بوسلام. والثاني من هذه النقطة إلى سد عين زادة. يتم تثبيت المحطات الثلاث الأولى في الجزء الأول والمحطات الثلاث الأخرى في الجزء الثاني.

في المنطقة الأولى، لاحظنا زيادة في مستويات الرصاص في المحطات Pi3 (0.7 مغ/ل) مقارنة بالمحطة Pi1 (0.68 مغ/ل) و Pi2 (0.68 مغ/ل) في أفريل 2014 و Pi3 (0.72 مغ/ل) مقارنة بمحطة Pi2 (0.66 مغ/ل) في أفريل 2016. هذه المحطة موجودة مباشرة بعد منطقة التقاء مياه رافد فتيسة ورافد قلل، والتي تظهر بعض التلوث من وادي فتيسة مما يرفع

تركيز الرصاص، يمكننا ربطها بالنفايات الناتجة عن إنشاء الطرقات والنقل البري ووجود منشآت صناعية.

التطور الموسمي لمحتوى الرصاص:

من الصعب إجراء دراسة للتطور الموسمي لمستويات الرصاص في مياه وادي بوسلام على مدار العام لأن الجزء الأول منه سوف ينضب خلال فترة المياه المنخفضة. لذلك فإن الدراسة ستشمل فقط المحطات الثلاث الأخيرة فقط. بشكل عام، فإن التراكيز ترتفع خلال فترات المياه المرتفعة وهذا سواء بالنسبة للعام 2014 أو 2016 اللذين تتراوح مستوياتهما في أبريل 2014 بين 0.75 مغ/ل و 0.83 مغ/ل ، بينما تتراوح في أكتوبر 2014 بين 0.22 مغ/ل و 0.33 مغ/ل لنفس المحطات، مع ذلك تبقى التراكيز فوق المعايير المسموح بها 0.01 مغ/ل (الشكل 6).

التأثير على مياه سهل بوسلام:

ترتبط مياه سهل بوسلام ارتباطاً وثيقاً بمياه الوادي ، وعندما تكون مستويات الرصاص في هذه الأخيرة خارج المعايير المسموح بها، فإنها تعرض جودة مياه السهل للخطر. وفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها ، فإن الآبار الثلاثة الموجودة على ضفتي الوادي تحتوي على تراكيز منخفضة جداً P11 (0.006 مغ/ل) و P12 (0.003 مغ/ل) و P13 (0.003 مغ/ل) في أكتوبر 2014 و يعود ذلك على الأرجح إلى نوع الصخور التي لا تسمح بمرور الرصاص أو نزول جزيئاته إلى قاع الآبار.

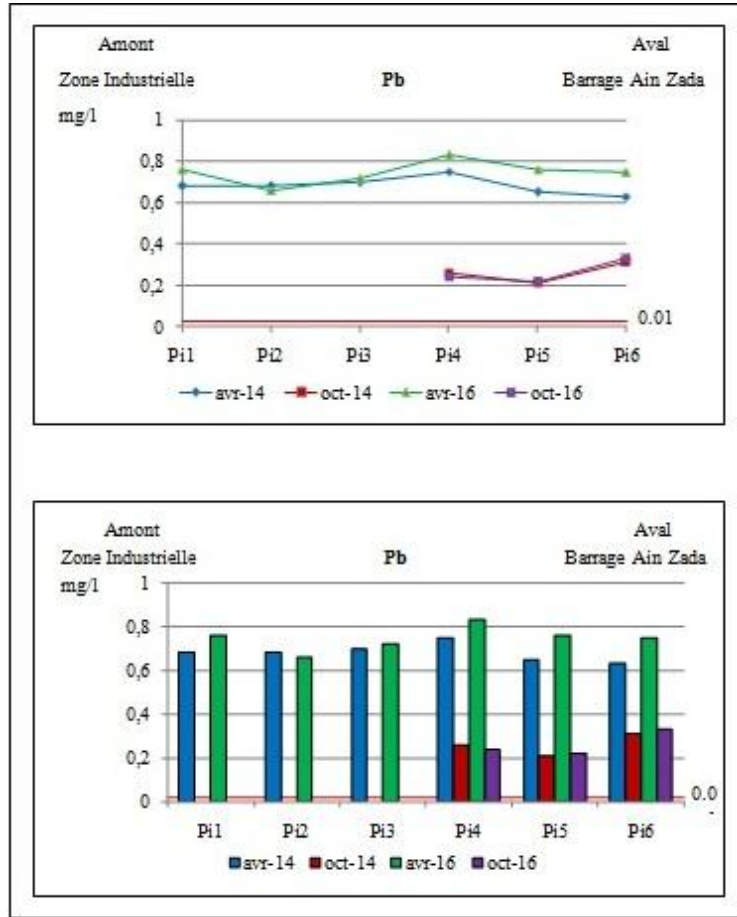
تأثير مياه الصرف الصناعي على

نوعية مياه وادي بوسلام

والمناطق المحيطة به،

ولاية سطيف، شمالي شرق الجزائر

د. زهير بولقراقر، أ.د. هشام شافعي



الشكل 06. التطور السنوي والموسمي لمستويات الرصاص في مياه وادي بوسلام (2016/2014)

الرقم الهيدروجيني المنخفض على محتوى أعلى

للزنك.

التطور السنوي لمحتوى الزنك:

توضيح القراءة العامة لمنحنيات تطور

مستوى الزنك أن جميع النقاط تقع ضمن

المعايير المسموح بها (> 3 مغ/ل) وفقاً لمعايير

مياه الشرب الجزائرية، حيث تم تسجيل قيمة

قصوى (0.21 مغ/ل) في المحطة Pi4 في أفريل

2016، وعلى الرغم من القيم المنخفضة

الزنك (Zn):

يوجد الزنك في الصخور بشكل عام في شكل

كبريتيدات. أوفر خام هو كبريتيد الزنك الذي

يحتوي أيضاً على الحديد والكاديوم والمنغنيز

والزرنخ.

في الماء، تكون قابلية ذوبان كلوريد الزنك

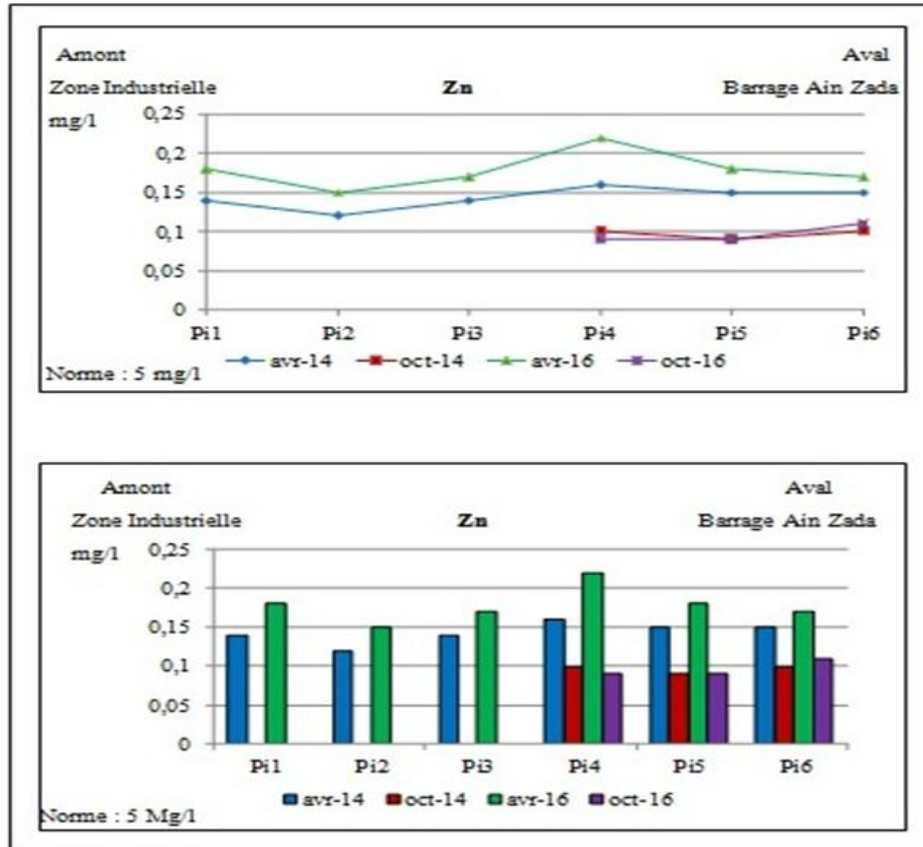
والكبريتات عالية، ويؤدي تحللها إلى انخفاض

في درجة الحموضة لذلك تحتوي المياه ذات

الثاني ممثلا بباقي الوادي حتى سد عين زاده حيث تم وضع المحطات Pi4 و Pi5 و Pi6. في الحالة الأولى، هناك انخفاض طفيف أو زيادة في مستويات التلوث حيث تختلف الوضعية من محطة لأخرى وهذا ناتج إما عن تجميع مياه الوادي بمياه رافد قلل أو بقاء الجزيئات معلقة في قاع الوادي. مثال Pi1 (0.15 مغ/ل) مقارنة بـ (0.18 مغ/ل) في أفريل 2016 أو عن طريق تلوث مياه الوادي بواسطة رافد فتيسة على مستوى المحطة Pi3 (0.17 مغ/ل) مقارنة بـ Pi2 (0.15 مغ/ل) عام 2016.

وعدم وجود خطر على جودة المياه في هذا الوقت ، نسجل تطورا سنويا بين 2014 و 2016 خاصة خلال فترة المياه المرتفعة (أفريل)، مثال المحطات Pi1 (0.14 مغ/ل) و Pi2 (0.12 مغ/ل) و Pi4 (0.16 مغ/ل) في أفريل 2014 ونفس المحطات Pi1 (0.18 مغ/ل) ، Pi2 (0.15 مغ/ل) و Pi4 (0.22 مغ/ل) في أفريل 2016.

يمكن تقسيم تطور الزنك على طول مسار الوادي إلى قسمين: الأول من المنطقة الصناعية إلى منطقة التقاء رافد فتيسة بوادي بوسلام ممثلا بالمحطات Pi1 و Pi2 و Pi3 ؛ و



الشكل 07. التطور السنوي والموسمي لمستويات الزنك في مياه وادي بوسلام (2016/2014)

في المنطقة الثنائية، تم تسجيل زيادة واضحة للغاية، وكانت قيمتها القصوى في المحطة Pi4 (0.22 مغ/ل) في أبريل 2016. تقع هذه المحطة بعد منطقة اتحاد رافد فتيصة مع المجرى الرئيسي لوادي بوسلام، مما يدل على أن وادي بوسلام يحتوي على محتوى لا يستهان به ويمكن تفسيره بإخلاء مياه الصرف الصناعي من مدينة سطيف وكذلك النفايات من أعمال محدّدة (محلات صغيرة، إلخ).

التطور الموسمي لمحتوى الزنك:

من الصعب جداً إجراء مقارنة للتطور الموسمي بين المياه المنخفضة والمرتفعة لأن روافد وادي بوسلام تجف أثناء المياه المنخفضة، مثل روافد قلّال وفتيسة حيث تقع المنطقة الصناعية والمحطات الثلاث الأولى Pi1 ، Pi2 ، Pi3. تم إجراء التحليلات فقط للمحطات الأخرى Pi4 و Pi5 و Pi6 وكانت النتائج في فترة المياه المنخفضة ضعيفة مقارنة بفترة المياه المرتفعة وهي متطابقة تقريباً بالنسبة لسنتي 2014 أو 2016 وتتراوح بين 0.9 مغ/ل و 0.11 مغ/ل (الشكل 7).

التأثير على مياه سهل بوسلام:

مستويات الزنك منخفضة للغاية، فهي تتراوح بين 0.09 مغ/ل و 0.22 مغ/ل مقارنة بالمعايير الجزائرية لمياه الشرب (3 مغ/ل) للفترات الأربع. لذلك فإن عنصر الزنك لا يمثل أي خطر محتمل ولكن يجب اتخاذ الاحتياطات الضرورية للحفاظ على الموارد المائية من أي تلوث محتمل لهذا المعدن الثقيل والذي يتطور سنوياً على الرغم من تركيزه المنخفض جداً.

IV – خاتمة (Conclusion)

بعد تفسير وتحليل منحنيات التطور لمحتويات المياه من المعادن الثقيلة المختلفة وعلى وجه الخصوص الكاديوم والنحاس والرصاص والزنك نلاحظ ما يلي:

- إن تركيز هذه العناصر في تطور سنوي واضح بسبب زيادة مياه الصرف الصحي والنفايات الصناعية والمبيدات في وادي بوسلام؛
- يرتفع تركيز العناصر الأربعة عادة في فترة المياه المرتفعة، ويرجع ذلك أساساً إلى ترسب هذه العناصر في قاع الوادي خلال فترة المياه المنخفضة؛
- تفوق تراكيز الكاديوم والرصاص إلى حد كبير المعايير الجزائرية لمياه الشرب؛
- تظل تراكيز النحاس والزنك ضمن المعايير الجزائرية لمياه الشرب على الرغم من تطورها السنوي؛
- المصدران الرئيسيان للتلوث الصناعي هما المنطقة الصناعية في سطيف والنفايات الصناعية لمدينة سطيف.
- بناءً على هذه الملاحظات، يمكن اقتراح التوصيات التالية بشكل عاجل:
- إعادة تأهيل وادي بوسلام ومياه الصرف الصحي والصناعي التي تصب فيه.
- تطوير حلول لاستعادة وإعادة تطوير المخلفات الصلبة والسائلة من مصادر تسربها وخاصة مدينة سطيف والمنطقة الصناعية؛
- تركيب محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي والصناعي في المناطق الحضرية والصناعية؛

من الضروري جدا حماية هذه المنطقة التي تعتبر واحدة من أغنى سهول الجزائر، المعروفة بزراعتها الواسعة خاصة زراعة الحبوب.

• استخدام الأسمدة ومنتجات الصحة النباتية بطريقة عقلانية والاعتماد أكثر استخدام الأسمدة الطبيعية؛
• مراقبة استخدام مياه الوادي والمياه الجوفية بأبار معرفة، لأن نضوب المياه يؤدي إلى زيادة تركيز وتمعدن المياه؛

المراجع (References):

[1] Bahroun S, Kherici Bousnoubra H. (2011). Evaluation de l'indice de pollution organique dans les eaux naturelles, cas de la région d'El Tarf (Nord-Est Algérien). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N° 09, p 171-178.

<http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/Journal09/14.bahroun.pdf>

[2] Boulgueraguer Z, Chaffai H, Djorfi S, Lakaichi A, Bahroune S. 2014. Contribution à la gestion des ressources en eau dans le sous bassin versant amont de l'oued Bousselam. 3^{ème} Colloque International-Ressources en Eau & Changement Climatique en Région Méditerranéenne. "Eau-Climat 2014", p 21-23 Octobre, Hammamet, Tunisie.

[3] Derwich E, Beziane Z, Benaabidate L, Belghyti D. 2008. Evaluation de la qualité des eaux de surface des Oueds Fès et Sebou utilisées

en agriculture maraîchère au Maroc.

Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N° 07, 59-77.

<http://lab.univ-biskra.dz/>

[Larhyss/images/pdf/Journal07/5_derwich](http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/Journal07/5_derwich.pdf)

:

[4] El Addouli J, Chlaoui A, Berrahou A, Chafi A, Ennabili A, Karrouch L. 2009. Influence des des eaux usées utilisées en irrigation, sur la qualité des eaux de l'oued Bouishak –région de Menknes (Centre-Sud du Maroc) Revu. Microbiol. Ind. San et Environn. Vol 3, N° 1, p. 56-75.

[5] Guasmi I, Djabri L, Hani A, Lamouroux C. 2006. Pollution des eaux de l'oued -Medjerda par les nutriments. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N° 05,

113-119. <http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/Journal05/10.guasmi.pdf>

[6] Hassoune M, Bouzidi A, Koulali Y, Hadarbach D. 2006. Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord

de la ville de Settat (Maroc). Bull. Inst. Sci, Rabat, Section Sciences de la vie (28), 61-71.

[7] **Hazourli S, Boudiba L, Ziat M.** 2007. Caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la zone industrielle d'El Hadjar, Annaba. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N° 06, 45-55.

<http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/Journal>

[8] **Makhoukh M, Sbaa M, Berrahou A, Van Clooster M.** 2011. Contribution a l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). Larhyss Journal, N° 09, 149-169. <http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/Journal>

[9] **Mounjid J, Cohen N, Fadlaoui S, Belhouari A, Oubraim S.** 2014. Contribution a l'évaluation de la qualité Physico-chimique du cours d'eau Merzeg (Périurbain de Casablanca, Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N° 18, 31-51. http://lab.univbiskra.dz/Larhyss/images/pdf/JOURNALN%C2%B018/3.Mounjid_et_al.VF.pdf

[10] **Pichard A.** 2003 . PLOMB ET SES DÉRIVÉS. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. ERIS-DRC-01-25590-ETSC-

APi/SD –N°00df257.doc ;

https://www.isere.gouv.fr/content/download/32797/244022/file/annexe_C12_Fiche_tox_Plomb.pdf

[11] **Thorburn PJ, Biggs JS, Weier KL, Keating BA.** 2003. Nitrate in groundwaters of intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia. Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol. 94, Issue 1, 49-58. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00018-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00018-X)

[12] **Zougaghe F, Mouni L, Tafer M.** 2014. Qualité biologique du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam (Nord de l'Algérie). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N° 17, 21-33. http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/JOURNALN°17/2.Zougaghe-et-al_French.pdf